

Survey of saproxylophagous Melolonthidae (Coleoptera) and some biological aspects in Aquidauana, MS

Felix Placência Garcia¹, Sérgio Roberto Rodrigues^{1,2},

Cristiane Aparecida Constante Bagnara¹ & Diogo Silva de Oliveira¹

¹Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS, CEP 79200-000, Aquidauana, MS, Brasil

²Corresponding author: Sérgio Roberto Rodrigues, e-mail: sergio@uems.br

GARCIA, F.P., RODRIGUES, S.R., BAGNARA, C.A.C. & OLIVEIRA, D.S. **Survey of saproxylophagous Melolonthidae (Coleoptera) and some biological aspects in Aquidauana, MS.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?article+bn00813032013>

Abstract: Coleoptera of the family Melolonthidae plays an important role in decomposition and nutrient recycling in the environment, however the information of this group is scarce in Brazil; therefore studies were developed with the objective of understanding the biological aspects of saproxylophagous. The studies were developed in the experimental farm of the State University of Mato Grosso do Sul, in Aquidauana, from March 2011 to April 2012. In a forest fragment of the cerrado, when encountering fallen tree trunks, they were cut into small pieces for extraction and acquisition of immature and adult Melolonthidae. Larvae were taken to the laboratory where they were reared until emergence of adults, obtaining biological and biometric data. A total of 145 larvae and 11 adults were collected. Third instar larvae of *Strategus surinamensis* Burmeister, 1847, collected in this phase lasted 230 days and 31.3 days in the pupal stage. Third instar larvae of *Phileurus valgus* (Linnaeus, 1758), in this phase lasted 49 days and 13 days in the pupal stage. Third instar larvae *Pelidnota fulva* Blanchard, 1850, after being collected remained for 61 days in this phase and 25.3 days in the pupal stage. Adults *Pelidnota* aff. *vazdemeloi* were collected inside tree trunks. To *Macraspis festiva* Burmeister, 1844, the third instar larvae collected lasted for 39 days at this stage, and pupae lasted 17 days. Third instar larvae of *Rutela lineola* (Linnaeus, 1767), in this phase lasted 23 days, and pupae lasted 16.3 days. To *Hoplopyga liturata* (Olivier, 1789), third instar larvae collected lasted 21 days and pupae lasted 18 days. To *Hoplopyga boliviensis* (Moser, 1918), third instar larvae lasted 33 days and pupae 16 days. Second and third larval instar *Marmarina maculosa* (Olivier, 1789) collected lasted respectively, 105 and 171.3 days and pupae lasted 26 days. The species collected in greatest quantity were *M. festiva* with 75 larvae, *R. lineola* with 20 larvae and *H. boliviensis* with 18 larvae. Larvae were collected during several months, where in July 32 larvae were sampled and in August 39 larvae, the largest quantities encountered. **Keywords:** *Cetoniinae*, *decomposers*, *Dynastinae*, *Rutelinae*.

GARCIA, F.P., RODRIGUES, S.R., BAGNARA, C.A.C. & OLIVEIRA, D.S. **Levantamento de Melolonthidae (Coleoptera) saproxilófagos e alguns aspectos biológicos em Aquidauana, MS.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?article+bn00813032013>

Resumo: Os coleópteros da família Melolonthidae desempenham importante função na decomposição e reciclagem de nutrientes no meio ambiente, assim, foram desenvolvidos estudos com o objetivo de se conhecer as espécies saproxilófagas ocorrentes e os aspectos biológicos. Os estudos foram desenvolvidos na fazenda experimental da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, em Aquidauana, de março de 2011 a abril de 2012. Em área de fragmento de mata de cerrado, troncos de árvores caídos, eram cortados em pequenas partes para realizar a extração e obtenção de imaturos e adultos. As larvas coletadas foram levadas para o laboratório para realizar a sua criação até a emergência dos adultos, sendo obtidos os dados biológicos e biométricos. Foram coletadas 145 larvas e 11 adultos. Larvas de terceiro instar de *Strategus surinamensis* Burmeister, 1847, coletadas duraram 230 dias nessa fase e 31,3 dias na fase de pupa. Larvas de terceiro instar de *Phileurus valgus* (Linnaeus, 1758) duraram 49 dias nessa fase e 13 dias na fase de pupa. Larvas de terceiro instar de *Pelidnota fulva* Blanchard, 1850, após serem coletadas permaneceram por 61 dias nessa fase e 25,3 dias na fase de pupa. Foram coletados adultos de *Pelidnota* aff. *vazdemeloi* dentro de troncos de árvores. Para *Macraspis festiva* Burmeister, 1844, as larvas de terceiro instar coletadas duraram por 39 dias nessa fase, e as pupas duraram 17 dias. Larvas de terceiro instar de *Rutela lineola* (Linnaeus, 1767) duraram 23 dias nessa fase, e as pupas duraram 16,3 dias. Para *Hoplopyga liturata* (Olivier, 1789) as larvas de terceiro instar coletadas duraram 21 dias e as pupas duraram 18 dias. Para *Hoplopyga boliviensis* (Moser, 1918) as larvas de terceiro instar duraram 33 dias e as pupas 16 dias. Larvas de segundo e terceiro instar de *Marmarina maculosa* (Olivier, 1789) coletadas, duraram respectivamente, 105 e 171,3 dias e as pupas duraram 26 dias. As espécies coletadas em maior quantidade foram *M. festiva* com 75 larvas, *R. lineola* com 20 larvas e *H. boliviensis* com 18 larvas. As larvas foram coletadas em vários meses, sendo que em julho amostrou-se 32 larvas e em agosto 39 larvas, sendo as maiores quantidades encontradas.

Palavras-chaves: *Cetoniinae*, *decompositores*, *Dynastinae*, *Rutelinae*.

Introduction

The larvae of some Melolonthidae species develop and feed on dead tree trunks, thus assisting in the decomposition process, and this behavior plays an important role in the recycling of organic material in the environment. In Brazil, few studies have been conducted on Melolonthidae that feed on decaying wood, some informations are available about morphology and biology.

For some species of the subfamily Rutelinae occurring in Brazil are known for some information *Macraspis*, *Pelidnota* and *Rutela*. Vanin & Costa (1980) studied biological and morphological aspects of immature *Macraspis cincta* (Drury, 1782) from larvae collected within decaying tree trunks in three locations in the state of São Paulo and one from the state of Santa Catarina, Brazil. Larvae, pupae and adults of *Macraspis festiva* Burmeister, 1844 and *M. pseudochrysis* Landin, 1956 were collected from rotting logs in the state of Amazonas, Brazil, by Morón & Paucar-Cabrera (2003) who described its immature phases. The biology and morphology of the third instar larva *Pelidnota fulva* Blanchard, 1850 created in decaying material were studied by Rodrigues & Falco (2011) and Rodrigues et al. (2012). From eucalyptus posts, several larvae of *Rutela lineola* (Linnaeus, 1767) were obtained by Link (1979) in Santa Maria, RS and reared in the laboratory.

In the subfamily Dynastinae, of some species occurring in Brazil were obtained some information. Larvae of *Strategus surinamensis hirtus* Sternberg, 1910 were found in dead tree trunks, and obtained information about its biological and morphological (Costa et al. 1988). Larvae of *Trioplus cylindricus* (Mannerheim, 1829) were obtained from fallen logs in an advanced state of decomposition in the city of São Paulo. From this material it was possible to describe the larva and pupa (Vanin et al. 1983).

In the subfamily Cetoniinae some species that occur in Brazil, can develop in decaying material. Therefore, larvae and adults of *Hoplopyga brasiliensis* (Gory and Percheron, 1833) collected in decaying wood, Vanin & Costa (1984) described the immature species and found that larvae construct pupal chambers with the substrate particles where they develop. Costa et al. (1988) collected nine larvae of *Inca bonplandi* (Gyll., 1827) from the stem of a fallen palm tree in an advanced state of decomposition. In the laboratory they reared the larvae to obtain pupae and adults, then, the immature phases were described.

Due the importance of Melolonthidae species in recycling plant and wood material in different environments, studies were conducted to know this fauna. Also it was possible study some biological aspects of species which live in dead wood in a forest fragment of the cerrado, between the Pantanal and Cerrado biomes in Aquidauana, MS, Brazil.

Material and Methods

The studies were developed in an experimental farm of the Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), in the municipality of Aquidauana, MS. The UEMS experimental farm is located between the Cerrado and Pantanal biomes, and has an approximate area of 800 hectares. This area consisted of 200 hectares of a dense forest fragment, which was used to sample the saproxylophagous Melolonthidae species, from March 2011 to April 2012. The local average altitude is 149 meters, the average annual temperature is 26 °C and average annual rainfall is from 1200 to 1500 mm.

On dead tree trunks or branches, either fallen or standing, sampling was performed every 15 days, removing the insects. For this purpose, logs encountered in the field were cut for their fractionation and to enable the extraction of larvae and adults from their interior (Figure 1). On average five trunks were evaluated by sampling, and



Figure 1. Larvae of Scarabaeidae sampled in logs, in Aquidauana, MS, from March 2011 to April 2012.

larvae were taken to the laboratory where they were measured and reared until emergence of adults.

Larvae were measured with a caliper, assessing the width of the head capsule, and width and length of the body. After the measurements, they were individualized in 500 mL plastic bottles, filled with decaying wood to serve as a food source, and remained in this location until the emergence of adults. The larvae were measured weekly to monitor their development (Rodrigues & Falco 2011).

The adults obtained were mounted with entomological pins and preserved in the entomological collection of the UEMS. The specimens were identified by Dr. Sérgio Ide (Instituto Biológico de São Paulo, Brazil), Dr. Fernando Zagury Vaz-de-Mello (Universidade Federal de Mato Grosso, Brazil), and some species were identified by comparison with specimens deposited in the collection of the UEMS. Specimens were then deposited in the entomology collection of the UEMS, in the Instituto Biológico de São Paulo and in the Universidade Federal do Mato Grosso.

Results

A total of 145 larvae and 11 adults of Melolonthidae were collected (Tables 1, 2). Of the adults collected and larvae reared in the laboratory, species were identified as being from the subfamilies Dynastinae, Rutelinae and Cetoniinae. The following species were collected *Strategus surinamensis* Burmeister, 1847 and *Phileurus valgus* (Linnaeus, 1758) (Dynastinae); *Pelidnota fulva* Blanchard, 1850, *Pelidnota* aff. *vazdemeloi*, *Macraspis festiva* Burmeister, 1844 and *Rutela lineola* (Linnaeus, 1767) (Rutelinae); and *Hoplopyga liturata* (Olivier, 1789), *Hoplopyga boliviensis* Moser, 1918 and *Marmarina maculosa* (Olivier, 1789) (Cetoniinae).

The largest quantities of larvae were obtained for *M. festiva* with 75, *R. lineola* with 20 and *H. boliviensis* with 18 larvae sampled. The months with the largest quantity of larvae sampled were July with 31 and August with 39 larvae (Table 1).

Some biological and biometric aspects of the species were obtained, which are presented below.

Dynastinae

Strategus surinamensis

Nine third instar larvae were obtained, three in May 2011, four in March 2012 and two in April 2012 (Table 1). The third instar larvae collected in 2012 completed their life cycle in the laboratory to reach

Table 1. Larvae of “saproxyliphagous Melolonthidae sampled in a forest area in Aquidauana, MS, from March 2011 to April 2012.

Subfamily/Species	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	Total
Dynastinae															
<i>Strategus surinamensis</i>			3										4	2	9
<i>Phileurus valgus</i>		4												5	9
Rutelinae															
<i>Pelidnota fulva</i>				5	1										6
<i>Macraspis festiva</i>						39					17	4	12	3	75
<i>Rutela lineola</i>					20										20
Cetoniinae															
<i>Hoplopyga boliviensis</i>					9		9								18
<i>Hoplopyga liturata</i>					2										2
<i>Marmarina maculosa</i>													6		6
Total	0	4	3	5	32	39	9	0	0	0	17	4	22	10	145

Table 2. Adults of saproxyliphagous Melolonthidae sampled in a forest area in Aquidauana, MS, from March 2011 to February 2012.

Subfamily/Species	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Total
Dynastinae													
<i>Phileurus valgus</i>		1									1		2
<i>Pelidnota fulva</i>								2					2
Rutelinae													
<i>Pelidnota aff. vazdemeloi</i>			1		1	1							3
<i>Macraspis festiva</i>									1				1
Cetoniinae													
<i>Hoplopyga boliviensis</i>					1		1						2
<i>Hoplopyga liturata</i>					1								1
Total	0	1	1	0	3	1	1	2	1	0	1	0	11

adult hood. They remained for 230 days in the third instar, presented head capsule measuring 9.9 mm in width, and measured 62.8 mm long by 13.0 mm in thorax width (Table 3). Upon reaching the pre-pupal phase, they presented a reduced body length and constructed the pupal chamber, where they transformed into pupae and remained until emerging as adults (Figure 2). The pupal stage lasted for 31.3 days, where beetles measured 39.6 cm long by 20.2 cm wide at the thorax (Table 3). Adults emerged in October and November.

Phileurus valgus

In April 2011 four third instar larvae and one adult were obtained, in January 2012 another adult was sampled, and in April 2012 five third instar larvae were collected (Tables 1, 2). Within the trunk of the wood sampled, which measured approximately 2 m long and 0.3 m in diameter, larvae remained on wood dust which was probably their feeding substrate and there was a large number of larvae excretions present. The excretions were cylindrical, dark and opaque. Third instar larvae presented a head capsule width of 6.3 mm, 64.1 mm in length and 9.2 mm in thorax width. The larvae remained for 49 days in the third instar before reaching the pupal stage (Table 3).

Within the rearing containers maintained in the laboratory, the larvae produced a pupal chamber with feces, saliva and material from the environment (organic material and soil). The pupal stage lasted 13 days, and after this period the adults emerged. Upon reaching adult hood, they remain within the pupal chamber for 11 days, probably waiting for the right conditions for flight. Pupae measured 22.2 mm long and 11.3 mm wide at the thorax (Table 3).

**Figure 2.** Third instar larvae and pupae of *Strategus surinamensis*, in Aquidauana, MS, from March 2011 to April 2012.

Rutelinae

Pelidnota fulva

Five larvae were collected in June and one in July 2011, which presented a head capsule width of 7.9 mm, body length of 54.5 mm and thorax width of 11.5 mm. In the laboratory the larvae phase lasted 61 days and the pupal phase 25.3 days, later reaching adult hood (Table 3).

Pelidnota aff. vazdemeloi

Three adults of *P. aff. vazdemeloi* were found in the months of May, July and August in the trunks of fallen trees (Table 2). Adults of *Pelidnota aff. vazdemeloi* (Figure 3) were in small chambers with average dimensions of 14.7 mm in width and 24.6 mm in length, probably waiting for appropriate conditions for leaving the tree

Table 3. Biometric and biological data of saproxylophagous Scarabaeidae sampled in a forest area in Aquidauana, MS, from March 2011 to April 2012.

Subfamily/Species	Phase	Duration (days)	Head capsule (mm)	Length (mm)	Width (mm)
Dynastinae					
<i>Strategus surinamensis</i>	3 instar	230 (210-240)	9.9(9.3-10.8)	62.8 (46-82)	13.0 (9.4-14.6)
	Pupa	31.3 (30-32)	-	39.6 (35.9-46.6)	20.2 (17.3-22.1)
<i>Phileurus valgus</i>	3 instar	49	6.3	64.1	9.2
	Pupa	13 (12-15)	-	22.2	11.3
Rutelinae					
<i>Pelidnota fulva</i>	3 instar	61	7.9	54.5	11.5
	Pupa	25.3	-	-	-
	Adulto	-	-	22.5	12.7
<i>Pelidnota</i> aff. <i>vazdemeloi</i>	Adulto	-	-	19	10.3
<i>Macraspis festiva</i>	3 instar	39 (27-61)	7.3 (5.86-8.33)	54.0 (44.86-60.5)	11.1 (8.44-12.33)
	Pupa	17	-	38.2	14.3
<i>Rutela lineola</i>	3 instar	23	5.5 (4.98-5.97)	42.1 (37.67-47.5)	7.8 (6.25-8.28)
	Pupa	16.3	-	-	-
Cetoniinae					
<i>Hoplopyga boliviensis</i>	2 instar	12	2.1 (1.8-2.6)	11.6 (10.8- 12.9)	3.2 (2.9-3.6)
	3 instar	33	3.3 (2.8-4.10)	25.2 (22-28)	6.3 (4.9-7.1)
	Pupa	16 (14-18)	-	13.7 (12.7-14.9)	8.7 (8.1-10.1)
<i>Hoplopyga liturata</i>	3 instar	21	2.9 (2.5-3.30)	26	6.8
	Pupa	18	-	12.1	5.3
<i>Marmarina maculosa</i>	2 instar	105	2.4	15.2	3.6
	3 instar	171.3 (90-215)	3.8 (3.6-4.0)	33.5 (28.3-39.4)	7.2 (5.6-7.7)
	pupa	26 (25-28)	-	17 (16.5-18.0)	9.4 (8.7-10.6)

**Figure 3.** Adult of *Pelidnota* aff. *vazdemeloi* sampled within the pupal chamber, in a forest region, in Aquidauana, MS, from March 2011 to April 2012.

trunks. The adults collected measured 19.0 mm long by 10.3 mm wide (Table 3).

Macraspis festiva

In August 2011, 39 larvae were collected in the third instar, in November one adult was sampled, and in January, February, March and April of 2012, 17, 4, 12 and 3 third instar larvae were collected, respectively (Tables 1, 2). Third instar larvae presented a head capsule

wide of 7.3 mm, length of 54.0 mm and thorax width of 11.1 mm, and remained for 39 days in this development stage. Pupae measured 38.2 mm long, 14.3 mm wide at the thorax and this phase lasted 17 days (Table 3). In the laboratory adult mean longevity was 8.7 days. One adult was collected in a chamber inside a decaying tree trunk. The chamber measured 35 mm long by 19 mm wide.

Rutela lineola

Twenty larvae of *R. lineola* were collected in July, which were third instar larvae (Table 1), and of these ten reached adult hood. Third instar larvae had a head capsule width of 5.5 mm, body length of 42.1 mm and a thorax width of 7.8 mm (Table 3). Larvae sampled in the field remained for 23 days on average in this stage. Upon reaching the pupal stage they remained for on average of 16.3 days in that phase, and then reached adult hood, staying alive in the rearing containers for 8.7 days. At the bottom of the rearing containers, larvae constructed a chamber where they reached the pupal stage. When the adult emerged it remained motionless in the pupal chamber for about three to four days, after this period they rose to the surface of the rearing container.

Cetoniinae

Hoplopyga liturata

One adult and two third instar larvae were collected in July (Tables 1, 2). The larvae presented a head capsule width of 2.9 mm, average length of 26 mm and thorax width of 6.8 mm (Tables 1-3). Larvae remained for 21 days in the third instar and then reached the pupal stage. The pupal stage lasted 18 days and the insects measured 12.1 mm long by 5.3 mm wide at the thorax (Table 3). When the larvae are about to turn into pupae, the pupal chamber is built with the material they feed on (decaying wood, dung and saliva). The pupal chamber is oval-shaped with mean dimensions of 18.3 mm long by 13.8 mm wide. When the adult emerges, it leaves the pupal



Figure 4. Adult (left) and pupa (right) of *Hoplopyga boliviensis*, collected in a forest area and reared in the laboratory, in Aquidauana, MS, from March 2011 to April 2012.

chamber by opening an oval hole in one extremity of the chamber with dimensions of 9 mm by 6 mm.

Hoplopyga boliviensis

In samples collected from the tree trunks, one adult and nine third instar larvae were encountered in July, and one adult and nine larvae in September. The larvae collected in September, six were in the second instar and three were in the third instar (Tables 1, 2).

The adult collected showed to be little sclerotized, probably because it recently emerged (Figure 4). Second instar larvae presented a head capsule width of 2.1 mm, length of 11.6 mm and thorax width of 3.2 mm (Table 3). Third instar larvae had a head capsule width of 3.3 mm, length of 25.2 mm and thorax width of 6.3 mm. Larvae remained for 33 days on average in this stage until reaching the pupal stage (Table 3). Four larvae reached the pupal stage and they remained for 16.0 days in this stage. Pupae presented a length of 13.7 mm and thorax width of 8.7 mm (Table 3 and Figure 4). The larvae that are about to turn into pupae construct a pupal chamber with feeding material and saliva, where they remain sheltered until they reach adulthood. The pupal chamber has average dimensions of 17.8 mm long by 12.1 mm wide.

Marmarina maculosa

Six larvae were collected in March 2012, five third instar and one second instar larvae (Table 1). The second instar larva remained in this stage for 105 days, showed a head capsule width of 2.4 mm, thorax width of 3.6 mm and body length of 15.2 mm. The third instar larval phase lasted an average of 171.3 days, and these insects presented a head capsule width of 3.8 mm, thorax width of 7.2 mm and body length of 33.5 mm (Table 2). Larvae reaching the pre-pupa phase constructed a chamber of decaying wood, dung and saliva, and remained there until adult emergence. The pupal chamber has external dimensions of 15.3 × 22.2 mm, and the pupae had a mean size of 9.4 × 17 mm. The pupal duration was 26 days.

Discussion

For the region Aquidauana, MS, is recorded for the first time the relationship of nine species of Melolontidae saproxylophagous, which play an important role in recycling plant material. For some of the species collected there is some information in the literature which we present.

For the representatives of Dynastinae some information on biological aspects is known. The third instar larvae of *S. surinamensis* collected in Aquidauana, consumed a large amount of decaying wood, so it can be understood that this species plays an important consumer activity and decomposition of wood in the study area. The larvae showed maximum length of 82 mm, and the pupae lasted 31.3 days on average. Costa et al. (1988) described the immature stages of *Strategus surinamensis hirtus* Sternberg, 1910, and reported that

the third instar larvae measure about 150 mm in length, and upon reaching the pupal stage remain in this phase for 23 to 67 days. Thus, it appears that the larvae collected in Aquidauana, are smaller than those collected by Costa et al. (1988) but the pupal duration is similar. Although the genre *Strategus*, Morón (1985) reported that *Strategus aloeus* (L., 1758) plays an important role in the decomposition of wood in forests of Mexico. In the Brazilian state of Roraima, *S. aloeus* is reported as a pest to coconut palms (Pereira et al. 2004).

On *P. valgus*, Ratcliffe (2011) reviewed the genus *Phileurus* and reported that *P. valgus* occurs from the United States to Argentina and also in India. The third instar larva of *P. valgus* was described by Richter (1944). Morelli (1990), while studying *Phileurus affinis* Burmeister, 1847 in Uruguay, found that third instar larvae have a length of 65 mm and pupae measure 36 mm in length. Third instar larvae construct galleries in the trunks of plants with a diameter equal to their body. Therefore, it appears that the larvae of *P. valgus* collected in Aquidauana present length and behavior similar to *P. affinis*.

According to Neita et al. (2006), adults of *Phileurus didymus* (L., 1758) are found in rotting logs and in termite colonies (*Nasutitermes* sp). The larvae present gregarious behavior, and near the larvae adult females are encountered providing maternal care. Were found in Aquidauana, some larvae of *P. valgus* near some adults within the decaying wood, however, it was found that adults were newly emerged in function of the little sclerotized in his body.

In Rutelinae, the biological aspects of *P. fulva* were described by Rodrigues & Falco (2011), who after obtaining adults induced their mating in decomposing material in the laboratory, and observed that the cycle from egg to adult is completed in 309.3 days and adult longevity was 12.08 days. The third instar larvae of *P. fulva* were described by Rodrigues et al. (2012). Larvae of *Pelidnota chiriquina* Bates, 1904 were collected in decaying logs in Colombia by Neita et al. (2006). Thus, it was noted that representatives of *Pelidnota* comprise an important group that aids in the decomposition of plant material. This is the first occurrence of adults of *P. vazdemeloi* in Mato Grosso do Sul developing in decaying wood.

Several larvae of *M. festiva* were collected in Aquidauana, and some studies in this genre have been developed. Morón & Paucar-Cabrera (2003) studied larvae, pupae and adults of *M. festiva* in the Brazilian state of Amazonas, collected in rotting logs of *Pachira* sp. (Bombacaceae), where they obtained some information about the behavior, characterizing the species as saprophagous. Besides *M. festiva*, immature species were described for *Macraspis aterrima* Waterhouse, 1881, *Macraspis rufonitida* Burmeister, 1844, *Macraspis chrysis* (Linné, 1764) and *Macraspis pseudochrysis* Landin, 1956, and in all these species the larvae presented a xylophagous feeding behavior. Monné (1969) collected third instar larvae of *Macraspis dichroa cribrata* Waterh., 1881 in decaying tree trunks, from which the larvae were described. Vanin & Costa (1980) collected *Macraspis cincta* larvae from decaying tree trunks, from which they reared and described the third instar larvae. When obtaining pupae they found that the duration of this phase was 19 days. As observed, the various representatives of *Macraspis* perform important decomposition activity of plant material, and in Aquidauana, MS, Brazil, *M. festiva* was the most abundant species with greatest quantity of sampled larvae.

The immatures of *R. lineola* were collected in large quantities in Aquidauana, comprising an important species that aids in the removal and decomposition of woods in the area of transition between the Cerrado and Pantanal, and some information of this species are known. Larvae of *Rutela lineola*, according to Calisto & Morelli (2011), present a xylophagous feeding behavior and therefore they

are normally found in fallen logs; and from the larvae sampled, the authors performed a description of larvae and pupae of this species.

In Cetoniinae many species that occur are known by the various attractive colors displayed by adults, as demonstrated by Solís (2004) in his study on Melolonthidae attracted to fruit in Costa Rica. In the genus *Hoplopyga* the feeding habits of some species are known. Larvae of *Hoplopyga albiventris* (Gory and Percheron, 1833) were found in nests of *Cornitermes* sp. according to Vanin & Costa (1984), and fed directly within the nest, leaving this place only when they reach adult hood since adults prefer to feed on flowers and fruits. Immature species of *Hoplopyga singularis* (Gory and Percheron, 1833) were described after being collected in termite nests (Micó et al. 2001). Larvae of *Hoplopyga brasiliensis* (Gory and Percheron, 1833) were collected from nests of the termite *Cornitermes cumulans* (Kollar, 1832) and *H. singularis* (Gory and Percheron, 1833) in nests of the termite *Diversitermes diversimiles* (Silvestri, 1901), where they fed and completed their biological cycle according to Puker et al. (2012). Thus, it appears that the immature *Hoplopyga* can develop in the nests of termites or in decaying wood.

Larvae of *H. liturata* sampled in decaying wood were recorded in Aquidauana, and second Morón (1995) recorded adults are occurring in Mexico, Belize, Guatemala, Nicaragua, Costa Rica, Panama, Venezuela, Argentina and Brazil. The immature stages of *H. liturata* were described by Morón & Arce (2002). Larvae of *H. boliviensis*, were also collected in decaying wood, and this species is scarce information available, being first introduced biological data and biometric data of the immature stages.

Few larvae of *M. maculosa* were collected in decaying wood in Aquidauana, MS. Third instar larvae and pupae of *M. maculosa* were described by Morón & Arce (2002), after collecting larvae from decaying wood in a forest area in the state of Veracruz, Mexico. Monné (1969) described third instar larvae of *Marmarina tigrina* (Gory & Percheron, 1833) collected in the nest of *Acromyrmex* sp. in Uruguay. For *Marmarina* the species may develop on decaying wood or in ant nests.

Conclusion

It is recorded for the first time that nine species of wood decomposers of the Melolonthidae in Mato Grosso do Sul. The first time informations are presented on the biological and biometric aspects of *Hoplopyga boliviensis* and *Pelidnota* aff. *vazdemeloi*.

Acknowledgements

To the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) for providing the master's scholarship to the first author. To the Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT) for the financial support.

References

- CALISTO, V. & MORELLI, E. 2011. Descripción de los estados inmaduros de *Rutelina lineola* (Linneú, 1767) (Coleoptera: Melolonthidae: Rutelinae). *Acta Zool. Mex.* 27(1):67-76.
- COSTA, C., VANIN, S.A. & CASARI-CHEN, S.A. 1988. Larvas de Coleoptera do Brasil. Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 282p.
- LINK, D. 1979. Nota sobre *Rutelina lineola*. *Rev. Centro Ciênc. Rur.* 9(1):25-27.
- MICÓ, E., HALL, W.E. & RATCLIFFE, B.C. 2001. Descriptions of the larvae of *Hoplopyga singularis* (Gory and Percheron) and *Hologymnetis cinerea* (Gory and Percheron) with a revised key to the larvae of new world Gymnetini (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae). *Coleop. Bull.* 55(2):205-217. [http://dx.doi.org/10.1649/0010-065X\(2001\)055\[0205:DOTLOH\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1649/0010-065X(2001)055[0205:DOTLOH]2.0.CO;2)
- MONNÉ, M.A. 1969. Descripción del último estágio larval de *Macraspis dichroa cribrata* Waterh., *Blaesia atra* Burm. y *Marmarina tigrina* (Gory & Perch.) (Coleoptera, Scarabaeidae). *Rev. Bras. Biol.* 29(3):367-376.
- MORELLI, E. 1990. Descripción de la larva y la pupa de *Phileurus affinis* Burmeister, 1847 (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae). Algunas observaciones sobre su biología y clave para la identificación de las larvas de tres especies de Phileurini del Uruguay. *Elytron.* 4:75-81.
- MORÓN, M.A. 1985. Los insectos degradadores, un factor poco estudiado en los bosques de México. *Fol. Entomol. Mex.* 65:131-137.
- MORÓN, M.A. 1995. Fenología y hábitos de los Cetoniinae (Coleoptera: Melolonthidae) en la región de Xalapa-Coatepec, Veracruz, México. *G. It. Ent.* 7(40):317-332.
- MORÓN, M.A. & ARCE, R. 2002. Descriptions of the immature stages of five Mexican species of Gymnetini (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae). *Proc. Entomol. Soc. Washing.* 104(4):1036-1054.
- MORÓN, M.A. & PAUCAR-CABRERA, A. 2003. Larvae and pupae of species of the genus *Macraspis* (Coleoptera: Scarabaeidae: Rutelinae: Rutelini). *Can. Entom.* 135(4):467-491. <http://dx.doi.org/10.4039/n02-091>
- NEITA, J.C., OROZCO, J. & RATCLIFFE, B. 2006. Escarabajos (Scarabaeidae: Pleurosticti) de la selva baja del bosque pluvial "BP-T", Choco, Colombia. *Acta Zool. Mex.* 22(2):1-32.
- PEREIRA, P.R.V.S., NECHET, K.L., HALFELD-VIEIRA, B.A. & MOURÃO JUNIOR, M. 2004. Ocorrência da broca-da-raiz-do-coqueiro *Strategus aloeus* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Scarabaeidae) em coqueirais comerciais no estado de Roraima. *Embrapa, Roraima, 5p.* Comunicado Técnico, n.16.
- PUKER, A., LOPES-ANDRADE, C., ROSA, C.S. & GROSSI, P.C. 2012. New Records of Termite Hosts for Two Species of *Hoplopyga*, with Notes on the Life Cycle of *Hoplopyga brasiliensis* (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 105(6):872-878. <http://dx.doi.org/10.1603/AN12068>
- RATCLIFFE, B.C. 2011. A review of the species of *Phileurus* Latreille (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae: Phileurini) with quadridentate protibia and description of a new species from Panamá. *Coleop. Bull.* 65(2):125-129. <http://dx.doi.org/10.1649/072.065.0203>
- RICHTER, P.O. 1944. Dynastinae of North America with descriptions of the larvae and keys to genera and species (Coleoptera: Scarabaeidae). *Ky. Agr. Exp. Stat. Bull.* 467:5-56.
- RODRIGUES, S.R. & FALCO, J.S. 2011. Aspectos biológicos de *Pelidnota fulva* (Coleoptera Scarabaeidae). *Biota Neotrop.* 11(1):157-160. <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1/en/abstract?article+bn02311012011> ISSN 1676-0603
- RODRIGUES, S.R., MORÓN, M.A. & NOGUEIRA, G.A.L. 2012. Description of the third instar of *Pelidnota fulva* Blanchard, 1850 (Coleoptera: Scarabaeidae: Rutelinae). *Coleop. Bull.* 66(3):266-270. <http://dx.doi.org/10.1649/072.066.0314>
- SOLÍS, A. 2004. Escarabajos fruteros de Costa Rica. Instituto Nacional de Biodiversidad. Santo Domingo de Heredia. 238p.
- VANIN, S.A. & COSTA, C. 1980. Larvae of Neotropical Coleoptera. III: Scarabaeidae, Rutelinae. *Pap. Avulsos Zool.* 33(17):275-282.
- VANIN, S.A. & COSTA, C. 1984. Larvae of Neotropical Coleoptera. IX: Scarabaeidae, Cetoniinae, Cymnetini. *Rev. Bras. Ent.* 28(3):329-335.
- VANIN, S.A., COSTA, C. & FONTES, L.R. 1983. Larvae of Neotropical Coleoptera. VI. Scarabaeidae, Dynastinae, Phileurini. *Pap. Avulsos Zool.* 35(5):55-72.

Received 03/26/2013
Revised 06/13/2013
Accepted 07/15/2013

Diversidade de formigas urbanas (Hymenoptera: Formicidae) de dez cidades do sul do Brasil

Junir Antonio Lutinski^{1,3}, Benedito Cortês Lopes² & Ana Beatriz Barros de Moraes¹

¹Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Animal, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Av. Roraima, 1000, Prédio 17-D, CEP 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil

²Departamento de Ecologia e Zoologia, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSM, Trindade, CEP 88010-970, Florianópolis, SC, Brasil

³Autor para correspondência: Junir Antonio Lutinski, e-mail: junir@unochapeco.edu.br

LUTINSKI, J.A., LOPES, B.C. & MORAIS, A.B.B. **Urban ant diversity (Hymenoptera: Formicidae) in ten cities of southern Brazil.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?inventory+bn02913032013>

Abstract: The urbanization process has been considered as one of the major threats to biodiversity and, among organisms found in urban areas ant represents an important but poorly studied group compared with other insects. Knowing the richness and composition of ant fauna inhabiting urban areas and factors exerting pressure on these communities are essential to set up management and conservation plans. The present study aimed to evaluate the diversity of ants in ten cities from the southern region of the Atlantic Forest biome. Assemblages were evaluated and compared by means of rarefaction and richness estimators. We recorded 8,790 occurrences, 140 species distributed into 37 genera, 19 tribes and nine subfamilies, corresponding to 38.2% of ant fauna known for the Santa Catarina State. Ant assemblages did not differ markedly as for richness, however nine cities presented exclusive species, suggesting variation in species composition. The existence and conservation of environments like forest remnants and green areas within the urban perimeter can explain the richness and abundance of these ant assemblages.

Keywords: ant fauna, forest fragmentation, green spaces, richness, tramp ants.

LUTINSKI, J.A., LOPES, B.C. & MORAIS, A.B.B. **Diversidade de formigas urbanas (Hymenoptera: Formicidae) de dez cidades do sul do Brasil.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?inventory+bn02913032013>

Resumo: O processo de urbanização vem sendo tratado como uma das maiores ameaças à biodiversidade e, dentre os organismos encontrados em áreas urbanas, as formigas representam um grupo importante, porém ainda pouco estudado comparado a outros insetos. Conhecer a riqueza e a composição da mirmecofauna que habita áreas urbanas e os fatores que estão exercendo pressão sobre essas comunidades são imperativos para a elaboração de planos de manejo e conservação. Este estudo teve como objetivo avaliar a diversidade de formigas de dez cidades localizadas na região austral do Bioma Mata Atlântica. As assembleias foram avaliadas e comparadas por meio da análise de rarefação e estimativas de riqueza. Foram registradas 8.790 ocorrências de formigas, tendo sido identificadas 140 espécies, representantes de 37 gêneros, 19 tribos e nove subfamílias o que corresponde a 38,2% da mirmecofauna conhecida para o estado de Santa Catarina. As assembleias de formigas não diferiram marcadamente quanto à riqueza, entretanto, nove cidades apresentaram espécies exclusivas mostrando variação na composição das espécies. A existência e a conservação de ambientes como fragmentos florestais e áreas verdes no perímetro urbano podem explicar a riqueza e abundância dessas assembleias de formigas.

Palavras-chave: mirmecofauna, fragmentação florestal, áreas verdes, riqueza, formigas-praga.

Introdução

Ambientes urbanos são marcados pela intensa e constante atividade humana (McIntyre et al. 2001) e a urbanização vem sendo tratada como uma das maiores ameaças à biodiversidade (McKinney 2002, Uno et al. 2010). A conversão de ambientes naturais em habitações humanas, áreas comerciais, parques industriais e na infraestrutura associada cobre aproximadamente 4% da superfície dos continentes (United... 2000), resultando na fragmentação e perda de habitats (Niemelä 1999). As alterações ambientais causadas pela urbanização podem afetar as comunidades de organismos sob diferentes formas. Algumas espécies alcançam densidades elevadas e assumem uma condição de dominância ao colonizar nichos desocupados, especialmente na ausência de espécies competidoras ou de inimigos naturais. Outras espécies diminuem em abundância ou são extintas localmente devido à perda de habitat e à introdução de espécies exóticas, bem adaptadas nesses ambientes (Luck & Dahsten 1974, Blair 2001, Kamura et al. 2007, Sanford et al. 2008).

Dentre os organismos encontrados em áreas urbanas, as formigas representam um grupo importante, porém ainda pouco estudado comparado a outros insetos tais como borboletas e besouros (McIntyre 2000). Formicidae constitui uma das famílias mais comuns de invertebrados (Hölldobler & Wilson 1990) e se caracteriza pela ampla distribuição, riqueza e abundância nos ecossistemas terrestres (Alonso & Agosti 2000).

As formigas que ocorrem em ambientes urbanos têm recebido mais atenção e sido foco de pesquisas em ambientes hospitalares onde algumas espécies têm sido descritas como importantes vetores

de organismos patogênicos e um risco à saúde humana (Moreira et al. 2005, Costa et al. 2006, Lise et al. 2006); em estabelecimentos residenciais e comerciais com destaque à colonização e dispersão de espécies invasoras (Silva & Loeck 1999, Oliveira & Campos-Farinha 2005, Iop et al. 2009); e em fragmentos florestais e áreas verdes sob a ótica da conservação da diversidade (Yamaguchi 2004, Pacheco & Vasconcelos 2007).

Apesar da mirmecofauna da região austral do bioma Mata Atlântica ser bem conhecida (Silva & Silvestre 2000, Lutinski et al. 2008, Maciel et al. 2011, Ulysséa et al. 2011), ainda restam áreas totalmente inexploradas. Os estudos já realizados nesta região permitem supor a existência de assembleias ricas de formigas presentes nas áreas urbanas (Farneda et al. 2007, Iop et al. 2009). Conhecer esta riqueza e a composição das espécies de formigas que compõem estas assembleias é essencial para a elaboração de planos de manejo e conservação. Desta forma, este estudo teve como objetivo avaliar a diversidade de formigas urbanas de dez cidades localizadas na região austral do Bioma Mata Atlântica.

Material e Métodos

1. Área de estudo

O estudo foi conduzido em dez cidades de pequeno e médio porte localizadas na região oeste do estado de Santa Catarina: Abelardo Luz, Campo Erê, Chapecó, Concórdia, Joaçaba, Palmitos, Pinhalzinho, São Miguel do Oeste, Seara e Xanxerê (Figura 1) cujas populações variam entre 10.000 (Campo Erê) e 183.000 (Chapecó) habitantes

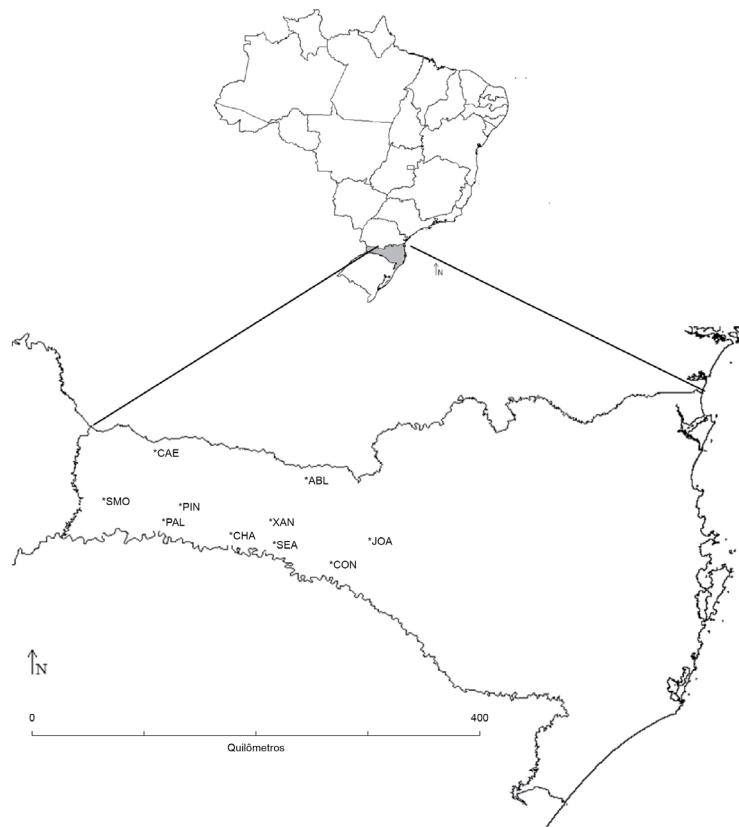


Figura 1. Localização geográfica de 10 cidades da região austral do domínio Mata Atlântica escolhidas para o desenvolvimento do estudo: Abelardo Luz (ABL), Campo Erê (CAE), Chapecó (CHA), Concórdia (CON), Joaçaba (JOA), Palmitos (PAL), Pinhalzinho (PIN) São Miguel do Oeste (SMO), Seara (SEA) e Xanxerê (XAN), Santa Catarina, Brasil (fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011).

Figure 1. Geographical location of ten cities from the southern region of the Atlantic Forest biome for developing the study: Abelardo Luz (ABL), Campo Erê (CAE), Chapecó (CHA), Concórdia (CON), Joaçaba (JOA), Palmitos (PAL), Pinhalzinho (PIN) São Miguel do Oeste (SMO), Seara (SEA) and Xanxerê (XAN), Santa Catarina State, Brazil (February/March and November/December 2011).

(Instituto... 2010). As cidades encontram-se distribuídas em uma extensão de aproximadamente 300 km de acordo com as coordenadas da Tabela 1. Todas estão inseridas no bioma Mata Atlântica com fitofisionomias florestais classificadas como Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional Semidecídua. O clima da região é do tipo superúmido mesotérmico subtropical úmido, sem estação seca definida, com geadas severas frequentes e com distribuição regular da pluviosidade (Köppen 1948).

2. Amostragem

As amostragens foram conduzidas em 109 unidades amostrais sendo: a) 30 fragmentos florestais (três em cada cidade) em estágio avançado de sucessão ecológica, localizados no perímetro urbano ou na borda, com áreas variando entre 1.764 m² e 876.599 m²; b) 30 áreas verdes (três em cada cidade) localizadas no perímetro urbano, utilizadas para fins de recreação e atividades físicas e com áreas variando entre 1.125 m² e 175.775 m²; c) 30 escolas (três em cada cidade) cujas áreas de edificações, jardins e calçadas, somadas, variam entre 961 m² e 14.740 m² e vegetação expressa predominantemente por gramíneas e plantas ornamentais, exóticas e de pequeno porte; d) 19 centros de reciclagem (Abelardo Luz: 1; Campo Erê: 2; Chapecó: 3; Concórdia: 2; Joaçaba: 2; Palmitos: 2; Pinhalzinho: 2; São Miguel do Oeste: 2; e Xanxerê: 3) com áreas variando entre 1.100 m² e 6.120 m², parcialmente edificados, utilizados para as atividades de triagem e armazenamento de materiais recicláveis, tais como, sucatas de metal, plástico, papelão e vidro e ausentes de qualquer vegetação além de gramíneas.

A seleção dos tipos de ambientes visou à maximização da diversidade nas amostragens, especialmente com a contribuição de fragmentos florestais e áreas verdes que representam reservatórios de espécies nativas em ambientes urbanos (Pacheco & Vasconcelos 2007). Escolas e centros de reciclagem foram escolhidos pela carência de estudos relacionados às formigas nesses ambientes.

Foram realizadas duas séries completas de amostragens durante o ano de 2011, uma no verão (fevereiro e março) e outra na primavera (outubro e novembro). Em cada unidade amostral, foram utilizadas 10 iscas de 1 g de sardinha, 10 iscas de 1 mL de glicose e 1 hora de coleta manual. As iscas foram preparadas sobre retângulos de papel poroso e distribuídas de forma alternada sobre o solo nos fragmentos florestais e nas áreas verdes, enquanto que nas escolas e nos centros de reciclagem, foram distribuídas em calçadas, jardins e estacionamentos. Em todos os ambientes foram estabelecidos transectos perpendiculares à margem externa e obedecida uma distância de 10 metros entre cada isca (Agosti & Alonso 2000,

Bestelmeyer et al. 2000, Sarmiento 2003). As amostragens manuais foram conduzidas usando pinça e hastes de algodão umedecidos em álcool obedecendo a um percurso aleatório. Nos fragmentos florestais e nas áreas verdes, as amostragens foram realizadas sobre o solo, na vegetação arbustiva e nos troncos de árvores até a altura máxima de dois metros; nas escolas e nos centros de reciclagem, realizadas em calçadas, jardins, canteiros e muros (Sarmiento 2003).

As amostragens foram conduzidas entre 08:00 e 17:00, com rotatividade dos períodos matutinos e vespertinos em cada unidade amostral, em cada amostra. Os espécimes coletados foram acondicionados em frascos contendo álcool a 70%, etiquetados com as devidas informações de procedência e transportados ao Laboratório de Entomologia da Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ) para triagem. A identificação foi conduzida primeiramente no laboratório de Entomologia da Universidade Federal de Santa Catarina utilizando-se as chaves propostas por Gonçalves (1961), Kempf (1964, 1965), Watkins (1976), Della Lucia (1993), Lattke (1995), Taber (1998), Fernández (2003), Longino (2003), Longino & Fernández (2007) e Wild (2007). Posteriormente, foi feita comparação dos exemplares coletados com a coleção de referência de formigas Neotropical do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (USP).

3. Análise estatística

Para representar a riqueza das assembleias de formigas, as espécies foram listadas segundo seus respectivos táxons de subfamília, tribo e gênero além da presença em cada cidade. A riqueza de formigas encontrada em cada assembleia foi comparada por meio de análises de rarefação baseadas no número de ocorrências (Gotelli & Colwell 2001). Essas análises foram obtidas utilizando-se o programa EcoSim 7 (Gotelli & Entsminger 2001), que permite comparações de riqueza entre assembleias que diferem quanto à ocorrência de espécies (Melo et al. 2003).

Também foram obtidas estimativas de riquezas de formigas para cada cidade e comparadas com suas respectivas riquezas observadas. Para tal, foi utilizado o estimador não-paramétrico Chao 2 e as estimativas foram geradas com o programa EstimateS 8.0 (Colwell 2006). O estimador usa essencialmente informações sobre as espécies que ocorrem em uma amostra (unicatas) e aquelas que ocorrem em duas amostras (duplicatas) (Chao 1987).

Resultados

Nas 10 cidades foram registradas 8.790 ocorrências de formigas, tendo sido identificadas 140 espécies, representantes de 37 gêneros, 19 tribos e nove subfamílias (Tabela 2). A assembleia de formigas de Chapecó apresentou a maior riqueza (S=91) e Seara a menor (S=78). Três dessas espécies, *Gnamptogenys sulcata* (Smith, 1858), *Camponotus personatus* Emery, 1894 e *Solenopsis invicta* Buren, 1972 foram registradas pela primeira vez no estado de Santa Catarina, enquanto outras 37 espécies tiveram sua ocorrência confirmada para a região oeste do estado. Em nove das 10 cidades foram amostradas espécies exclusivas, sendo três em Abelardo Luz, duas em Campo Erê, sete em Chapecó, uma em Concórdia, duas em Joaçaba, quatro em Palmitos, quatro em Pinhalzinho, duas em São Miguel do Oeste e três em Xanxerê (Tabela 2).

A maior riqueza das formigas identificadas pertence à subfamília Myrmicinae, à qual estão incluídas mais de 50% dentre todas as espécies amostradas em cada uma das 10 cidades. Ainda apresentaram riquezas expressivas as subfamílias Formicinae, Dolichoderinae, Ponerinae e Pseudomyrmecinae. Os gêneros de formigas mais ricos em espécies foram *Camponotus*, *Pheidole*, *Solenopsis*, *Crematogaster*

Tabela 1. Coordenadas geográficas e altitude (m) de cada uma das dez cidades estudadas localizadas na região austral do domínio Mata Atlântica.

Table 1. Geographic coordinates and altitude (m) of each one of the ten studied cities from the southern region of the Atlantic Forest biome.

Cidades	Coordenadas	Altitude
Abelardo Luz	26° 33' 58" S e 52° 19' 40" W	770
Campo Erê	26° 23' 39" S e 53° 04' 44" W	892
Chapecó	27° 05' 51" S e 52° 38' 31" W	663
Concórdia	27° 13' 32" S e 52° 01' 14" W	643
Joaçaba	27° 10' 01" S e 51° 29' 48" W	556
Palmitos	27° 04' 06" S e 53° 09' 46" W	394
Pinhalzinho	26° 50' 53" S e 52° 59' 20" W	492
São Miguel do Oeste	26° 43' 32" S e 53° 30' 59" W	642
Seara	27° 08' 57" S e 52° 18' 39" W	506
Xanxerê	26° 52' 38" S e 52° 24' 18" W	783

Tabela 2. Riqueza e ocorrência de espécies exclusivas (E) de formigas de dez cidades localizadas na região austral do domínio Mata Atlântica: Abelardo Luz (ABL), Campo Erê (CAE), Chapecó (CHA), Concórdia (CON), Joaçaba (JOA), Palmitos (PAL), Pinhalzinho (PIN) São Miguel do Oeste (SMO), Seara (SEA) e Xanxerê (XAN), Santa Catarina, Brasil (fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011).

Table 2. Richness and occurrence of exclusive species (E) of ants in ten cities from the southern region of the Atlantic Forest biome: Abelardo Luz (ABL), Campo Erê (CAE), Chapecó (CHA), Concórdia (CON), Joaçaba (JOA), Palmitos (PAL), Pinhalzinho (PIN) São Miguel do Oeste (SMO), Seara (SEA) and Xanxerê (XAN), Santa Catarina State, Brazil (February/March and November/December 2011).

Táxon	ABL	CAE	CHA	CON	JOA	PAL	PIN	SMO	SEA	XAN
Subfamília Cerapachyinae										
Tribo Acanthostichini										
<i>Acanthostichus quadratus</i> Emery, 1895 (E)							X			
Subfamília Dolichoderinae										
Tribo Dolichoderini										
<i>Azteca instabilis</i> (F. Smith, 1862) (E)							X			
<i>Azteca muelleri</i> Emery, 1893 (E)							X			
<i>Dorymyrmex brunneus</i> Forel, 1908	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Dorymyrmex pyramicus</i> (Roger, 1863)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Dorymyrmex</i> sp. (E)			X							
<i>Linepithema angulatum</i> (Emery, 1894) (E)				X						
<i>Linepithema gallardoi</i> Kusnezov, 1969	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Linepithema humile</i> (Mayr, 1868)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Linepithema iniquum</i> (Mayr, 1870)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Linepithema leucomelas</i> (Emery, 1894)			X	X	X				X	
<i>Linepithema micans</i> (Forel, 1908)		X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Tapinoma melanocephalum</i> (Fabricius, 1793)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Subfamília Ecitoninae										
Tribo Ecitonini										
<i>Eciton quadriglume</i> (Haliday, 1836) (E)			X							
<i>Labidus praedator</i> (F. Smith, 1858) (E)						X				
Subfamília Ectatomminae										
Tribo Ectatommini										
<i>Ectatomma edentatum</i> Roger, 1863 (E)			X							
<i>Gnamptogenys striatula</i> Mayr, 1884	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Gnamptogenys sulcata</i> (Smith, 1858) (E)										X
Subfamília Formicinae										
Tribo Camponotini										
<i>Camponotus (Myrmaphaenus) blandus</i> (F. Smith, 1858)					X					X
<i>Camponotus (Myrmaphaenus) cameranoi</i> Emery, 1894	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Camponotus (M.) fastigatus</i> Roger, 1863	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Camponotus (M.) novogranadensis</i> Mayr, 1870		X					X	X		
<i>Camponotus (M.) personatus</i> Emery, 1894	X		X	X	X	X	X		X	X
<i>Camponotus (Myrmepomis) sericeiventris</i> (Guérin-Méneville, 1838)	X		X	X	X	X				X
<i>Camponotus (Myrmobrachys) crassus</i> Mayr, 1862	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Camponotus (M.) mus</i> Roger, 1863	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Camponotus (Myrmocladoecus) hedwigae</i> Forel, 1912 (E)								X		
<i>Camponotus (Myrmosphincta) sexguttatus</i> (Fabricius, 1793)	X						X	X		
<i>Camponotus (Myrmothrix) atriceps</i> (F. Smith, 1858)	X	X								
<i>Camponotus (M.) cingulatus</i> Mayr, 1862	X	X		X	X	X		X		
<i>Camponotus (M.) rufipes</i> (Fabricius, 1775)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Camponotus (Pseudocolobopsis) alboannulatus</i> Mayr, 1887 (E)										X
<i>Camponotus (Tanaemyrmex) lespeii</i> Forel, 1886	X	X	X	X	X	X	X	X		X
<i>Camponotus (Tanaemyrmex) melanoticus</i> Emery, 1894	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Camponotus (T.) punctulatus</i> Mayr, 1868	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Camponotus</i> sp. 1	X	X		X	X	X		X	X	X
<i>Camponotus</i> sp. 2				X			X			
<i>Camponotus</i> sp. 3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Camponotus</i> sp. 4	X		X		X			X		

Tabela 2. Continuação...

Table 2. Continued...

Táxon	ABL	CAE	CHA	CON	JOA	PAL	PIN	SMO	SEA	XAN
Tribo Myrmelachistini										
<i>Myrmelachista catharinae</i> Mayr, 1887	X	X	X	X		X			X	X
<i>Myrmelachista catharinae maior</i> Santschi, 1936 (E)		X								
<i>Myrmelachista gagatina</i> Emery, 1894	X	X	X	X						X
<i>Myrmelachista reticulata</i> Borgmeier, 1928 (E)		X								
Tribo Plagiolepidini										
<i>Brachymyrmex (Brachymyrmex) aphidicola</i> (Forel, 1909)	X	X	X	X	X			X	X	X
<i>Brachymyrmex (B.) coactus</i> Mayr, 1887	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Brachymyrmex (Brachymyrmex) cordemoyi</i> Forel, 1895	X				X	X	X	X	X	
<i>Brachymyrmex (Brysha) pilipes</i> Mayr, 1887	X	X				X			X	X
<i>Brachymyrmex</i> sp.		X			X					X
<i>Nylanderia fulva</i> (Mayr, 1862)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Nylanderia</i> sp.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Paratrechina longicornis</i> (Latreille, 1802)			X	X	X	X		X		
Subfamilia Heteroponerinae										
Tribo Heteroponerini										
<i>Heteroponera flava</i> Kempf, 1962				X	X	X			X	
<i>Heteroponera inermis</i> (Emery, 1894)			X			X				X
Subfamilia Myrmicinae										
Tribo Attini										
<i>Acromyrmex (Acromyrmex) ambiguus</i> (Emery, 1888)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Acromyrmex (A.) aspersus</i> (F. Smith, 1858)	X		X	X	X		X	X	X	X
<i>Acromyrmex (A.) disciger</i> (Mayr, 1887)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Acromyrmex (A.) lundii</i> (Guérin-Méneville, 1838)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Acromyrmex (A.) niger</i> (F. Smith, 1858)	X	X	X	X		X	X	X	X	X
<i>Acromyrmex (A.) rugosus</i> (F. Smith, 1858) (E)					X					
<i>Acromyrmex (A.) subterraneus</i> (Forel, 1893)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Apterostigma mayri</i> Forel, 1893 (E)										X
<i>Apterostigma pilosum</i> Mayr, 1865		X	X	X						X
<i>Apterostigma wasmannii</i> Forel, 1892	X	X	X				X	X		X
<i>Atta (Neoatta) sexdens</i> (Linnaeus, 1758)		X	X			X	X		X	
<i>Atta</i> sp.			X			X				X
<i>Cyphomyrmex plaumanni</i> Kempf, 1962			X		X	X			X	
<i>Cyphomyrmex rimosus</i> (Spinola, 1853)	X	X	X	X		X	X	X	X	X
<i>Cyphomyrmex strigatus</i> Mayr, 1887		X						X		
<i>Mycocepurus goeldii</i> (Forel, 1893)	X	X	X	X	X	X	X		X	X
Tribo Blepharidattini										
<i>Wasmannia affinis</i> Santschi, 1929					X			X		
<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger, 1863)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Tribo Cephalotini										
<i>Cephalotes angustus</i> (Mayr, 1862) (E)	X									
<i>Cephalotes pinelii</i> (Guérin-Méneville, 1844)	X							X		X
<i>Cephalotes pusillus</i> (Klug, 1824)	X	X	X	X		X	X	X	X	X
<i>Procryptocerus adlerzi</i> (Mayr, 1887)		X		X			X		X	X
<i>Procryptocerus convergens</i> (Mayr, 1887)	X	X		X			X		X	
<i>Procryptocerus goeldii</i> Forel, 1899			X	X			X			
Tribo Crematogastrini										
<i>Crematogaster (Eucrema) acuta</i> (Fabricius, 1804)	X	X	X	X			X	X	X	X
<i>Crematogaster (E.) bingo</i> Forel, 1908	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Crematogaster (Neocrema) corticicola</i> Mayr, 1887	X	X	X				X			
<i>Crematogaster (N.) magnifica</i> Santschi, 1925	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Crematogaster (Orthocrema) curvispinosa</i> Mayr, 1862	X			X	X			X		
<i>Crematogaster</i> sp. 1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabela 2. Continuação...

Table 2. Continued...

Táxon	ABL	CAE	CHA	CON	JOA	PAL	PIN	SMO	SEA	XAN
<i>Crematogaster</i> sp. 2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Crematogaster</i> sp. 3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Tribo Dacetini										
<i>Basiceros (Eurhopalothrix) convexiceps</i> (Mayr, 1887) (E)			X							
<i>Strumigenys cultrigera</i> Mayr, 1887		X				X				
Tribo Formicoxenini										
<i>Cardiocondyla nuda</i> (Mayr, 1866)		X				X	X		X	X
<i>Nesomyrmex</i> sp. (E)							X			
Tribo Myrmicini										
<i>Pogonomyrmex naegelii</i> Forel, 1878	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pogonomyrmex</i> sp. 1						X		X		
<i>Pogonomyrmex</i> sp. 2			X	X	X	X		X		
<i>Pogonomyrmex</i> sp. 3		X			X			X	X	
Tribo Pheidolini										
<i>Pheidole (Elasmopheidole) aberrans</i> Mayr, 1868			X						X	
<i>Pheidole (Pheidole) brevicona</i> Mayr, 1887	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pheidole (P.) dyctiota</i> Kempf, 1972	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pheidole (P.) laevifrons</i> Mayr, 1887	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pheidole (P.) lignicola</i> Mayr, 1887	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pheidole (P.) megacephala</i> (Fabricius, 1793) (E)							X			
<i>Pheidole (P.) pubiventris</i> Mayr, 1887	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pheidole (P.) punctatissima</i> Mayr, 1870	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pheidole (P.) risii</i> Forel, 1892		X		X		X	X	X		
<i>Pheidole (P.) tristis</i> (F. Smith, 1858)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pheidole</i> sp. 1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pheidole</i> sp. 2	X		X	X	X	X		X	X	
<i>Pheidole</i> sp. 3	X	X								
<i>Pheidole</i> sp. 4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pheidole</i> sp. 5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Tribo Solenopsidini										
<i>Monomorium floricola</i> (Jerdon, 1851) (E)						X				
<i>Monomorium pharaonis</i> (Linnaeus, 1758) (E)					X					
<i>Solenopsis invicta</i> Buren, 1972	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Solenopsis saevissima</i> (F. Smith, 1855)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Solenopsis schmalzi</i> Forel, 1901	X		X				X			
<i>Solenopsis stricta</i> Emery, 1896	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Solenopsis</i> sp. 1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Solenopsis</i> sp. 2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Solenopsis</i> sp. 3			X					X		X
<i>Solenopsis</i> sp. 4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Solenopsis</i> sp. 5		X			X	X	X		X	
<i>Solenopsis</i> sp. 6						X		X	X	X
Subfamília Ponerinae										
Tribo Ponerini										
<i>Dinoponera australis</i> Emery, 1901			X			X				
<i>Hypoponera distinguenda</i> (Emery, 1890) (E)			X							
<i>Hypoponera opaciceps</i> (Mayr, 1887) (E)						X				
<i>Hypoponera trigona</i> (Mayr, 1887)						X		X		X
<i>Hypoponera</i> sp. (E)	X									
<i>Odontomachus chelifer</i> (Latreille, 1802)	X	X	X	X	X	X		X	X	
<i>Pachycondyla crenata</i> (Roger, 1858)	X	X	X					X	X	X
<i>Pachycondyla harpax</i> (Fabricius, 1804)	X	X	X	X	X	X	X	X		X
<i>Pachycondyla marginata</i> (Roger, 1861) (E)								X		

Tabela 2. Continuação...

Table 2. Continued...

Táxon	ABL	CAE	CHA	CON	JOA	PAL	PIN	SMO	SEA	XAN
<i>Pachycondyla striata</i> F. Smith, 1858	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pachycondyla villosa</i> (Fabricius, 1804)			X				X	X	X	
<i>Pachycondyla</i> sp.		X		X	X					X
Subfamília Pseudomyrmecinae										
Tribo Pseudomyrmecini										
<i>Pseudomyrmex flavidulus</i> (F. Smith, 1858)	X			X	X	X	X		X	X
<i>Pseudomyrmex gracilis</i> (Fabricius, 1804) (E)			X							
<i>Pseudomyrmex phyllophilus</i> (F. Smith, 1858) (E)			X							
<i>Pseudomyrmex schuppi</i> (Forel, 1901) (E)	X									
<i>Pseudomyrmex termitarius</i> (F. Smith, 1855)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 3		X	X	X		X	X			
RIQUEZA TOTAL	83	85	91	82	79	85	80	83	78	83

e *Acromyrmex*. Juntos, representaram entre 55% e 60% das assembleias de formigas de cada uma das 10 cidades.

A análise de rarefação não detectou diferenças significativas entre fauna de formigas em áreas urbanas das dez cidades (Figura 2), entretanto, observaram-se maiores riquezas para as assembleias de formigas de Chapecó, Palmitos e Campo Erê, enquanto as menores foram verificadas para as assembleias de formigas de Joaçaba e Seara. Os menores valores de ocorrências de espécies de formigas foram registrados em Joaçaba (n=781) e Seara (n=822) enquanto os maiores foram observados em Chapecó (n=940) e Pinhalzinho (n=957).

A maior cidade (Chapecó) apresentou a maior riqueza, todavia a diferença neste parâmetro entre as assembleias de formigas das dez cidades foi relativamente pequena (Figura 3). As maiores estimativas foram verificadas para as cidades de Palmitos (108) e Joaçaba (105), enquanto Xanxerê (91) e Seara (87) ficaram com as menores estimativas (Figura 3). As assembleias que apresentaram a riqueza observada mais próxima às estimadas foram Chapecó (91,3%) e Xanxerê (91%), enquanto Joaçaba (74,9%) e Palmitos (78%) foram as que mais diferiram.

Discussão

A mirmeocofauna da região onde o estudo foi realizado já foi extensamente amostrada considerando os trabalhos do naturalista Fritz Plaumann (Silva & Silvestre 2000) e os trabalhos mais recentes de Lutinski et al. (2008) e Iop et al. (2009); contudo, esta pesquisa confirma novas ocorrências de espécies para o estado de Santa Catarina. A identificação de gêneros de formigas neotropicais foi facilitada nos últimos anos graças a chaves taxonômicas como a de Bolton (1994) e a de Palácio & Fernández (2003). Bancos de dados e de imagens on-line também constituem importantes ferramentas; entretanto a identificação de espécies pertencentes a gêneros importantes como *Camponotus*, *Crematogaster*, *Pheidole*, *Pseudomyrmex* e *Solenopsis* ainda carece de revisões, o que deixa uma parte importante da fauna gêneros identificada em morfoespécies.

Apesar da riqueza geral de formigas ter apresentado pequena variação de uma cidade para outra, apenas 13 espécies da maior assembleia (Chapecó, S=91) em relação à menor (Seara, S=78), este estudo acrescenta informações sobre a dimensão de riqueza de espécies de formigas em áreas urbanas aos resultados encontrados por Farneda et al. (2007) na cidade de Pinhalzinho (S=60) e Iop et al.

(2009) em Xanxerê (S=67). A riqueza de formigas amostradas nos ambientes urbanos pode ser considerada expressiva, pois os táxons identificados ao nível de espécie (109) representam 29.8% da mirmeocofauna anteriormente conhecida para todo o estado de Santa Catarina e 52,1% da riqueza de formigas já descrita para a região oeste do estado (Ulysséa et al. 2011). As assembleias diferiram na composição das espécies e isso foi confirmado pela ocorrência de espécies exclusivas em nove das dez cidades. Esses resultados corroboram Santos et al. (2006) e Campos et al. (2008), que afirmam que a composição de espécies de formigas pode sofrer alterações significativas de acordo com as variações dos ambientes mesmo em um único Bioma.

Com exceção de Amblyoponinae e Proceratiinae, todas as demais nove Subfamílias de Formicidae com ocorrência já registrada para a região Austral da Mata Atlântica foram amostradas nesse estudo. Os maiores valores da riqueza verificados para as subfamílias Myrmicinae, Formicinae, Dolichoderinae e Ponerinae e para os gêneros *Camponotus*, *Pheidole*, *Solenopsis*, *Crematogaster* e *Acromyrmex* corroboram os resultados encontrados nos estudos de Silva & Silvestre (2000), Lutinski et al. (2008) e Rosumek et al. (2008) onde estes táxons também foram os mais ricos. Este resultado sugere que as assembleias de formigas amostradas nos ambientes urbanos não diferem daquelas existentes nos demais ambientes situados na região austral do domínio Mata Atlântica quanto à ocorrência dos táxons com maior riqueza. A proximidade dos fragmentos florestais e das áreas verdes urbanas com outros ambientes naturais e a cobertura vegetal nativa predominante podem favorecer a existência e a manutenção de uma mirmeocofauna diversificada nestes ambientes (Pacheco & Vasconcelos 2007) e ajudar a explicar a composição das espécies encontrada neste estudo.

A relação entre a riqueza e o esforço amostral empregado pode oferecer informações acerca da assembleia amostrada (Colwell et al. 2004), assim como o comportamento social de formigas e a distribuição desigual de colônias na paisagem e nos estratos podem influenciar nos resultados da amostragem (Bestelmeyer et al. 2000). Os resultados da análise de rarefação não sugerem diferenças significativas entre as riquezas de formigas das dez cidades amostradas, indicando a existência de fatores similares que mantêm a mirmeocofauna nesses ambientes. Áreas verdes e praças públicas possuem um grande potencial para a conservação de espécies de formigas em áreas urbanas (Pacheco & Vasconcelos 2007) que,

Formigas de ambientes urbanos da Mata Atlântica

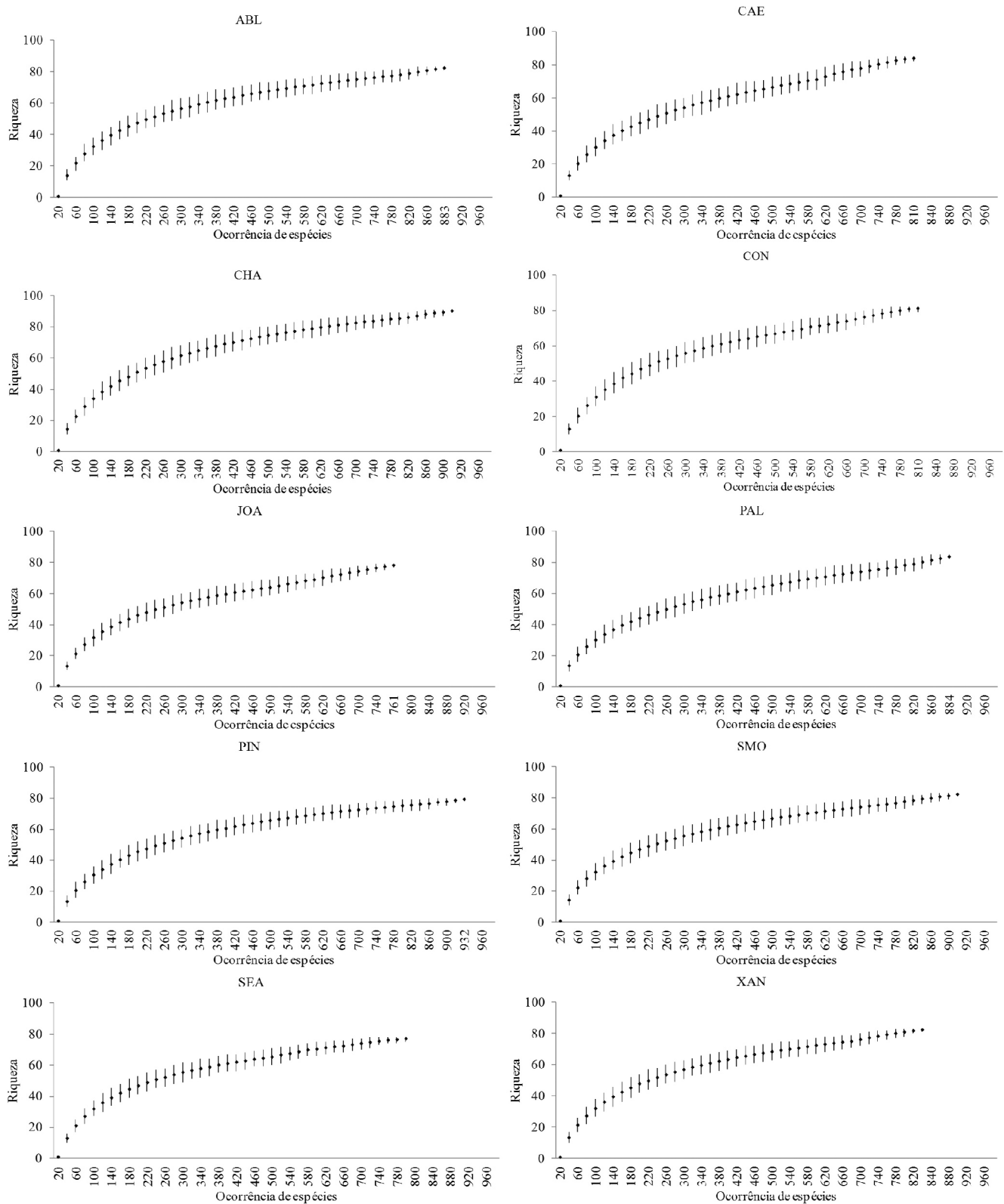


Figura 2. Comparação da riqueza de formigas de 10 cidades da região oeste austral do domínio Mata Atlântica, pelo método de rarefação baseada no número de ocorrências: Abelardo Luz (ABL), Campo Erê (CAE), Chapecó (CHA), Concórdia (CON), Joaçaba (JOA), Palmitos (PAL), Pinhalzinho (PIN) São Miguel do Oeste (SMO), Seara (SEA) e Xanxerê (XAN), Santa Catarina, Brasil (fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011). As barras indicam o intervalo de confiança (95%).

Figure 2. Comparison of ant richness in ten cities from the southern region of the Atlantic Forest biome, using the rarefaction method based on occurrences number: Abelardo Luz (ABL), Campo Erê (CAE), Chapecó (CHA), Concórdia (CON), Joaçaba (JOA), Palmitos (PAL), Pinhalzinho (PIN) São Miguel do Oeste (SMO), Seara (SEA) and Xanxerê (XAN), Santa Catarina State, Brazil (February/March and November/December 2011). The bars indicate the confidence interval (95%).

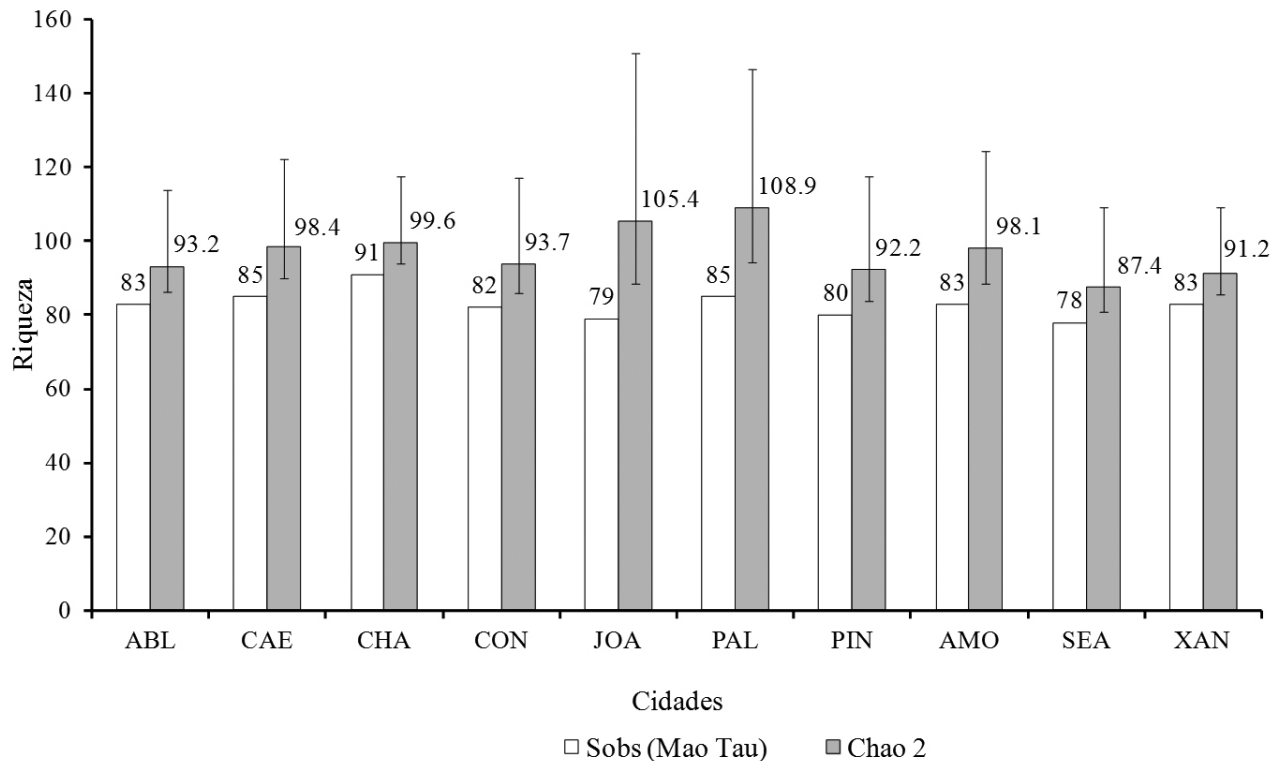


Figura 3. Riquezas de formigas observadas e estimadas (Chao 2) com respectivos intervalos de confiança (95%) de dez cidades (Abelardo Luz (ABL), Campo Erê (CAE), Chapecó (CHA), Concórdia (CON), Joaçaba (JOA), Palmitos (PAL), Pinhalzinho (PIN) São Miguel do Oeste (SMO), Seara (SEA) e Xanxerê (XAN)) localizadas na região austral do domínio Mata Atlântica (fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011).

Figure 3. Observed and estimated richness (Chao 2) of ants with respective confidence intervals (95%) in ten cities (Abelardo Luz (ABL), Campo Erê (CAE), Chapecó (CHA), Concórdia (CON), Joaçaba (JOA), Palmitos (PAL), Pinhalzinho (PIN) São Miguel do Oeste (SMO), Seara (SEA) and Xanxerê (XAN)) from the southern region of the Atlantic Forest biome (February/March and November/December 2011).

associados com os fragmentos florestais, podem contribuir para a existência de assembleias ricas de formigas mesmo em cidades de médio porte como Chapecó.

O estimador Chao 2 mostra que a riqueza de formigas das dez cidades pode ser, em média, 14,4% maior do que a riqueza observada. Chao et al. (2009) estimam que o esforço amostral adicional necessário para coletar todas as espécies existentes em ambiente pode ser de até 10 vezes superior ao esforço original. As maiores estimativas de riqueza para as assembleias de formigas das cidades de Palmitos e Joaçaba evidenciam também um maior número de unicatas e duplicatas amostradas nessas cidades. Considerando o percentual da riqueza regional amostrado e o número das ocorrências de formigas, pode-se afirmar que as técnicas de amostragem foram adequadas.

Formigas dos gêneros *Camponotus*, *Pheidole* e *Solenopsis* se caracterizam como dominantes, onívoras e generalistas (Silvestre et al. 2003) e, assim como *Nylanderia fulva* (Mayr, 1862), *Dorymyrmex brunneus* Forel, 1908 e *Linepithema humile* (Mayr, 1868), são encontradas com muita frequência em ambientes urbanos (Lise et al. 2006, Soares et al. 2006, Farneda et al. 2007, Iop et al. 2009). Suas características as permitem ocupar ambientes alterados e sob forte pressão antrópica como áreas urbanas e ajudam a entender porque têm as maiores taxas de ocorrências neste estudo.

A ameaça que o processo de urbanização representa para a biodiversidade em geral é bem documentada e é necessário entender os impactos causados por esse processo que resulta na perda da biodiversidade (McKinney 2002, Galindo-Leal & Câmara 2003, Buczowski & Richmond 2012). O presente estudo amplia

a compreensão sobre a diversidade de formigas da região austral do Domínio Mata Atlântica, estendendo a área de ocorrência de algumas espécies de formigas. As assembleias de formigas não diferiram marcadamente quanto à diversidade, entretanto, nove delas apresentaram espécies exclusivas mostrando variação espacial na composição das espécies. A existência e a conservação de ambientes como fragmentos florestais e áreas verdes no perímetro urbano podem explicar a riqueza e abundância dessas assembleias de formigas.

Agradecimentos

Ao Ms. Félix Baumgarten Rosumek do Departamento de Ecologia e Zoologia da UFSC pelo auxílio na confirmação das espécies, ao Dr. Rodrigo Machado Feitosa, ao Dr. Rogério Rosa da Silva e ao Dr. Carlos Roberto Ferreira Brandão do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo pela atenção e pelo apoio durante o trabalho de comparação com o material tombado no MZUSP. À CAPES pela concessão de bolsa de estudos.

Referências Bibliográficas

- AGOSTI, D. & ALONSO, L.E. 2000. The ALL protocol: selected case studies. In *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity* (D. Agosti, J.D. Majer, L.E. Alonso & T.R. Schultz, eds). Smithsonian Institution, Washington, p.204-206.
- ALONSO, L.E. & AGOSTI, D. 2000. Biodiversity studies, monitoring and ants: an overview. In *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity* (D. Agosti, J.D. Majer, L.E. Alonso & T.R. Schultz, eds). Smithsonian Institution, Washington, p.1-8.

- BESTELMEYER, B.T., AGOSTI, D., ALONSO, L.E., BRANDÃO, C.R.F., BROWN JUNIOR, W.L., DELABIE, J.H.C. & SILVESTRE, R. 2000. Field techniques for the study of ground-dwelling ants. In *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity* (D. Agosti, J.D. Majer, L.E. Alonso & T.R. Schultz, eds). Smithsonian Institution, Washington, p.122-144.
- BLAIR, R.B. 2001. Birds and butterflies along urban gradients in two ecoregions of the United States: Is urbanization creating a homogenous fauna? In *Biotic homogenization* (J.L. Lockwood & M.L. McKinney, eds). Kluwer Academic, New York, p.33-56. http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4615-1261-5_3
- BOLTON, B. 1994. Identification guide to the ant genera of the world. Harvard University Press, Cambridge.
- BUCZKOWSKI, G. & RICHMOND, D.S. 2012. The Effect of Urbanization on Ant Abundance and Diversity: A Temporal Examination of Factors Affecting Biodiversity. *PLoS ONE* 7:e41729. PMID:22876291 PMCid:PMC3410901. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0041729>
- CAMPOS, R.I., LOPES, C.T., MAGALHÃES, W.C.S. & VASCONCELOS, H.L. 2008. Estratificação vertical de formigas em cerrado *strictu sensu* no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, Goiás, Brasil. *Iheringia Ser. Zool.* 98(3):311-316. <http://dx.doi.org/10.1590/S0073-47212008000300004>
- CHAO, A. 1987. Estimating the population size for capture-recapture data with unequal catchability. *Biometrics* 43(4):783-791. <http://dx.doi.org/10.2307/2531532>
- CHAO, A., COLWELL, R.K., LIN, C.W. & GOTELLI, N.J. 2009. Sufficient sampling for asymptotic minimum species richness estimators. *Ecology* 90(4):1125-1133. PMID:19449706. <http://dx.doi.org/10.1890/07-2147.1>
- COLWELL, R.K. 2006. EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Share Species from Samples (Software and User's Guide). versão 8. <http://viceroy.eeb.ucon.edu/estimates>. (último acesso EM 30/10/2012).
- COLWELL, R.K., MAO C.X. & CHANG, J. 2004. Interpolating, Extrapolating, and Comparing Incidence-Based Species Accumulation Curves. *Ecology* 85(10):2717-2727. <http://dx.doi.org/10.1890/03-0557>
- COSTA, S.B.D., PELLI, A., CARVALHO, G.P., OLIVEIRA, A.G., SILVA P.R., TEIXEIRA, M.M., MARTINS, E., TERRA, A.P.S., RESENDE, E.M., OLIVEIRA, C.C.H.B., MORAIS, C.A. 2006. Formigas como vetores mecânicos de microorganismos no Hospital Escola da Universidade Federal do Triângulo Mineiro. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.* 39(6):527-529. PMID:17308696. <http://dx.doi.org/10.1590/S0037-86822006000600003>
- DELLA LUCIA, T.M.C. 1993. As formigas cortadeiras. Editora Folha da Mata, Viçosa.
- FARNEDA, F.Z., LUTINSKI, J.A. & GARCIA, F.R.M. 2007. Comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) na área urbana do município de Pinhalzinho, Santa Catarina, Brasil. *Rev. Ciênc. Amb.* 1:53-66.
- FERNÁNDEZ, F. 2003. Introducción a las hormigas de la región neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- GALINDO-LEAL, C. & CÂMARA, I.G. 2003. The Atlantic Forest of South America. Biodiversity Status, Threats, and Outlook. Island Press, Washington.
- GONÇALVES, C.R. 1961. O Gênero *Acromyrmex* no Brasil. *Stud. Entomol.* 4:113-180.
- GOTELLI, N.J. & COLWELL, R.K. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecol. Lett.* 4:379-391. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1461-0248.2001.00230.x>
- GOTELLI, N.J. & ENTSMINGER, G.L. 2001. EcoSim: Null models software for ecology. Versão 7.0. Acquired Intelligence Inc. & Kesey-Bear. <http://homepages.together.net/~gentsmin/ecosim.htm>. (último acesso em 17/03/2013).
- HÖLLDOBLER, B. & WILSON, E.O. 1990. The ants. Harvard University Press, Cambridge. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-10306-7>
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 2010. <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>. (último acesso em 17/03/2013).
- IOP, S., CALDART, V.M., LUTINSKI, J.A. & GARCIA, F.R.M. 2009. Formigas urbanas da cidade de Xanxerê, Santa Catarina, Brasil. *Biotemas* 22(2):55-64.
- KAMURA, C.M., MORINI, M.S.C., FIGUEIREDO, C.J., BUENO, O.C. & CAMPOS-FARINHA, A.E.C. 2007. Ant communities (Hymenoptera: Formicidae) in an urban ecosystem near the Atlantic Rainforest. *Braz. J. Biol.* 67(4):635-641. PMID:18278314. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842007000400007>
- KEMPF, W.W. 1964. A revision of the Neotropical fungus-growing ants of the genus *Cyphomyrmex* Mayr. Part I: Group of *strigatus* Mayr. *Stud. Entomol.* 7:1-44.
- KEMPF, W.W. 1965. A revision of the Neotropical fungus-growing ants of the genus *Cyphomyrmex* Mayr. Part II: Group of *rimosus* (Spinola) (Hym., Formicidae). *Stud. Entomol.* 8:161-200.
- KÖPPEN, W. 1948. Climatologia. Fundo de Cultura Econômica, Cidade do México.
- LATKÉ, J. 1995. Revision of the ant genus *Gnamptogenys* in the New World (Hymenoptera: Formicidae). *J. Hymen. Research.* 4:137-193.
- LISE, F., GARCIA, F.R.M. & LUTINSKI, J.A. 2006. Association of ants (Hymenoptera: Formicidae) with bacteria in hospitals in the State of Santa Catarina, Brazil. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.* 39(6):523-526. PMID:17308695. <http://dx.doi.org/10.1590/S0037-86822006000600002>
- LONGINO, J.T. 2003. The *Crematogaster* (Hymenoptera, Formicidae, Myrmicinae) of Costa Rica. *Zootaxa* 151:1-150.
- LONGINO, J.T. & FERNÁNDEZ, F. 2007. Taxonomic review of the genus *Wasmannia*. In *Advances in ant systematics* (Hymenoptera: Formicidae): homage to E. O. Wilson - 50 years of contributions (R.R. Snelling, B.L. Fisher & P.S. Ward, org). *Memoirs of the American Entomological Institute*, p.271-289.
- LUCK, R.F. & DAHSTEN, D.L. 1974. Natural decline of a pine needle scale (*Chionaspis pinifoliae* (Fitch)) outbreak at South Lake Tahoe, California, Following cessation of adult mosquito control with malathion. *Ecology* 56(4):893-904. <http://dx.doi.org/10.2307/1936299>
- LUTINSKI, J.A., GARCIA, F.R.M., LUTINSKI, C.J. & IOP, S. 2008. Diversidade de formigas na Floresta Nacional de Chapecó, Santa Catarina, Brasil. *Ciênc. Rural* 38(7):1810-1816. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782008000700002>
- MACIEL, L., IANTAS, J., GRUCHOWSKI-W, F.C. & HOLDEFER, D.R. 2011. Inventário da fauna de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em ambiente de sucessão ecológica florística no município de União da Vitória, Paraná. *Biod. Pampeana* 9(1):38-43.
- McINTYRE, N.E. 2000. Ecology of urban arthropods: A review and a call to action. *Ann. Entomol. Soc.* 93:825-835. [http://dx.doi.org/10.1603/0013-8746\(2000\)093\[0825:EOUAAAR\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1603/0013-8746(2000)093[0825:EOUAAAR]2.0.CO;2)
- McINTYRE, N.E., RANGO, J., FAGAN, W.F. & FAETH, S.H. 2001. Ground arthropod community structure in a heterogeneous urban environment. *Landsc. Urban Plan.* 52:257-274. [http://dx.doi.org/10.1016/S0169-2046\(00\)00122-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-2046(00)00122-5)
- McKINNEY, M.L. 2002. Urbanization, biodiversity, and conservation. *BioScience* 52(10):883-890. [http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0883:UBAC\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0883:UBAC]2.0.CO;2)
- MELO, A.S., PEREIRA, R.A.S., SANTOS, A.J., SHEPHERD, G.J., MACHADO, G., MEDEIROS, H.F. & SAWAYA, R.J. 2003. Comparing species richness among assemblages using sample units: why not use extrapolation methods to standardize different sample sizes? *Oikos* 101(2):398-410. <http://dx.doi.org/10.1034/j.1600-0706.2003.11893.x>
- MOREIRA, D.D.O., MORAIS, V., VIEIRA-DA-MOTA, O., CAMPOS-FARINHA, A.E.C. & TONHASCA JUNIOR, A. 2005. Ants as carriers of antibiotic-resistant bacteria in hospitals. *Neotrop. Entomol.* 34(6):999-1006. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2005000600017>
- NIEMELÄ, J. 1999. Ecology and urban planning. *Biodivers. Conserv.* 8(1):119-131. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1008817325994>

- OLIVEIRA, M.F. & CAMPOS-FARINHA, A.E.C. 2005. Formigas urbanas do município de Maringá, PR, e suas implicações. *Arq. Instituto Biológico*. 72:33-39.
- PACHECO, R. & VASCONCELOS, H.L. 2007. Invertebrate conservation in urban areas: ants in the Brazilian Cerrado. *Landsc. Urban Plan.* 81(3):193-199. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2006.11.004>
- PALÁCIO, E.E. & FERNÁNDEZ, F. 2003. Claves para las subfamilias y géneros. In *Introducción a las hormigas de la región neotropical* (F. Fernández, ed). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia, p.233-260.
- ROSUMEK, F.B., ULYSSÉA, M.A., LOPES, B.C., STEINER, J. & ZILLIKENS, A. 2008. Formigas de solo e de bromélias em uma área de Mata Atlântica, Ilha de Santa Catarina, sul do Brasil: Levantamento de espécies e novos registros. *Biotemas* 21(4):81-89. <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7925.2008v21n4p81>
- SANFORD, M.P., MANLEY, P.N. & MURPHY, D.D. 2008. Effects of urban development on ant communities: implications for ecosystem services and management. *Conserv. Biol.* 23(1):131-141. PMID:18778268. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.01040.x>
- SANTOS, M.S., JÚLIO, N.C., LOUZADA, N.D., ZANETTI, R., DELABIE, J.H.C. & NASCIMENTO, I.C. 2006. Riqueza de formigas (Hymenoptera, Formicidae) da serapilheira em fragmentos de floresta semidecídua da Mata Atlântica na região do Alto do Rio Grande, MG, Brasil. *Iheringia. Sér. Zool.* 96(1):95-101.
- SARMIENTO, C.E. 2003. Metodologías de captura y estudio de las hormigas. Hormigas como herramienta para la bioindicación y monitoreo. In *Introducción a las hormigas de la región neotropical* (F. Fernández, ed). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia, p.201-210.
- SILVA, E.J.E. & LOECK, A.E. 1999. Ocorrência de formigas domiciliares (Hymenoptera: Formicidae) em Pelotas, RS. *Rev. Bras. Agroc.* 5(3):220-224.
- SILVA, R.R. & SILVESTRE, R. 2000. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em Seara, Oeste de Santa Catarina. *Biotemas* 13(2):85-105.
- SILVESTRE, R., BRANDÃO, C.R.F. & SILVA, R.R. 2003. Grupos funcionales de hormigas: el caso de los gremios del cerrado. In *Introducción a las hormigas de la región neotropical* (F. Fernández, ed). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia, p.113-148.
- SOARES, S.S., ALMEIDA, L.O., GONÇALVES, C.A., MARCOLINO, M.T. & BONETTI, A.M. 2006. Levantamento da diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) na região urbana de Uberlândia, MG. *Neotrop. Entomol.* 35(3):324-328. PMID:18575691. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2006000300005>
- TABER, S.W. 1998. *The world of the harvester ants*. Texas A & M University Press, College Station.
- ULYSSÉA, M.A., CERETO, C.E., ROSUMEK, F.B., SILVA, R.R. & LOPES, B.C. 2011. Updated list of ant species (Hymenoptera, Formicidae) recorded in Santa Catarina State, southern Brazil, with a discussion of research advances and priorities. *Rev. Bras. Entomol.* 55 (4):603-611. <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262011000400018>
- UNO, S., COTTON, J. & PHILPOTT, S.M. 2010. Diversity, abundance, and species composition of ants in urban green spaces. *Urban Ecosystem.* 13:425-441. <http://dx.doi.org/10.1007/s11252-010-0136-5>
- UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME - UNDP. United Nations Environment Programme, World Bank and World Resources Institute. 2000. *A guide to world resources 2000-2001: people and ecosystems— the fraying web of life*. World Resources Institute, Washington.
- WATKINS, J.F. 1976. *The identification and distribution of New World army ants (Dorylinae: Formicidae)*. Markham Press Fund of Baylor University Press, Waco.
- WILD, A.L. 2007. Taxonomic revision of the ant genus *Linepithema* (Hymenoptera: Formicidae). *Univ. Calif. Publ. Entomol.* 126:1-159.
- YAMAGUCHI, T. 2004. Influence of urbanization on ant distribution in parks of Tokyo and Chiba City, Japan. *Ecol. Res.* 19:209-216. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1440-1703.2003.00625.x>

Recebido em 09/04/2013

Versão reformulada recebida em 16/08/2013

Publicado em 02/09/2013

Microhabitat use and diet of *Anotosaura vanzolinia* (Squamata: Gymnophthalmidae) in a Caatinga area, Brazil

Bruno Halluan Soares de Oliveira¹ & André Luiz Machado Pessanha^{2,3}

¹Laboratório de Herpetologia, Departamento de Sistemática e Ecologia, Universidade Federal da Paraíba – UFPB Campus I, Castelo Branco, CEP 58051-900, João Pessoa, PB, Brasil

²Departamento de Biologia, Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, Av. das Baraúnas, 151, Bairro Universitário, CEP 58429-500, Campina Grande, PB, Brasil

³Corresponding author: André Luiz Machado Pessanha, e-mail: andrepessanhauepb@gmail.com

OLIVEIRA, B.H.S. & PESSANHA, A.L.M. **Microhabitat use and diet of *Anotosaura vanzolinia* (Squamata: Gymnophthalmidae) in a Caatinga area, Brazil.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?article+bn03913032013>

Abstract: This study aimed to analyze the microhabitat use and diet of the lizard Gymnophthalmidae *Anotosaura vanzolinia* (Dixon 1974) in the Complexo Aluizio Campos (7° 16' 34" S, 35° 53' 7" W), an area of the Caatinga in the Campina Grande, Paraíba. We studied a total of 12 transects by active searching during the daytime. In each sample, habitat and microhabitat types occupied by the specimen were categorized, together with solar incidence and soil type. For all individuals, morphometric measurements were performed, as well as dissection for stomach content analysis. We collected a total of 46 individuals, with a snout-vent length ranging between 19 and 45 mm, collected over all habitats, with prevalence in soil and earthy litter microhabitats near rocky outcrops. The dietary analysis showed a use of items of soil fauna and identified 14 types of prey, mainly insects such as termites and ants. It was observed that smaller individuals (SVL < 30 mm) fed mainly on Hymenoptera (Family Formicidae), whereas larger individuals (SVL > 30 mm) selected Isoptera.

Keywords: fossorial lizards, feeding ecology, gymnophthalmid lizard, foraging.

OLIVEIRA, B.H.S. & PESSANHA, A.L.M. **Uso do microhabitat e dieta de *Anotosaura vanzolinia* (Squamata: Gymnophthalmidae) em uma área de Caatinga, Brasil.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?article+bn03913032013>

Resumo: O presente trabalho objetivou analisar o uso do microhabitat e a dieta do lagarto Gymnophthalmidae *Anotosaura vanzolinia* (Dixon 1974) no Complexo Aluizio Campos (7° 16' 34" S, 35° 53' 7" W), uma área de Caatinga do município de Campina Grande, Paraíba. Foram estudados ao todo 12 transectos utilizando a metodologia de busca ativa diurna. Em cada expedição foram categorizados os tipos de habitat e microhabitat ocupado pelo espécime, além de dados de incidência solar e tipagem do solo. Para os indivíduos coletados, foram tomadas medidas morfométricas além da dissecação para análise do conteúdo estomacal. Foi coletado um total de 46 indivíduos, com um comprimento rostro-cloacal variando entre 19 e 45 mm, coletados ao longo de todos os habitats, com prevalência nos microhabitats com serrapilheira e solo terroso próximo a afloramentos rochosos. A análise da dieta evidenciou uma utilização de itens da fauna edáfica, sendo identificados 14 tipos de presas, principalmente insetos como cupins e formigas. Foi observado que indivíduos menores (CRC < 30 mm) alimentam-se principalmente de Hymenoptera (Família Formicidae) enquanto os indivíduos maiores (CRC > 30 mm) selecionaram Isoptera.

Palavras-chave: lagartos fossoriais, ecologia alimentar, lagartos gimnophthalmídeos, forrageio.

Introduction

The Gymnophthalmidae, informally referred to as microteiids, comprises about 178 species occurring in wide variety of habitats in Central and South America (Pelegrino et al. 2001). A characteristic of the species that make up the family is generally the reduction or atrophy of limbs, accompanied by corporal elongation (Novaes-e-Silva & Araújo 2008, Kunz et al. 2011). Among the species of microteiids, *Anotosaura vanzolinia* Dixon, 1974, is a small lizard restricted to semiarid regions of northeastern Brazil (Rodrigues 2003). This semi-fossorial lizard occurs in mesic areas with abundant leaf litter and has not been registered in open areas or the more rustic Caatinga biome (Rodrigues 2003). Currently, information concerning microteiid distribution in this ecosystem, suggests that they can be found in patches of relictual forests, with deciduous broad-leaved trees that provide an accumulation of leaf litter (Rodrigues 1986, Gogliath et al. 2010). Delfim & Freire (2007) also identify the absence of this specie in studies carried out in the Caatinga, possibly due to cryptic and fossorial habits. Further studies are necessary to clarify this issue and to identify possible distribution determinants of the species in this ecosystem.

The importance of habitats and microhabitats explored by lizards is directly related to opportunities for thermoregulation, feeding, reproduction and defense against predators, which might vary for each species (Novaes-e-Silva & Araújo 2008). Being ectothermic, lizards preferentially choose habitats and microhabitats that facilitate thermoregulation, making use of environmental variables such as air temperature, substrate and direct solar radiation (Teixeira-Filho et al. 1995). However, the relative importance of each of these heat sources might vary interspecifically with the habitat in which the lizard is found (Vargens et al. 2008). The use of different microhabitats by Brazilian lizards has been described in the Amazon rainforest (Vitt et al. 2007), in Restingas (Menezes et al. 2006), in Atlantic forest (Maia et al. 2011) and also in the Caatinga (Arzabe et al. 2005, Dias & Rocha 2007, Santana et al. 2011).

Factors that affect the diet of lizards include ontogenetic changes in prey preference, sex and foraging tactics (Vitt et al. 2003, Menezes et al. 2006). In addition, lizard diet composition might depend on the association they have with the microhabitat (Liou 2008). Vitt et al. (2008) even claim that evolutionary history plays an important role in determining differences in diet amongst lizards. Study of the diet not only generates information about the types of prey, but also data regarding foraging strategies performed by lizards, as well as the importance of prey in their diet (Cappellari et al. 2007, Kolodiuk 2008, Montechiaro 2008). Thus, the trophic relationships between lizards and their environment, together with the mode of foraging are some of the most important aspects of the ecology of these organisms (Rocha 1994). Given the current level of knowledge of the ecology of *A. vanzolinia* and its endemic condition, this research aimed to record the use of habitats and microhabitats by this microteiid, as well as their feeding habits in an ecosystem of the semiarid region of Brazil.

Material and Methods

The study area is located within the Complexo Aluizio Campos (7° 16' 34" S and 35° 53' 7" W), in the Campina Grande municipality, Paraíba State, Brazil, at an altitude of approximately 550 m a.s.l. The climate is hot and humid with an annual mean temperature between 22 °C and 28 °C and a mean relative humidity of 75% to 83% (Rocha 2011). The habitat is covered by herbaceous and shrubby vegetation, with a large number of rocky outcrops where the most represented plant families are Bromeliaceae and Cactaceae (Alves et al. 2010).

For the study, 12 quadrants of 100 m² were selected, which covered different types of vegetation and habitats. The lizards were caught during the dry season (March–April 2011) and the rainy season (July–August 2011) by an active diurnal search method (from 8.00 a.m. to 5.00 p.m.). At each site, rocks, timber, or other surface debris that might serve as lizard refuge sites, were lifted/rolled-over, in addition to making shallow excavations in the soil. To record the type of habitat and microhabitat where the specimens were found, we used the classification proposed by Delfim & Freire (2007). The habitats included: sparse shrubby vegetation, dense shrubby vegetation, sparse arboreal vegetation, dense arboreal vegetation, sparse shrubby-arboreal vegetation and dense shrubby-arboreal vegetation. The microhabitat types were: leaf litter around shrubs, leaf litter among bromeliads, leaf litter around rocky outcrops and leaf litter isolated. Differences in microhabitat use were tested using the G test (Zar 1996).

After preservation in 10% formalin and storage in 70% alcohol, snout-vent length (SVL) was measured with a digital caliper to the nearest 0.1 mm and the specimens were deposited at the Laboratory of Zoology of the Universidade Estadual da Paraíba. The lizards were dissected and their gastrointestinal contents were analyzed qualitatively and quantitatively, including the frequency of occurrence (FO%), numerical percentage (N%), and the volumetric percentage (V%). Food items were identified to the lowest possible taxonomic level. Subsequently, the Index of Relative Importance (IRI) was calculated, according to the formula $(N\% + V\%) \times FO\%$ (Pinkas et al. 1971). The data for numerical abundance of food items were used to calculate the Shannon-Wiener diversity index, which was used as an indicator of niche breadth (Krebs 1989). Two morphologic groups based on body size were categorized: individuals with an SVL < 30 mm and individuals with an SVL > 30 mm.

Results

1. Habitat and microhabitat

Forty-six specimens of *A. vanzolinia* were recorded, with a SVL ranging from 19 to 45 mm (Figure 1). The specimens were captured in the leaf litter, which was moist and consisted of a large amount of decaying matter. Among the available habitats, the microteiids were captured mainly in sparse shrubby vegetation (n = 24, 52.17%), dense shrubby vegetation (n = 7, 15.22%) and dense shrubby-arboreal vegetation (n = 7, 15.22%) (Figure 2). Analyzing the available

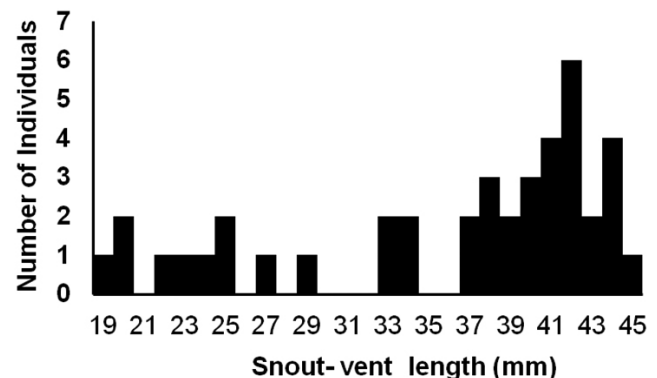


Figure 1. Histogram of the snout-vent length of *Anotosaura vanzolinia* captured in Complexo Aluizio Campos, Campina Grande, Paraíba State, Brazil.

microhabitats, the specimens were captured mainly around rocky outcrops (n = 30, 65.22%) (Figure 3). In these microhabitats, the solar incidence ranged between in shaded (n = 13, 28.26%), light filtered through the trees (n = 28, 60.87%) and sunny environments (n = 5, 10.87%). All specimens were collected on earthy soil and lizards were not recorded at sites with sandy or clayey soils. The G test showed a significant difference in the microhabitat occupied by *A. vanzolinia* ($G_{3,0.05} = 29.16$).

2. Diet

The diet of *A. vanzolinia* consisted of 14 different prey types, represented by small arthropods (Arachnida, Crustacea, Hexapoda and Diplopoda) and Gastropoda; in the case of insects, were recorded six orders, beyond the eggs and larvae of these animals. From the total number of stomachs analyzed, only three (6.81%) were found empty and Hymenoptera-Formicidae (44.74%) and Isoptera (39.47%) were the most frequent insects found (Table 1). The most numerically abundant items were eggs of invertebrates (32.42%) and Isoptera (28.33%), while volumetrically the main items were Isoptera (29.01%) and Hymenoptera (17.75%). The highest IRI values for items were for Isoptera (39.77%), followed by Hymenoptera-Formicidae (29.24%) and eggs of invertebrates (18.17%) (Table 1).

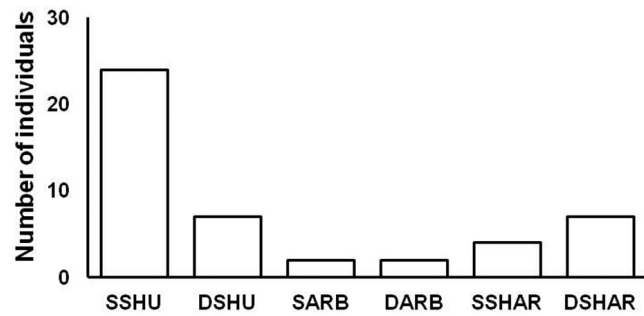


Figure 2. Number of individuals of *Anotosaura vanzolinia* by habitats at Complexo Aluízio Campos, Campina Grande, Paraíba State, Brazil, in March-April and July-August 2011. Habitats: SSHU= sparse shrubby; DSHU= dense shrubby; SARB= sparse arboreal; DARB= dense arboreal; SSHAR= sparse shrubby-arboreal and DSHAR= dense shrubby-arboreal.

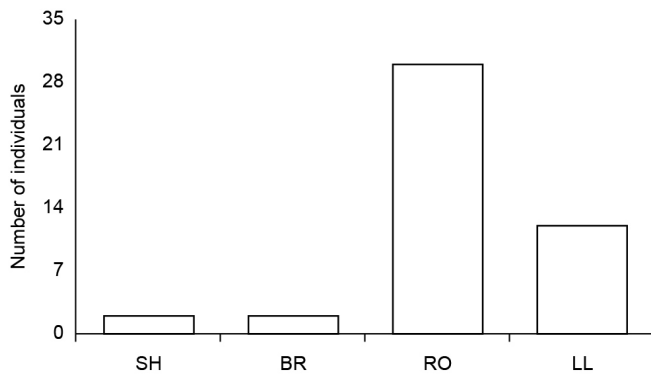


Figure 3. Number of individuals of *Anotosaura vanzolinia* by microhabitats at Complexo Aluízio Campos, Campina Grande, Paraíba State, Brazil, in March-April and July-August 2011. Microhabitats: SH= leaf litter around shrubs; BR= leaf litter among bromeliads; RO= leaf litter around rocky outcrops and LL= leaf litter isolated.

The diet of *A. vanzolinia* showed differences between body size groups. For individuals with a SVL < 30 mm, the predominant food item was Hymenoptera-Formicidae (FO% = 62.50, N% = 70.83, V% = 57.58), followed by Araneae (FO% = 25, N% = 8.33, V% = 12.12). The IRI showed higher values for Hymenoptera-Formicidae (87.46%) (Table 2). However, for individuals with a SVL > 30 mm, the most frequent food item was Isoptera (50%), followed by Hymenoptera-Formicidae (40%) and eggs of invertebrates (26.67%). The highest values of numerical abundance were recorded for eggs of invertebrates (35.32%), followed by Isoptera (30.86%) and Hymenoptera-Formicidae (14.87%) (Table 2). Volumetrically, Isoptera (30.33%), eggs of invertebrates (17.45%) and Hymenoptera-Formicidae (15.93%) again were predominant. The IRI for the group with SVL > 30 mm showed higher values for the order Isoptera (47.43%), followed by eggs of invertebrates (21.81%) and Hymenoptera-Formicidae (19.10%) (Table 2). The amplitude of the niche calculated for this species resulted in a value of $H' = 7.21$. Individuals with a SVL < 30 mm showed a niche amplitude of $H' = 0.78$, whereas that of individuals with a SVL > 30 mm was $H' = 6.43$.

Discussion

The vegetation of the Complexo Aluízio Campos can be characterized as consisting of medium-sized shrubs with an open canopy and a large amount of leaf litter, which creates an important microenvironment for occupation by *A. vanzolinia*. Thus, in terms of microhabitat use, *A. vanzolinia* is similar to other gymnophthalmids of the Amazon and Atlantic rainforest (Vitt et al. 2007, Maia et al. 2011). However, the results of this study show the use of other habitats by the species in the Caatinga, since the work of Delfim & Freire (2007) for gymnophthalmid lizards recorded only arboreal dense vegetation or dense shrubby-arboreal vegetation as a habitat. The occupation of

Table 1. Frequency of Occurrence (FO%), Numerical Percentage (N%), Volumetric Percentage (V%) and Index of Relative Importance (IRI) of food items recorded in the digestive tract of *Anotosaura vanzolinia* captured in Complexo Aluízio Campos, Campina Grande, Paraíba State (*ni = unidentified).

Prey type	FO	FN	FV	%IRI
MOLLUSCA				
Gastropoda	2.63	0.34	1.06	0.06
ARACNIDA				
Araneae	18.42	3.41	8.61	3.89
MIRIAPODA				
Diplopoda	2.63	0.34	0.40	0.03
CRUSTACEA				
Isopoda	5.26	0.68	0.93	0.15
HEXAPODA				
Isoptera	39.47	28.33	29.01	39.77
Coleoptera	15.79	3.41	4.24	2.12
Coleoptera (larvae)	5.26	0.68	0.40	0.10
Hymenoptera (Formicidae)	44.74	19.45	17.75	29.24
Diptera	7.89	1.02	0.40	0.20
Blattodea	5.26	2.05	5.03	0.65
Lepidoptera (larvae)	2.63	0.68	7.42	0.37
Insect eggs (ni)	21.05	32.42	16.69	18.17
Insect larvae (ni)	21.05	6.48	7.28	5.09
PLANT				
Plant Material	5.26	0.68	0.79	0.14

Table 2. Frequency of Occurrence (FO%), Numerical Percentage (N%), Volumetric Percentage (V%) and Index of Relative Importance (IRI) of food items recorded in the digestive tract of *Anotosaura vanzolinia* captured in Complexo Aluizio Campos, Campina Grande, Paraíba State. (SVL = snout-vent length).

Prey type	Individuals with SVL < 30 mm (n = 10)				Individuals with SVL > 30 mm (n = 33)			
	FO	FN	FV	%IRI	FO	FN	FV	%IRI
MOLLUSCA								
Gastropoda	-	-	-	-	3.33	0.37	1.11	0.08
ARACNIDA								
Aranae	25.00	8.33	12.12	5.57	12.50	2.97	8.45	2.95
MIRIAPODA								
Diplopoda	12.50	4.17	9.09	1.81	-	-	-	-
CRUSTACEA								
Isopoda	-	-	-	-	6.67	0.74	0.97	0.18
HEXAPODA								
Isoptera	-	-	-	-	50.00	30.86	30.33	47.43
Coleoptera	12.50	4.17	3.03	0.98	16.67	3.35	4.29	1.97
Coleoptera (larvae)	12.50	4.17	6.06	1.39	3.33	0.37	0.14	0.03
Hymenoptera (Formicidae)	62.50	70.83	57.58	87.46	40.00	14.87	15.93	19.10
Diptera	-	-	-	-	10.00	1.12	0.42	0.24
Blattodea	-	-	-	-	6.67	2.23	5.26	0.77
Lepidoptera (larva)	-	-	-	-	3.33	0.74	7.76	0.44
Insect eggs (ni)	-	-	-	-	26.67	35.32	17.45	21.81
Insect larvae (ni)	12.50	8.33	12.12	2.79	23.33	6.32	7.06	4.84
PLANT								
Plant Material	-	-	-	-	6.67	0.74	0.83	0.16

sites with shrubby vegetation is shared with other lizards of the family, such as *Acratosaura mentalis* (Amaral 1933) (Delfim & Freire 2007).

The abundance of *A. vanzolinia* was greatest in the leaf litter around rocky outcrops, covered by hyper-xerophile vegetation. In another study in the Caatinga, the species was found only at the base of a rocky outcrop (Rodrigues 1986). However, Rodrigues (2003), characterized the species of the Caatinga as relictual, because *A. vanzolinia* demonstrated a preference for habitats with dense vegetation and a microenvironment of milder temperatures. Northeastern Brazil is composed of residual reliefs, which serves as evidence of present and former integration between the Atlantic forest and the Caatinga, as shown by Borges-Nojosa & Caramaschi (2003). These authors highlight the importance of these ombrophile areas to the relictual fauna. The same species was also recorded in the Agrest (Vanzolini 1974) and Cariri microregion (Grizante 2009) in environmental with the same characteristics, corroborating with this study.

The substrate type was highly influential for the distribution of lizards. The preference for a substrate rich in organic matter facilitates the movement and burrowing habit as compared to a clayey or more compacted substrate. These data corroborate those of Freire (1996) and Delfim & Freire (2007), where *A. vanzolinia* is characterized by a substrate with these characteristics, in contrast to other species of the same family, which were found on different substrates, such as *Vanzosaura rubricauda* (Boulenger, 1902), which inhabited sandy or clayey soil. The morphology is primarily correlated with its fossorial habit and consequently with the type of microhabitat that the species chooses to utilize, suggesting they use more of the physical properties among substrates (Grizante 2009). The evolution of the morphology and limb reduction has been suggested to be adaptive for fossorial locomotion by subterranean crawl or locomotion by

ripples in environments with leaf litter (Grizante 2009, Roscito 2010, Barros et al. 2011).

The diet of *A. vanzolinia* was composed of 14 prey types, comprising mostly social or isolated arthropods. Anaya-Rojas et al. (2010) studied the diet of *Ptychoglossus bicolor* and observed 11 prey types in its diet, which was mainly composed of isopods. The high proportion of Isoptera in the diet of *Anotosaura vanzolinia* is indicative of opportunistic behavior, as there were a large number of nests of these organisms in the study area. Termites maintain trails connecting nests to food sources using pheromones, which are intercepted by active foragers that mainly use chemoreception to detect prey (Novaes-e-Silva & Araújo 2008).

The body shape and fossorial habit of *A. vanzolinia* characterize it as an active forager, capturing a range of prey with low mobility or with social behavior, such as termites (Menezes et al. 2006). Predation on small social insects is generally considered advantageous for lizards because it represents a concentrated and plentiful food at a relatively low energy cost, since lizards with this type of foraging have a high level of physical activity and energy expenditure (Novaes-e-Silva & Araújo 2008). Other prey are restricted in movement (insect larvae) or immobile (insect eggs), indicating the opportunism of the species. The conservation of food preferences in the Gymnophthalmidae might have permitted the extensive radiation of the family into fossorial microhabitats (Barros et al. 2011).

Furthermore, the species also fed on prey that had a greater mobility, such as beetles and spiders, as well as ants that also have social grouping. This behavior can also be considered opportunistic, due to the leaf litter environment used by the lizard, since active foragers invest in exploiting the availability of food items in their habitat (Novaes-e-Silva & Araújo 2008).

The species showed a high niche amplitude ($H' = 7.21$) compared to other Gymnophthalmidae lizards such as *Vanzosaura rubricauda*

(Boulenger, 1902) ($H' = 0.95$) and *Micrablepharus maximiliani* (Reinhardt & Luetken 1862) ($H' = 1.46$) in the Brazilian Cerrado (Aquino 2010). These differences reflect the greater number of prey items in the diet of *A. vanzolinia*, characterizing it as a generalist species. Species of other families of active forager lizards such as the Anguidae *Ophiodes fragilis* Raddi 1820, have also been characterized as generalist species (Montechiaro 2008). Larger lizards have larger niche amplitude than smaller lizards and thus, Novaes-e-Silva & Araújo (2008) suggested that active foragers establish a search circuit from a central point, which is used for sleeping and as the lizard grows, the search circuit increases, as well as the size of the prey eaten.

The ingestion of ants by lizards that forage actively is uncertain, although there are records of ant predation by other active lizard foragers, such as those of the Gymnophthalmidae family (Albuquerque 2010, Silva 2008). The orders Araneae and Coleoptera were also items identified as important in the diet of organisms in this study, although more frequently for smaller lizards. Albuquerque (2010) reported spiders as an important component of the diet of *Arthrosaura reticulata* (O'Shaughnessy, 1881) and *Cercosaura ocellata* (Wagler, 1830), which showed a high numeric and volumetric intake of prey. Silva (2008) showed a high rate of consumption of Coleoptera by *Dryadosaura nordestina* Rodrigues, Freire, Pellegrino & Sites Jr., 2005 in an Atlantic Forest area in the Northeast Brazil. Food preferences appear to be relatively conserved throughout the phylogeny of the group, which might be one reason for the extensive radiation of gymnophthalmids into fossorial microhabitats (Barros et al. 2011).

Studies on the trophic ecology of lizards, especially concerning active foragers, have shown that species have specific diets (generalist or specialist), according to the environment they inhabit (Albuquerque 2010, Aquino 2010, Montechiaro 2008, Silva 2008), which contradicts previous suggestions that the diet of lizard species depends on their type of foraging ("sit-and-wait" or active foraging). From this perspective, the importance of further ecological studies on lizard species are necessary, as suggested by Rodrigues (2003), who indicated that certain species of lizards (including *A. vanzolinia*) are currently being looked at in a generalized manner due to the absence of more detailed studies.

References

- ALBUQUERQUE, S. 2010. Composição faunística e ecologia dos lagartos da floresta do Baixo Rio Môa – Acre. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Acre, Rio Branco.
- ALVES, L.S., ALBUQUERQUE, H.N., BARBOSA, J.S. & AGUIAR, C.B. 2010. Ações Socioeducativas e ambientais no Complexo Aluizio Campos. Rev. Bras. Info. Cient. 1(1):13-21.
- ANAYA-ROJAS, J.M., SERRANO-CARDOZO, V.H. & RAMÍREZ-PINILLA, M.P. 2010. Diet, microhabitat use, and thermal preferences of *PtychoGLOSSUS bicolor* (Squamata: Gymnophthalmidae) in an organic coffee shade plantation in Colombia. Pap. Avulsos Zool. 50(10):159-166.
- AQUINO, D.C.P.S. 2010. Dieta e sobreposição de nicho trófico de duas espécies sintópicas de lagartos gimnoftalmídeos do Cerrado e do Pantanal do Mato Grosso do Sul, Brasil. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande.
- ARZABE, C., SKUK, G., SANTANA, G.G., DELFIM, F.R., LIMA, Y.C.C. & ABRANTES, S.H.F. 2005. Herpetofauna da área de Curimataú, Paraíba. In Análise das variações da biodiversidade do bioma Caatinga: Suporte a estratégias regionais de conservação (F.S. Araújo, M.J.N. Rodal & M.R.V. Barbosa, eds.) Brasília, 434p.
- BARROS, F.C., HERREL, A. & KOHLSDORF, T. 2011. Head shape evolution in Gymnophthalmidae: does habitat use constrain the evolution of cranial design in fossorial lizards? J. Evol. Biol. 24:2423-2433. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1420-9101.2011.02372.x>
- BORGES-NOJOSA, D. & CARAMASCHI, U. 2003. Composição e análise comparativa da diversidade das afinidades biogeográficas dos lagartos e anfisbenídeos (Squamata) dos brejos nordestinos. In Ecologia e Conservação da Caatinga. (I.R. Leal, M. Tabarelli & J.M.C. Silva, eds.). Editora Universitária da UFPE, Recife, p.463-512.
- CAPPELLARI, L.H., LEMA, T., PRATES JUNIOR, P. & ROCHA, C.F.D. 2007. Diet of *Teius oculatus* (Sauria, Teiidae) in southern Brazil (Dom Feliciano, Rio Grande do Sul). Iheringia, Sér. Zool. 97(1):31-35.
- DELFIN, F.R. & FREIRE, E.M.X. 2007. Os lagartos gimnoftalmídeos (Squamata: Gymnophthalmidae) do Cariri Paraibano e do Seridó do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil: Considerações acerca da distribuição geográfica e ecologia. Oecol. Bras. 11(3):365-382. <http://dx.doi.org/10.4257/oeco.2007.1103.07>
- DIAS, E.J.R. & ROCHA, C.F.D. 2007. Niche differences between two sympatric whiptail lizards (*Cnemidophorus abbaensis* and *C. ocellifer*, Teiidae) in the restinga habitat of northeastern Brazil. Braz. J. Biol. 67(1):41-46. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842007000100006>
- FREIRE, E.M.X. 1996. Estudo ecológico e zoogeográfico sobre a fauna de lagartos (Sauria) das Dunas de Natal, Rio Grande do Norte e da Restinga de Ponta de Campina, Cabedelo, Paraíba, Brasil. Rev. Bras. Zool. 13(4):903-921. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81751996000400012>
- GOGLIATH, M., RIBEIRO, L.B. & FREIRE, E.M.X. 2010. Geographic distribution. *Anotosaura vanzolinia* (NCN). Brazil: Rio Grande do Norte. Herpetol. Rev. 41: 243-243.
- GRIZANTE, M.B. 2009. Relações evolutivas entre ecologia e morfologia serpentina de lagartos microteídeos (Sauria: Gymnophthalmidae). Dissertação de mestrado, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.
- KOLODIUK, M.F. 2008. Dieta e comportamento de forrageio de duas espécies de *Tropidurus* (Squamata, Tropiduridae) em uma área de Caatinga do Nordeste do Brasil. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- KUNZ, T.S., GHIZONI-JR, I.V. & GRAIPE, M.E. 2011. Reptilia, Squamata, Gymnophthalmidae, *Eupleopus gaudichaudi* Duméril and Bibron, 1839: Distribution extension in the state of Santa Catarina, Brazil. Check List. 7:11-12.
- KREBS, C. J. 1989. Ecological Methodology. Harper and Row Publishers, New York, 654p.
- LIU, N.S. 2008. História natural de duas espécies simpátricas de *Enyalio* (Squamata, Leiosauridae) na Mata Atlântica do sudeste brasileiro. Dissertação de mestrado, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- MAIA, T., ALMEIDA-GOMES, M., SIQUEIRA, C.C., VRCIBRADIC, D., KIEFER, M.C. & ROCHA, C.F.D. 2011. Diet of the lizard *Eupleopus gaudichaudii* (Gymnophthalmidae) in Atlantic Rainforest, state of Rio de Janeiro, Brazil. Zoologia. 28(5):587-592. <http://dx.doi.org/10.1590/S1984-46702011000500006>
- MENEZES, V.A., AMARAL, V.C., SLUYS, M.V. & ROCHA, C.F.D. 2006. Diet and foraging of the endemic lizard *Cnemidophorus littoralis* (Squamata, Teiidae) in the Restinga de Jurubatiba, Macaé, RJ. Rev. Bras. Biol. 66(3):803-807.
- MONTECHIARO, L. 2008. Biologia de *Ophiodes fragilis* (Squamata: Anguidae): dieta e reprodução, no Sul do Brasil. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- NOVAES-E-SILVA V. & ARAÚJO, A.F.B. 2008. Ecologia dos lagartos brasileiros. Ed. Technical Books, Rio de Janeiro, 256p.
- PELEGRINO, K.C.M., RODRIGUES, M.T., YONENAGA-YASSUDA, Y. & SITES, J.W. 2001. A molecular perspective on the evolution of microteiid lizards (Squamata, Gymnophthalmidae), and a new classification for the family. Biol. J. Linn. Soc. 74:315-338.
- PINKAS, L., OLIPHONT, M.S. & IVERSON, I.L.K. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. Fish Bull. 152:1-105.

- ROCHA, C.F.D. 1994. Introdução à ecologia de lagartos brasileiros. In Herpetologia no Brasil, 1. (L.B. Nascimento, A.T. Bernardes & G.A. Cotta, eds.). PUC-MG, Fundação Biodiversitas, Fundação Ezequiel Dias, Belo Horizonte.
- ROCHA, H.L.S. Campina Grande: Dados geográficos. <http://www.argonavis.com.br/helder/paraiba/campina/geografia.html> (último acesso em 19/09/2011).
- RODRIGUES, M.T. 1986. Uma nova espécie do gênero *Phyllopezus* de Cabaceiras: Paraíba: Brasil; com comentários sobre a fauna de lagartos da área (Sauria, Gekkonidae). Pap. Avulsos Zool. 36:237-250.
- RODRIGUES, M.T. 2003. Herpetofauna da Caatinga. In Ecologia e Conservação da Caatinga. (I.R. Leal, M. Tabarelli & J.M.C. Silva, eds.). Editora Universitária da UFPE, Recife, p.181-231.
- ROSCITO, J.G. 2010. Desenvolvimento embrionário e a evolução da fossorialidade nos lagartos da tribo Gymnophthalmi (Squamata, Gymnophthalmidae). Tese de doutorado, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- SANTANA, D.O., FARIA, R.G., RIBEIRO, A.S., OLIVEIRA, A.C.F., SOUZA, B.B., OLIVEIRA, D.G., SANTOS, E.D.S., SOARES, F.A.M., GONÇALVES, F.B., CALASANS, H.C.M., VIEIRA, H.S., CAVALCANTE, J.G., MARTEIS, L.S., ASCHOFF, L.C., RODRIGUES, L.C., XAVIER, M.C.T., SANTANA, M.M., SOARES, N.M., FIGUEIREDO, P.M.F.G., BARRETTO, S.S.B., FRANCO, S.C. & ROCHA, S.M. 2011. Utilização do microhabitat e comportamento de duas espécies de lagartos do gênero *Tropidurus* numa área de Caatinga no Monumento Natural Grota do Angico. Scientia Plena. 7(4):1-9.
- SILVA, U.G. 2008. Diversidade de espécies e ecologia da comunidade de lagartos de um fragmento de Mata Atlântica no Nordeste do Brasil. Dissertação de Mestrado, Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- TEIXEIRA-FILHO, P.F., ROCHA, C.F.D & RIBAS, S.C. 1995. Aspectos da ecologia termal e uso do habitat por *Cnemidophorus ocellifer* (Sauria: Teiidae) na Restinga da Barra de Maricá, RJ. Oecol. Bras. 1:155-165
- VANZOLINI, P.E. 1974. Ecological and geographical distribution of lizards in Pernambuco, Northeastern Brasil (Sauria). Pap. Avulsos Zool. 18(4):61-69.
- VARGENS, M.M.F., DIAS, E.J.R. & LIRA-DA-SILVA, R.M. 2008. Ecologia térmica, período de atividade e uso de microhabitat do lagarto *Tropidurus hygomi* (Tropiduridae) na restinga de Abaeté, Salvador, Bahia, Brasil. Bol. Mus. Biol. Mello Leitao. 23:143-156.
- VITT, L.J., PIANKA, E.R., COOPER-JUNIOR, W.E. & SCHWENK, K. 2003. History and the global ecology of Squamate Reptiles. Am. Nat. 162(1):44-61. <http://dx.doi.org/10.1086/375172>
- VITT, L.J., AVILA-PIRES, T.C.S., ESPOSITO, M.C., SARTORIUS, S.S. & ZANI, P.A. 2007. Ecology of *Alopoglossus angulatus* and *A. atriventris* (Squamata, Gymnophthalmidae) in western Amazonia. Phylomedusa. 6:11-21.
- VITT, L.J., MAGNUSSON, W.E., AVILA-PIRES, T.C.S. & LIMA, A.P. 2008. Guia de Lagartos da Reserva Adolpho Ducke, Amazônia Central. Ed. Attema, Manaus, 176p.
- ZAR, J.H. 1996. *Biostatistical Analysis*. 3rd ED. Prentice May. Englewoods Cliffs, 662p.

Received 09/28/2012

Revised 08/21/2013

Accepted 09/18/2013

Insect galls of the xeric vegetation of Ilha do Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ, Brazil)

Valéria Cid Maia^{1,3} & Marcelo da Costa Souza²

¹Departamento de Entomologia, Museu Nacional, Quinta da Boa Vista, São Cristóvão, CEP 20940-040, Rio de Janeiro, RJ, Brazil

²Departamento de Botânica, Museu Nacional, Quinta da Boa Vista, São Cristóvão, CEP 20940-40, Rio de Janeiro, RJ, Brazil

³Corresponding author: Valéria Cid Maia, e-mail: maiavcid@acd.ufjf.br

MAIA, V.C. & SOUZA, M.C. **Insect galls of the xeric vegetation of Ilha do Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ, Brazil)**. Biota Neotrop. 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?inventory+bn02213032013>

Abstract: The xeric vegetation of Ilha do Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ) was investigated for insect galls, in May, June and August of 2012, totalizing 24 hours of field work. Forty-five morphotypes of insect galls were found on 29 species of host plant (25 genera and 18 families). Asteraceae and Myrtaceae were the most galled plant families. Leaves were the most galled plant organ, with ca. 62% of the total, followed by stems (ca. 22%). Globoid and fusiform galls were the most frequent with about 29% and 24%, respectively. The majority was glabrous (ca. 91%), and one-chambered (ca. 84%). Gallers of 30 morphotypes were determined. They belong to Diptera (Cecidomyiidae), and Lepidoptera. The former was the most frequent. Larvae of Muscomorpha (Diptera) (probably inquilines) were found in a single gall morphotype; parasitoids (Hymenoptera) in seven (ca. 15% of the total), and predators (pseudoscorpion) in a single one. As there is no previous data of insect galls of Ilha do Cabo Frio, all records presented here are new. The geographic distribution of nine species of gall midges (Diptera, Cecidomyiidae) is widened. For the first time, eleven plant species are recorded as host of galling insects, and 24 gall morphotypes are described.

Keywords: *galling insects, interaction insect-plant, host plants, island.*

MAIA, V.C. & SOUZA, M.C. **Galhas de insetos da vegetação xérica da Ilha do Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ, Brasil)**. Biota Neotrop. 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?inventory+bn02213032013>

Resumo: A vegetação xérica da Ilha do Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ) foi investigada à procura de galhas de insetos em maio, junho e agosto de 2012, totalizando 24 horas de trabalho de campo. Quarenta e cinco morfotipos de galhas foram encontrados em 29 espécies de plantas hospedeiras (25 gêneros e 18 famílias). Asteraceae e Myrtaceae foram as famílias de planta com maior riqueza de galhas. Os órgãos vegetais mais galhados foram folha (cerca de 62% do total) e caule (cerca de 22%). Galhas globóides e fusiformes foram mais frequentes com cerca de 29% e 24%, respectivamente. A maioria era glabra (cerca de 91%) e unilocular (cerca de 84%). Os galhadores de 30 morfotipos foram determinados. Eles pertencem a Diptera (Cecidomyiidae) e Lepidoptera. Os primeiros foram mais frequentes. Larvas de Muscomorpha (Diptera) (provavelmente inquilinas) foram encontradas em um único morfotipo, parasitóides (Hymenoptera) em sete (cerca de 15% do total) e predadores (pseudoscorpídeos) em um. Como não havia informação prévia de galhas de insetos na Ilha do Cabo Frio, todos os registros apresentados aqui são novos. A distribuição geográfica de nove espécies de Cecidomyiidae (Diptera) é ampliada. Pela primeira vez, onze espécies de plantas são assinaladas como hospedeiras de galhas e 24 morfotipos de galhas são descritos.

Palavras-chave: *insetos galhadores, interação inseto-planta, plantas hospedeiras, ilha.*

Introduction

Galls are abnormal growth of plant tissues in response to a specific stimulus, usually produced by insects (Shorthouse & Rohfritsch 1992). From an evolutionary point of view, galls can be seen as adaptations that allowed some insect taxa to feed on high quality tissues, and protect themselves from natural enemies and harsh abiotic factors (Price et al. 1986). The majority of galling insects are host-plant and plant-organ specific, and gall morphology is specific to each inducer (Floate et al. 1996).

The main objective of this paper is to elaborate an inventory of the gall insects of Ilha do Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ, Brazil). Ilha do Cabo Frio is localized in the municipality of Arraial do Cabo, Far East of the State of Rio de Janeiro. The island has an elongate shape and spreads over an area of ca. 6.5 km². The highest altitude is 390 m above sea level. The climate is semi-arid, with average temperature varying from 20° to 26 °C and 800mm of annual rain fall. It is part of the Cabo Frio Region, an important centre of plant diversity of the Neotropical region, due to the presence of several endemic *taxa* and unique plant communities, which are related to both a dry climate and a heterogeneous physical environment (Bohrer et al. 2009). Fabaceae, Myrtaceae, Euphorbiaceae, Nyctaginaceae, Sapotaceae, and Sapindaceae are the most common plant families in the Cabo Frio Region (Farág 1999, Rizzini 1987). The vegetation of the Ilha do Cabo Frio is classified as dry seasonal forest (Bohrer et al. 2009), and includes remnants of the caatinga (Uruahy 1987). Nowadays, the island is under the Brazilian Navy control.

Material and Methods

Insect galls were collected in May, June and August, 2012 along the pathway to the new beacon (23° 00' 11" S and 42° 00' 21" WO). The plants were investigated for insect galls during eight hours per month, totalizing 24 hours. All organs were examined, except for the subterranean roots. Samples of host plants, preferably in the fertile state, were pressed in the field and later identified by MCS. The spelling of botanical species names and authorship were verified in <http://www.theplantlist.org> (accessed on 28 of November, 2012).

All gall morphotypes were photographed in field, using a digital photographic camera. Each morphotype was characterized based on shape (according to Isaias et al. 2013), color, presence or absence of trichomes, and number of internal chambers.

Immature insects were obtained by dissection of each kind of gall under a stereoscopic microscope. Pupal exuviae and adults were obtained by keeping samples of each gall morphotype individually in plastic pots layered at the bottom with damp cotton and covered by fine screening. All pots were checked daily for adults' emergence.

All insects were preserved in 70% alcohol. The gall midges (Diptera: Cecidomyiidae) were later mounted on slides for microscope, following the methodology of Gagné (1994). The genera were determined based on the keys of Gagné (1994), and species were identified based on gall shape, host plant and original descriptions. All material is deposited in the collection of Museu Nacional (MNRJ)/Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Results

In Ilha do Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ), 45 morphotypes of insect galls were found on 29 species of host plant (25 genera and 18 families) (Table 1). Asteraceae was the most galled plant family, followed by Myrtaceae, with seven and six gall morphotypes, respectively. The medium number of galls per host species was 1.55.

Galls were recorded in leaves, stems, buds, tendrils and inflorescences. Leaves were the most galled plant organ, with ca. 62% of the total of the gall morphotypes, followed by stem (ca. 22%)

(Table 2). Otherwise, galls on fruits and aerial roots were not found. All morphotypes occurred in a single plant organ, excepting by the fusiform galls on *Tournefortia membranacea* DC. (Boraginaceae), which were induced on stems and leaf petioles.

The gall morphotypes were classified according to their shape in globoid (Figures 10, 14, 15, 18, 21, 25, 27, 31, 37, 39, 40, 43, and 45), fusiform (Figures 1, 2, 4, 6, 9, 16, 19, 22, 28, 41, 44), lenticular (Figures 3, 7, 8, 29, 34, 36), linear (Figures 5, 13), marginal roll (Figures 11, 17, 23, 32), ovoid (Figures 12, 26, 30), leaf roll (Figures 20, 24), cylindrical (Figure 33), deformed leaf (Figure 35), rosette (Figure 38), and clavate (Figure 42). The globoid and fusiform shapes were the most frequent ones, with about 28% and 24%, respectively (Table 3). The majority was glabrous (41 morphotypes, ca. 91%), being the remainders (4 morphotypes, ca. 09%) hairy. About 84% (38 morphotypes) were one-chambered, being 13% (06 morphotypes) multi-chambered. A single morphotype was one or multi-chambered.

The gall inducing insects of 30 morphotypes was determined: nine were identified in species, four in genera, 10 in family, and seven in order. The gallers belong to two insect orders: Diptera (Cecidomyiidae), and Lepidoptera. The former was the most frequent galling taxa, being responsible for 23 morphotypes (77% of the determined gallers) (Table 4), followed by Lepidoptera (ca. 23%). The galler of fifteen morphotypes cannot be determined, because the gall samples were collected without dwellers or occupied by parasitoids and predators.

Larvae of Muscomorpha (Diptera) (probably inquilines) were found in a single gall morphotype on *Selenicereus setaceus* (Salm-Dyck) A. Berger ex Werderm. (Cactaceae), whose inducer is *Neolasioptera cerei* (Rübsaamen, 1905) (Diptera: Cecidomyiidae).

Parasitoids (Hymenoptera) were obtained from seven morphotypes (ca. 15% of the total), and a predator (pseudoscorpion) from marginal leaf rolls of *Handroanthus* sp. (Bignoniaceae). This is the first record of pseudoscorpions in galls on Bignoniaceae.

As there is no previous data of insect galls of Ilha do Cabo Frio, all records presented here are new. The geographic distribution of nine species of gall midges (Diptera, Cecidomyiidae) is widened to the municipality of Arraial do Cabo (RJ): *Lopesia similis* Maia, 2004; *Neolasioptera cerei* (Rübsaamen, 1905); *Clinodiplosis profusa* Maia, 2001; *Neolasioptera eugeniae* Maia, 1993; *Bruggmannia elongata* Maia & Couri, 1993; *Pisphondylia brasiliensis* Couri & Maia, 1992; *Proasphondylia guapirae* Maia, 1993; *Asphondylia communis* Maia & Couri, 1993 and *Schimatodiplosis lantanae* Rübsaamen, 1916.

Eleven plant species are recorded for the first time as host of galling insects: *Baccharis bifrons* Baker, *Cyrtocymura scorpioides* (Lam.) H. Rob. (Asteraceae), *Tournefortia membranacea* DC. (Boraginaceae), *Capparis flexuosa* (L.) L. (Capparaceae), *Dalechampia micromeria* Baill. (Euphorbiaceae), *Senegalia polyphylla* (DC.) Britton & Rose (Fabaceae), *Cissampelos pareira* L. (Menispermaceae), *Heteropterys chrysophylla* (Lam.) DC. (Malpighiaceae), *Eugenia candolleana* DC., *Eugenia punicifolia* (Kunth) DC. (Myrtaceae), and *Paullinia racemosa* Wawra. Twenty-four gall morphotypes are described for the first time, the remainder was already known from other localities.

This is the second inventory of insect galls in Brazilian islands. The first one was developed in an protected area of Ilha Grande (Angra dos Reis, RJ), where 36 gall morphotypes were recorded on 22 plant species distributed in 16 families, being Myrtaceae and Asteraceae the most richest in number of gall morphotypes (Maia & Oliveira, 2010).

The following description of the insect galls were presented here under host plant families, genera and species in alphabetical order. They included gall morphological characterization, associated fauna and previous records in coastal areas of the Southeastern region of Brazil.

Table 1. Distribution of the number of insect gall morphotypes per host plant family, and species in Ilha do Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ, Brazil).

Host Plant		
Family (n= 18)	Species (n=29)	Number of insect gall morphotypes (n= 45)
Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolium</i> Raddi	01 Total: 01
Asteraceae	<i>Baccharis bifrons</i> Baker <i>Cyrtocymura scorpioides</i> (Lam.) H.Rob. <i>Dasyphyllum</i> sp. nov. <i>Trixis</i> sp.	03 01 02 01 Total: 07
Bignoniaceae	<i>Fridericia conjugata</i> (Vell.) L. G. Lohmann <i>Handroanthus</i> sp.	01 02 Total: 03
Boraginaceae	<i>Cordia curassavica</i> (Jacq.) Roem. & Schult. <i>Tournefortia membranacea</i> DC.	02 03 Total: 05
Burseraceae	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	01 Total: 01
Cactaceae	<i>Selenicereus setaceus</i> (Salm-Dyck) A. Berger ex Werderm.	01 Total: 01
Capparaceae	<i>Capparis flexuosa</i> (L.) L.	01 Total: 01
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum ovalifolium</i> Peyr.	02 Total: 02
Euphorbiaceae	<i>Croton compressus</i> Lam. <i>Dalechampia micromeria</i> Baill.	02 01 Total: 03
Fabaceae	<i>Copaifera</i> cfr.sp. <i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	01 01 Total: 02
Lamiaceae	Not det.	01 Total: 01
Malpighiaceae	<i>Heteropterys chrysophylla</i> (Lam.) DC.	01 Total: 01
Menispermaceae	<i>Cissampelos pareira</i> L.	01 Total: 01
Myrtaceae	<i>Eugenia candolleana</i> DC. <i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunth) DC. <i>Eugenia sulcata</i> Spring ex Mart <i>Eugenia uniflora</i> L.	01 01 01 03 Total: 06
Nyctaginaceae	<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz. <i>Guapira pernambucensis</i> (Casar.) Lundell	04 01 Total: 05
Olacaceae	<i>Ximenia americana</i> L.	01 Total: 01
Sapindaceae	<i>Paullinia racemosa</i> Wawra	01 Total: 01
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i> L. <i>Lantana lilacina</i> Desf.	02 01 Total: 03

Anacardiaceae*Schinus terebinthifolium* Raddi

Fusiform stem swelling, brown, glabrous, one-chambered (Figure 1). Galler: Lepidoptera. Galls collected in August. Previous records: Bertioga (SP), Grumari and Cabo Frio (Rio de Janeiro, RJ). Refs.: Maia et al. (2008), Oliveira & Maia (2005), Maia (2013).

Table 2. Distribution of insect gall morphotypes per plant organ in Ilha do Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ, Brazil).

Galled plant organ	Number of insect gall morphotypes (n=45)
Leaf	28 (62.2%)
Stem	10 (22.22%)
Bud	05 (11.11%)
Inflorescence	01 (2.22%)
Tendrils	01 (2.22%)
Stem and petiole (leaf)	01 (2.22%)

Asteraceae*Baccharis bifrons* Baker (new record of host plant)

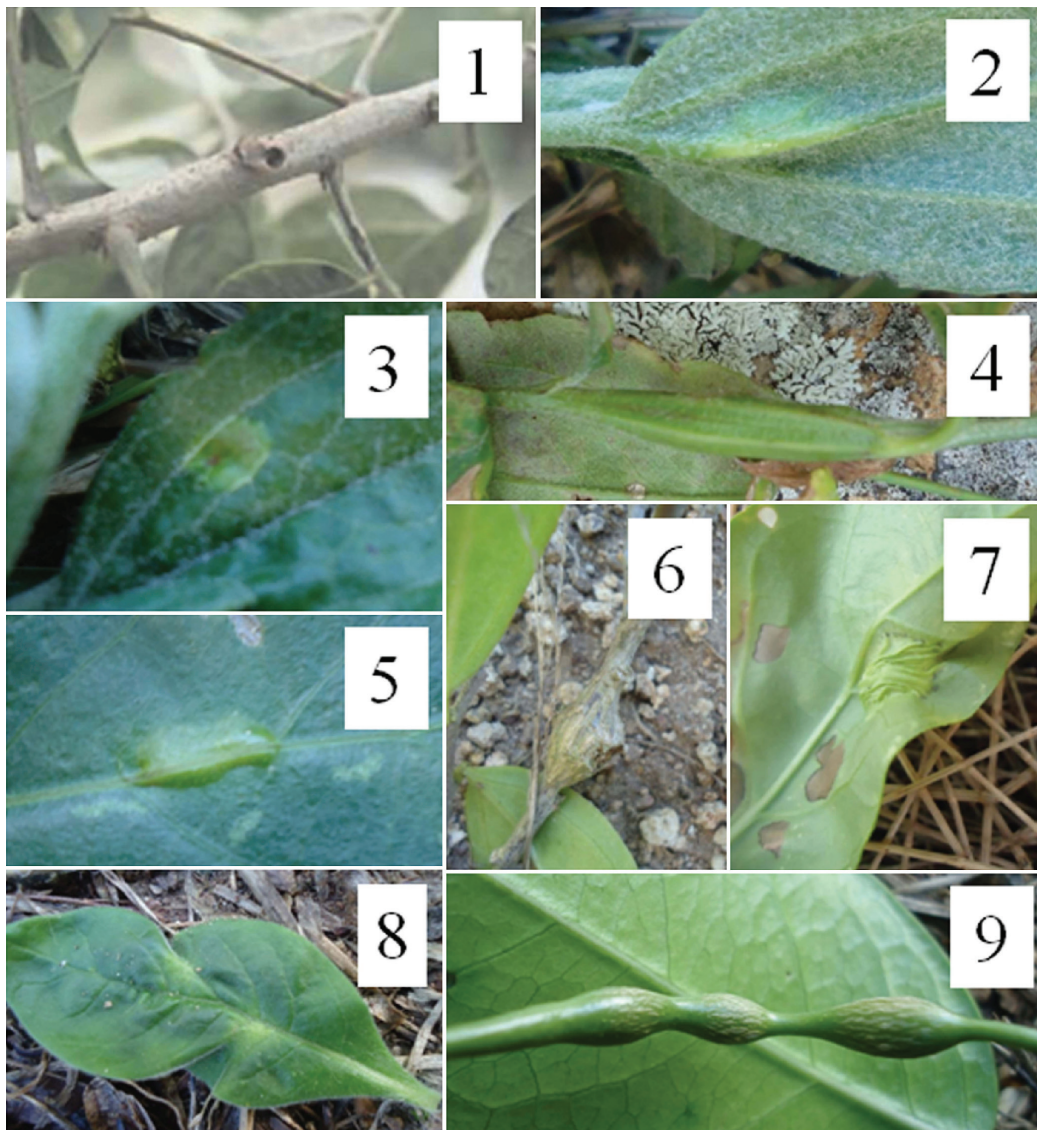
Fusiform vein swelling, green or yellowish, glabrous, one-chambered (Figure 2). Galler: Cecidomyiidae (Diptera) (1 larva de Cecidomyiidae on 23/V/2012). Galls collected in May. New gall morphotype.

Lenticular leaf gall, yellow, glabrous, one-chambered (Figure 3). Galler: not determined. Associated fauna: parasitoid (Hymenoptera: 1 adult on 25.VI.2012). Galls collected in May and June. New gall morphotype.

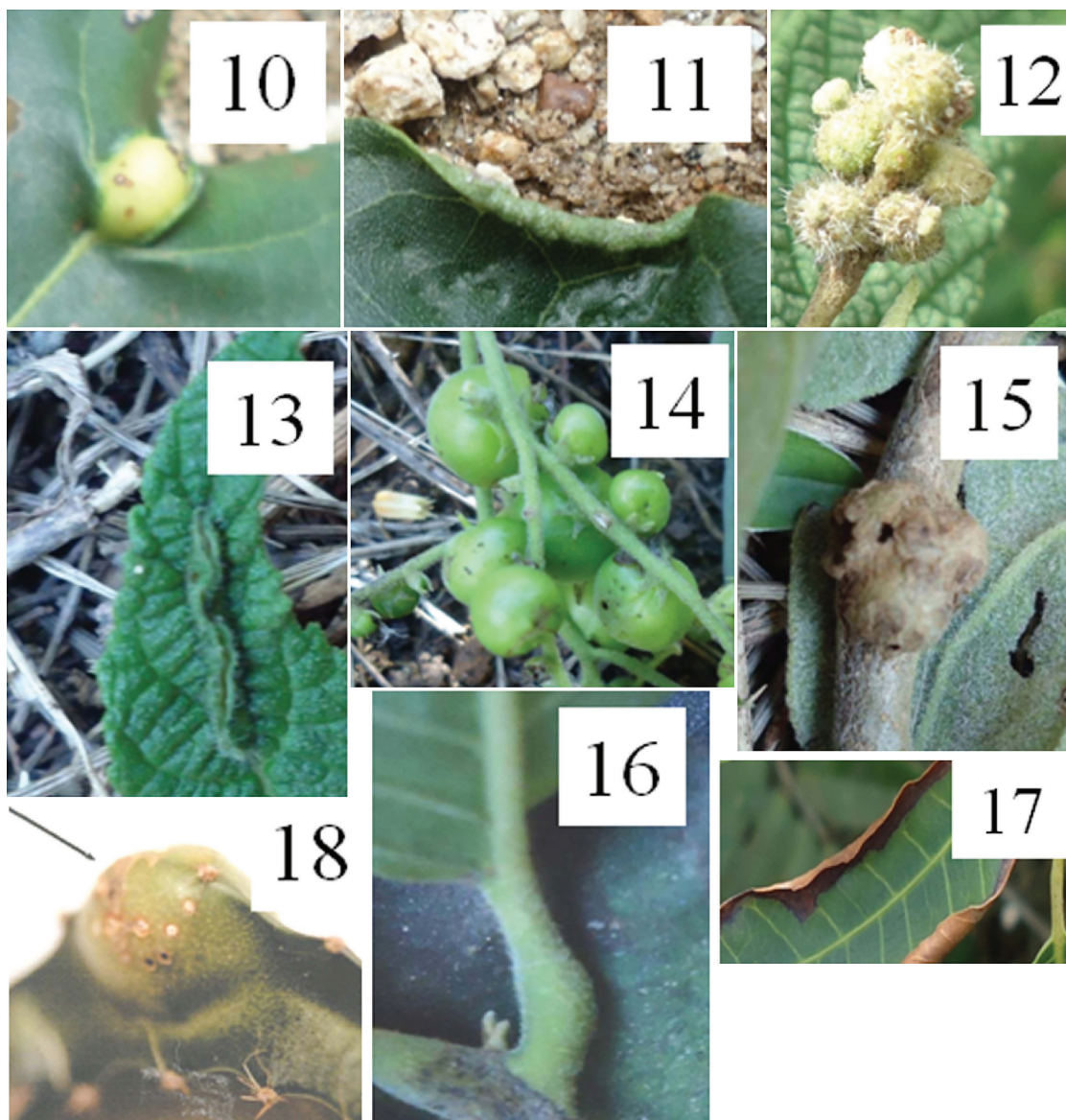
Fusiform stem swelling, green, glabrous, one-chambered (Figure 4). Galler: Lepidoptera. Galls collected in August. New gall morphotype.

Cyrtocymura scorpioides (Lam.) H. Rob. (new record of host plant)

Linear leaf gall, green, glabrous, one-chambered (Figure 5). Galler: Lepidoptera. Galls collected in May and June. New gall morphotype.



Figures 1-9. Insect galls of Ilha do Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ). 1) Stem gall on *Schinus terebinthifolium*, 2) Vein gall on *Baccharis bifrons*, 3) Lenticular leaf gall on *B. bifrons*, 4) Stem swelling on *B. bifrons*, 5) Leaf gall on *Cyrtocymura scorpioides*, 6) Stem swelling on *Dasyphyllum* sp. nov., 7) Leaf gall on *Dasyphyllum* sp. nov., 8) Leaf gall on *Trixis* sp. nov., 9) Stem swelling on *Fridericia conjugata*.



Figures 10-18. Insect galls of Ilha do Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ). 10) Globoid vein swelling on *Handroanthus* sp., 11) Marginal leaf roll on *Handroanthus* sp., 12) Inflorescence gall on *Cordia curassavica*, 13) Linear leaf gall on *C. curassavica*, 14) Bud gall on *Tournefortia membranacea*, 15) Stem swelling on *T. membranacea*, 16) Petiole swelling on *T. membranacea*., 17) Marginal leaf roll on *Protium heptaphyllum*., 18) Stem swelling on *Selenicereus setaceus*.

Table 3. Distribution of insect gall morphotypes by shape in Ilha do Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ, Brazil).

Gall shape	Number of insect gall morphotypes (n=45)
Globoid	13 (28.89%)
Fusiform	11 (24.44%)
Lenticular	06 (13.33%)
Linear	02 (4.44%)
Marginal roll	04 (8.89%)
Ovoid	03 (6.66%)
Leaf roll	02 (4.44%)
Cylindrical	01 (2.22%)
Rosette	01 (2.22%)
Clavate	01 (2.22%)
Deformed leaf	01 (2.22%)

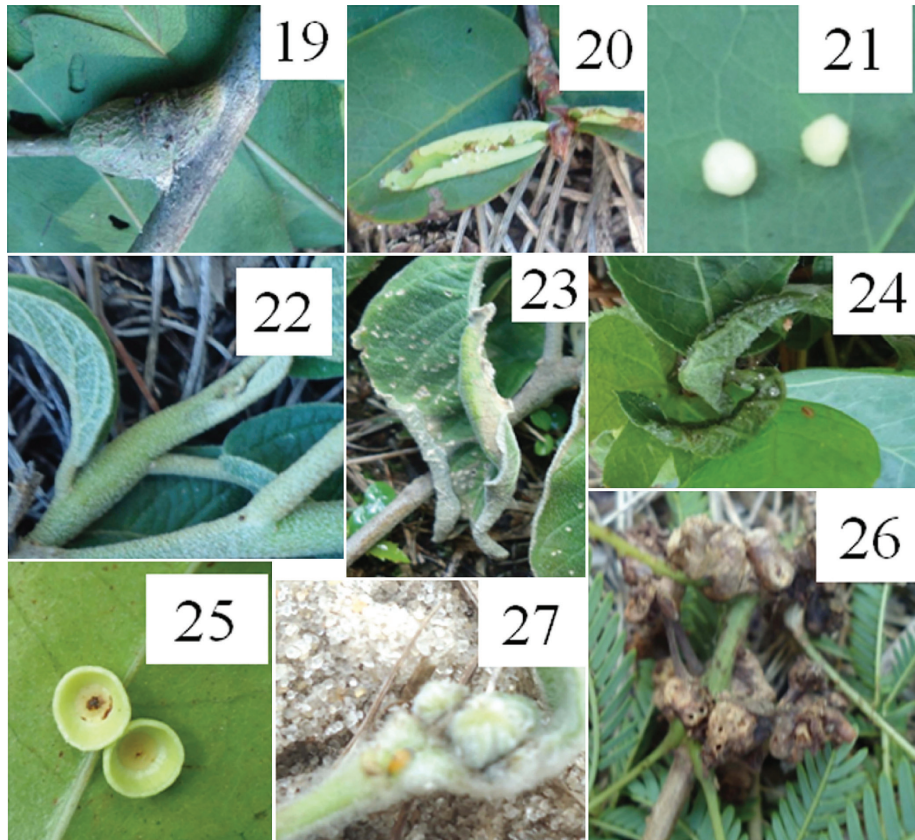
Table 4. Distribution of insect gall morphotypes by galling insect order in Ilha do Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ, Brazil).

Galling insect order	Number of gall morphotypes (n=30)
Diptera (Cecidomyiidae)	23 (77%)
Lepidoptera	07 (23%)

Dasyphyllum sp. (new record of host plant)

Fusiform stem swelling, brown, glabrous, one-chambered (Figure 6). Galler: not determined. Galls collected on May and August. New gall morphotype.

Lenticular leaf gall, green, green, glabrous, rugose, one-chambered (Figure 7). Galler: Lepidoptera (3 caterpillars on 27-28/VIII/2012). Galls collected in August. New gall morphotype.



Figures 19-27. Insect galls of Ilha do Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ). 19) Stem swelling on *Capparis flexuosa*, 20) Young leaf roll on *Erythroxylum ovalifolium*, 21) Leaf gall on *E. ovalifolium*, 22) Petiole swelling on *Croton compressus*, 23) Marginal leaf roll on *C. compressus*, 24) Leaf roll on *Dalechampia micromeria*, 25) Leaf gall on *Copaifera* cfr. sp., 26) Bud gall on *Senegalia polyphylla*, 27) Bud gall on Lamiaceae (not determined).

Trixis sp. (new record of host plant)

Lenticular leaf gall, green, glabrous, one-chambered (Figure 8).
Galler: not determined. Galls collected on June. New gall morphotype.

Bignoniaceae

Fridericia conjugata (Vell.) L. G. Lohmann

Fusiform tendril swelling, green, glabrous, one-chambered (Figure 9). Galler: *Neolasioptera* sp. (Diptera, Cecidomyiidae) (4 larvae on 26.VI.2012). Galls collected in June and August. Previous records: Maricá, Carapebus, Arraial do Cabo and Grumari (RJ) as *Arrabidaea conjugata* (Vell.) Mart. Refs.: Maia 2001, Monteiro et al. (1994), Oliveira & Maia (2005).

Handroanthus sp.

Globoid leaf vein swelling, green or yellowish, glabrous, one-chambered (Figure 10). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Associated fauna: parasitoids (2 larvae of Hymenoptera on 25.VI.2012). Galls collected in May, June and August.

Marginal leaf roll, green, glabrous, one-chambered (Figure 11). Galler: not determined. Associated fauna: predator (1 pseudoscorpion on 23.V/2012). Galls collected in May, June and August.

Boraginaceae

Cordia curassavica (Jacq.) Roem. & Schult.

Inflorescence ovoid gall, green, hairy, one-chambered (Figure 12). Galler: *Asphondylia* sp. (Diptera, Cecidomyiidae) (1 pupal exuvia on 22/V/2012). Galls collected in May, June and July. Previous

records: Bertioga (SP), Maricá, Carapebus and Cabo Frio (RJ). Refs.: Maia et al. (2008), Maia (2001, 2013).

Linear leaf gall, green, glabrous, one-chambered (Figure 13). Galler: Not determined. Galls collected in June and July. New record of gall morphotype.

Tournefortia membranacea DC. (new record of host plant)

Globoid bud gall, green, glabrous, one-chambered (Figure 14). Galler: Cecidomyiidae (Diptera) (3 larvae on 22/V/2012, 1 larva and fragments of pupal exuviae on 27-28/VIII/2012). Associated fauna: inquiline (Lepidoptera: 1 caterpillar on 22/V/2012), and parasitoids (Hymenoptera: 5 pupae on 22.V.2012). Galls collected in May, June and August. New gall morphotype.

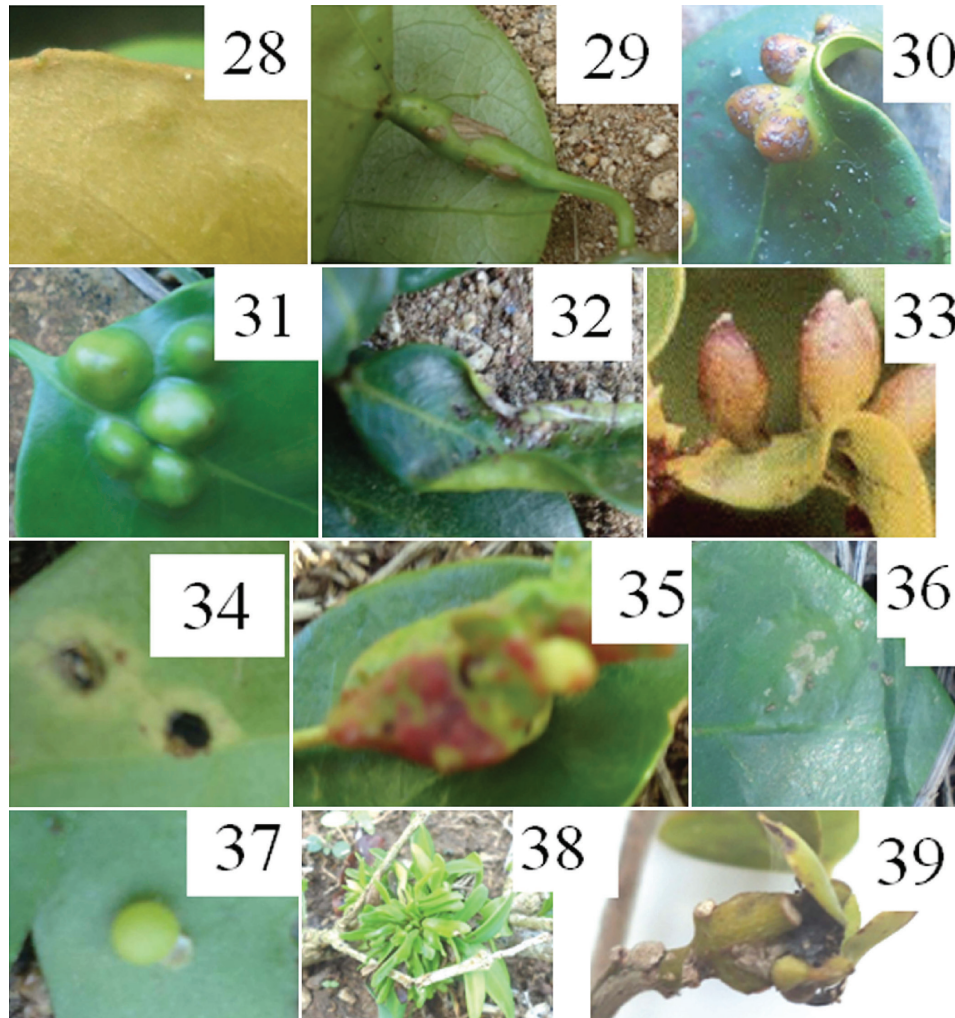
Globoid stem swelling, brown, glabrous, one or multi-chambered (Figure 15). Galler: *Asphondylia* sp. (Diptera, Cecidomyiidae) (1 pupa on 27-28/VIII/2012). Associated fauna: parasitoids (Hymenoptera: 3 pupae and 1 larva on 27-28/VIII/2012). Galls collected in June and August. New gall morphotype.

Fusiform stem and petiole swelling, green or brown, glabrous, one-chambered (Figure 16). Galler: not determined. Galls collected in June. New gall morphotype.

Burseraceae

Protium heptaphyllum (Aubl.) Marchand

Marginal leaf roll, green, glabrous, one-chambered (Figure 17). Galler: *Lopesia similis* Maia, 2004 (Diptera, Cecidomyiidae). Galls collected in May and June. Previous records: Carapebus (RJ). Ref.: Maia (2001).



Figures 28-39. Insect galls of Ilha do Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ). 28) Leaf gall on *Heteropterys chrysophylla*, 29) Petiole swelling on *Cissampelos pareira*, 30) Leaf gall on *Eugenia candolleana*, 31) Leaf gall on *Eugenia puniceifolia*, 32) Marginal leaf roll on *Eugenia sulcata*, 33) Cylindrical leaf gall on *Eugenia uniflora*, 34) Lenticular leaf gall on *E. uniflora*, 35) Deformed leaf on *E. uniflora*, 36) Lenticular leaf gall on *Guapira opposita*, 37) Globoid leaf gall on *G. opposita*, 38) Bud gall on *G. opposita*, 39) Stem swelling on *G. opposita*.

Cactaceae

Selenicereus setaceus (Salm-Dyck) A. Berger ex Werderm.

Globoid stem swelling, green glabrous, multi-chambered (Figure 18). Galler: *Neolasioptera cerei* (Rübsaamen, 1905) (Diptera: Cecidomyiidae). Associated fauna: 2 larvae of Muscomorpha on 23/V/2012. Galls collected in May and August. Previous records: Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul (Ilha Grande, Angra dos Reis), and Maricá (RJ). Refs.: Maia & Oliveira (2010), Maia (2001).

Capparaceae

Capparis flexuosa (L.) L. (new record of host plant)

Fusiform stem swelling, brown, glabrous, one-chambered (Figure 19). Galler: Lepidoptera (1 caterpillar on 25/VI/2012). Galls collected in June. New gall morphotype.

Erythroxylaceae

Erythroxylum ovalifolium Peyr.

Young leaf roll, green, glabrous, one-chambered (Figure 20). Galler: *Clinodiplosis* sp. (Diptera: Cecidomyiidae). Galls collected in May and June. Previous records: Reserva Biológica Estadual da

Praia do Sul (Ilha Grande, Angra dos Reis), Maricá and Carapebus (RJ). Refs.: Maia & Oliveira (2010), Maia (2001).

Globoid leaf gall, green or yellowish, glabrous, one-chambered (Figure 21). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Associated fauna: fragments of Hymenoptera on 25/VI/2012. Galls collected in June and August. New record of gall morphotype.

Euphorbiaceae

Croton compressus Lam.

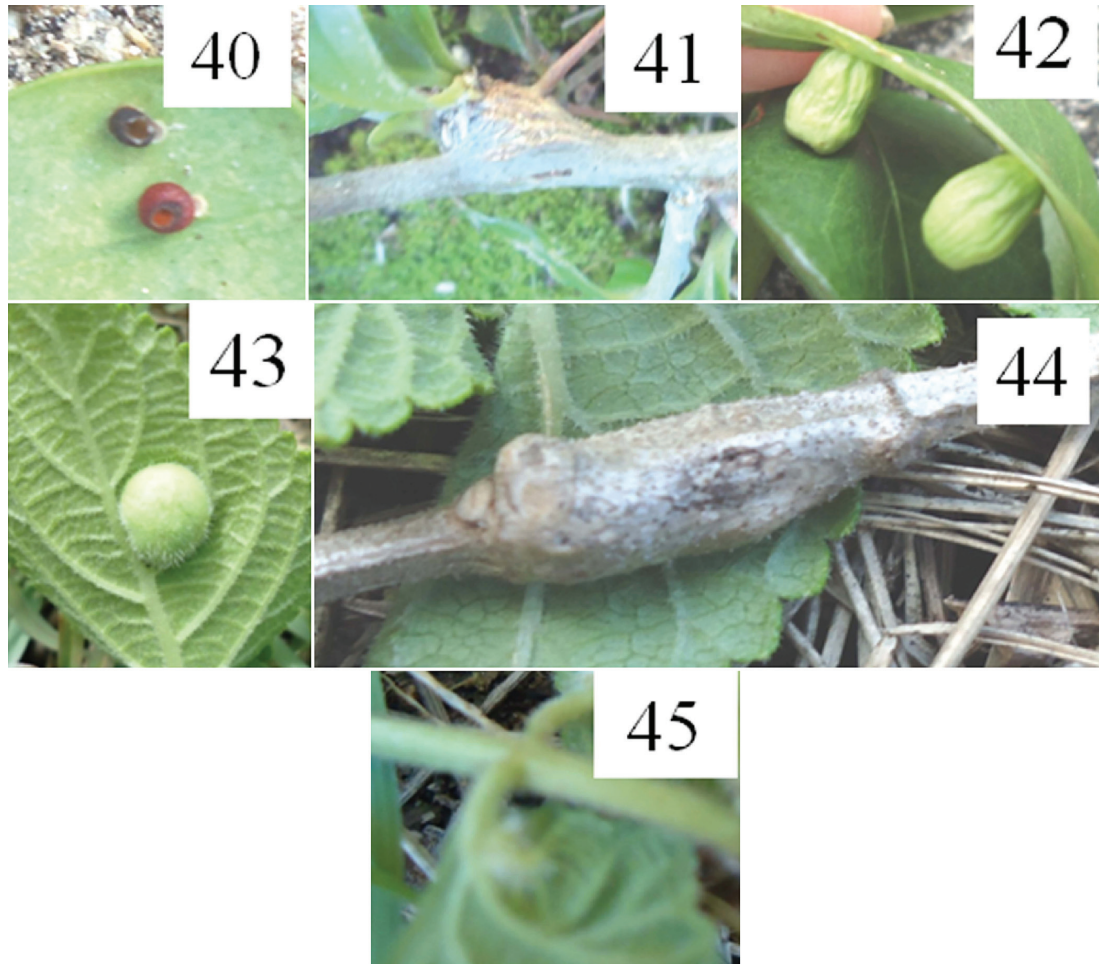
Fusiform petiole swelling, yellowish, glabrous, one-chambered (Figure 22). Galler: Lepidoptera (2 caterpillars on 23/V/2012). Galls collected on May, June and August. Previous record: Cabo Frio (RJ). Ref.: Maia 2013.

Marginal leaf roll, green, glabrous, one-chambered (Figure 23). Galler: not determined. Galls collected in June and August. New record of gall morphotype.

Dalechampia micromeria Baill. (new record of host plant)

Leaf roll, green, glabrous, one-chambered (Figure 24). Galler: not determined. Galls collected in June and August. New gall morphotype.

Insect galls of Ilha do Cabo Frio, RJ



Figures 40–45. Insect galls of Ilha do Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ). 40) Leaf gall on *Guapira pernambucensis*, 41) Stem swelling on *Ximenia americana*, 42) Leaf gall on *Paullinia racemosa*, 43) Leaf gall on *Lantana camara*, 44) Stem swelling on *L. camara*, 45) Leaf gall on *Lantana lilacina*.

Fabaceae

Copaifera sp.

Globoid leaf gall, concave, yellow, glabrous, one-chambered (Figure 25). Galler: not determined. Galls collected in May.

Senegalia polyphylla (DC.) Britton & Rose (new record of host plant)

Ovoid bud gall, green or brown, glabrous, multi-chambered (Figure 26). Galler: Cecidomyiidae (Diptera) (3 adults and 1 larva on 22/V/2012). Galls collected in May, June and August. New gall morphotype.

Lamiaceae

Not determined

Globoid apical bud gall, green, with white trichomes, one-chambered (Figure 27) Galler: Cecidomyiidae (Diptera) (2 larvae on 25/VI/2012). Galls collected on May.

Malpighiaceae

Heteropterys chrysophylla (Lam.) DC. (new record of host plant)

Lenticular leaf gall (like a spot), brown, glabrous, one-chambered (Figure 28). Galler: not determined. Galls collected in May. New gall morphotype.

Menispermaceae

Cissampelos pareira L. (new record of host plant)

Fusiform petiole swelling, green, glabrous, multi-chambered (Figure 29). Galler: Cecidomyiidae (Diptera) (5 larvae on 27-28/VIII/2012). Galls collected in August. New gall morphotype.

Myrtaceae

Eugenia candolleana DC. (new record of host plant)

Ovoid leaf gall, brown, glabrous, multi-chambered (Figure 30). Galler: not determined. Associated fauna: parasitoids (Hymenoptera, 02 larvae on 23/V/2012). Galls collected in May. New gall morphotype.

Eugenia puniceifolia (Kunth) DC. (new record of host plant)

Globoid leaf gall, green, glabrous, one-chambered (Figure 31). Galler: not determined. Galls collected in June and August. New gall morphotype.

Eugenia sulcata Spring ex Mart

Marginal leaf roll, green, glabrous, one-chambered (Figure 32). Galler: not determined. Galls collected in June. New record of gall morphotype. Maia et al. 2008 recorded two bud galls on this plant species.

Eugenia uniflora L.

Cylindrical leaf gall, green or red, glabrous, one-chambered (Figure 33). Galler: *Clinodiplosis profusa* Maia, 2001 (Diptera, Cecidomyiidae). Galls collected in May, June and July. Previous records: Maricá and Grumari (RJ). Refs.: Maia (2001), Oliveira & Maia (2005).

Lenticular leaf gall, yellowish peripherically and brown in the center, glabrous, one-chambered (Figure 34). Galler: *Neolasioptera eugeniae* Maia, 1993 (Diptera, Cecidomyiidae). Galls collected in May, June and July. Previous records: Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul (Ilha Grande, Angra dos Reis), Maricá and Grumari (RJ). Refs.: Maia & Oliveira (2010), Maia (2001), Oliveira & Maia (2005).

Deformed leaf, green or red, glabrous, one-chambered (Figure 35). Galler: not determined. Galls collected in June and July. New gall morphotype.

Nyctaginaceae*Guapira opposita* (Vell.) Reitz.

Lenticular leaf gall, green, glabrous, one-chambered (Figure 36). Galler: *Bruggmannia elongata* Maia & Couri, 1993 (Diptera, Cecidomyiidae) (1 pupal exuviae on 22/V/2012). Galls collected in May, June and August. Previous records: Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul (Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ), Maricá (RJ), Cabo Frio (RJ), Bertioga (SP). Refs.: Maia & Oliveira (2010), Maia (2001, 2013), Maia et al. (2008).

Globoid leaf gall, green, yellow or red, glabrous, one-chambered (Figure 37). Galler: Cecidomyiidae (Diptera) (2 larvae and 1 pupal exuviae on 22/V/2012). Galls collected in May and June. Previous records: Bertioga (SP). Ref.: Maia et al. 2008.

Rosette bud gall, green, glabrous, multi-chambered (Figure 38). Galler: *Pisphondylia brasiliensis* Couri & Maia, 1992 (Diptera, Cecidomyiidae) (2 young larvae on 27-28/VIII/2012). Galls collected in May, June and August. Previous records: Bertioga (SP), and Maricá (RJ). Refs.: Maia et al. (2008), Maia (2001).

Globoid stem swelling, green, glabrous, one-chambered (Figure 39). Galler: *Proasphondylia guapirae* Maia, 1993 (Diptera, Cecidomyiidae). Galls collected in August. Previous records: Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul (Ilha Grande, Angra dos Reis), Bertioga (SP), Maricá (RJ). Refs.: Maia & Oliveira (2010), Maia et al. (2008), Maia (2001).

Guapira pernambucensis (Casar.) Lundell

Globoid leaf gall, red, hairy, one-chambered (Figure 40). Galler: Cecidomyiidae (Diptera) (1 pupal exuvia on 23/V/2012, and 2 adults on 26/VI/2012). Associated fauna: parasitoid (Hymenoptera: 1 adult on 26/VI/2012). Previous record: Parque Estadual Paulo César Vinha (Guarapari, ES). Ref.: Bregonci et al. (2010).

Olacaceae*Ximenia americana* L.

Fusiform stem gall, brown, glabrous, one-chambered (Figure 41). Galler: *Asphondylia communis* Maia & Couri, 1993 (Diptera, Cecidomyiidae). Galls collected in June. Previous record: Maricá (RJ). Ref.: Maia (2001).

Sapindaceae*Paullinia racemosa* Wawra (new record of host plant)

Clavate leaf gall, green, glabrous, one-chambered (Figure 42). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Galls collected in August.

Verbenaceae*Lantana camara* L.

Globoid leaf gall, green, hairy, one-chambered (Figure 43). Galler: *Schismatodiplosis lantanae* Rübtsaamen, 1916 (Diptera, Cecidomyiidae) (3 third instar larvae in May, 2012 and 3 young larvae on 27-28/VIII/2012). Galls collected in May, June and August. Previous records: Maricá (RJ). Ref.: Maia (2001).

Fusiform stem swelling, brown, glabrous, multi-chambered (Figure 44). Galler: Lepidoptera. Galls collected in June and August. New gall morphotype.

Lantana lilacina Desf.

Globoid leaf vein swelling, green, hairy, one-chambered (Figure 45). Galler: Not determined. Associated fauna: parasitoid (Hymenoptera) (1 adult on 25.VI.2012). Galls collected in June. New gall morphotype.

Discussion

The vegetation of Ilha do Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ) presented 45 insect gall morphotypes. In other inventories in the Southeastern region of Brazil, the number of morphotypes varies a lot, being 132 the highest value and 36 the lowest (Table 5). As the frequency of the field works and the extension of the surveyed areas differed in these inventories, these values cannot be adequately compared. In spite of the methodological differences, the medium of gall morphotypes per host plant varied little (from 2.0 to 1.6). This result suggests that host plant species have a supporting capacity for galls (Table 5).

Asteraceae and Myrtaceae were pointed as the richest plant families in number of gall morphotypes. All other gall inventories in coastal areas of the Southern region of Brazil (Bertioga, Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul in Ilha Grande, Grumari, Maricá, Carapebus, Arraial do Cabo, and Parque Estadual Paulo Cesar Vinha in Guarapari) indicated Myrtaceae as the most or one of the galled family, whereas Asteraceae were indicated only in two inventories (Bertioga and Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul). The importance of Myrtaceae for restinga flora characterization is well known, being *Eugenia* the biggest genus in number of species (Rizzini 1979). Asteraceae are the one of the best represented plant family in Bertioga (Martins et al. 2008), differing from Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul, where this family is represented by few species (Araújo & Oliveira 1988). As the flora knowledge of the latter locality is still preliminary, Asteraceae can comprise more species than those already recorded. According to the plant diversity hypothesis (Fernandes 1992), the greatest richness of galls is showed by the most speciose plant families of each area. Our results corroborate this hypothesis.

Galls were found mainly in leaves. This is a world pattern pointed by Mani (1964) and corroborated in several galls inventories (Maia 2001, Maia & Fernandes 2004, Maia et al. 2008, Maia 2011).

Fusiform and globoid galls were pointed as the most common in the present paper. The predominance of globoid galls has been also pointed in other inventories, as well as fusiform galls. Glabrous and one-chambered galls were also predominant (Maia 2001, 2011, Araújo et al. 2007, Bregonci et al. 2010, Carneiro et al. 2009), suggesting that this is the most common gall morphology in Brazilian biomes.

In spite of galling insects being found among six orders (Diptera, Lepidoptera, Coleoptera, Thysanoptera, Hemiptera and

Table 5. Number of insect gall morphotypes and medium of gall morphotypes per plant species in six localities of the Southeastern region of Brazil.

Locality	Number of insect gall morphotypes	Medium of gall morphotypes per plant species	Reference
Bertioga (SP)	132	1.9	Maia et al. (2008)
Restinga de Maricá (RJ)	75	1.9	Maia (2001)
Parque Nacional de Jurubatiba (Carapebus, RJ)	62	2.0	Maia (2001)
Restinga do Grumari (Rio de Janeiro, RJ)	43	1.7	Oliveira & Maia (2005)
Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul (Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ)	36	1.6	Maia & Oliveira (2010)
Parque Estadual Paulo César Vinha (Guarapari, ES)	38	1.8	Bregonci et al. (2010)

Table 6. Frequency of parasitoids associated with insect galls in two coastal areas of the Southeastern region of Brazil.

Locality	Frequency of parasitoids (%)	Reference
Bertioga (SP)	48.0	Maia et al. (2008)
Parque Estadual Paulo César Vinha (Guarapari, ES)	31.5	Bregonci et al. (2010)
Ilha do Cabo Frio (RJ)	15.0	Present study

Hymenoptera), only dipterous, and lepidopterous galls were recorded in Ilha do Cabo Frio. Diptera are the most frequent galling order in all zoogeographic regions (Felt 1940), Lepidoptera are the second in the Neotropical region (Maia 2006).

The occurrence of parasitoids, predators, inquiline and successors in insect galls is very common (Maia 2001, Maia & Fernandes 2004). In Ilha do Cabo Frio, parasitoids were less frequent than in other surveyed areas of the State of Rio de Janeiro (Table 6). Otherwise, the presence of pseudoscorpions is very rare. Only two previous records are known in Brazil, one in bud galls induced by *Stephomyia rotundifolium* Maia, 1993 (Diptera, Cecidomyiidae) on *Eugenia adstringens* Cambess. (= *Eugenia rotundifolia* Casar) (Myrtaceae) and the other in stem galls induced by *Houardodiplosis rochae* Tavares, 1925 (Diptera, Cecidomyiidae) on *Combretum leprosum* Mart & Eicher (Combretaceae). Besides, two records are known from Africa, both in stem galls of Poaceae (Judson & Heurtault 1996).

Little is known about insect galls in Brazilian islands, as only two areas were investigated: Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul, in Ilha Grande (Angra dos Reis, RJ), and Ilha do Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ). In both surveys, Asteraceae and Myrtaceae were the richest plant families in gall diversity. These families are well represented in these islands, suggesting that the plant richness is associated with gall diversity, as proposed by Southwood (1960, 1961).

Conclusion

The insect galls inventory of Ilha do Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ) corroborates the patterns already known in relation to galled plant organs, gall shape, galling taxa and host plant families. The geographic distribution of nine species of gall midges (Diptera, Cecidomyiidae) is widened. For the first time, eleven plant species are recorded as host of galling insects, pseudoscorpions are recorded in galls on Bignoniaceae, and 24 gall morphotypes are described.

Acknowledgements

We are grateful to the Brazilian Navy for infrastructure, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) for financial support (Proc. 300237/2010-3) and Dr. Debora Medeiros (Museu Nacional) for Euphorbiaceae identification.

References

- ARAÚJO, D. S. D. & OLIVEIRA, R. R. 1988. Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul (Ilha Grande, Estado do Rio de Janeiro): lista preliminar da flora. Acta Bot. Bras. 1(2):83-94. Suplemento.
- ARAÚJO, W.S., GOMES-KLEIN, V.L. & SANTOS, B.B. 2007. Galhas Entomógenas Associadas à Vegetação do Parque Estadual da Serra dos Pireneus, Pirenópolis, Goiás, Brasil. R. Bras. Bioci. 5(supl. 1):45-47.
- BOHRER, C.B.A., DANTAS, H.G.R., CRONEMBERGER, F.M., VICENS, R.S. & ANDRADE, S.F. 2009. Mapeamento da vegetação e do uso do solo no centro de diversidade vegetal de Cabo Frio, Rio de Janeiro, Brasil. Rodriguésia 60(1 01-023).
- BREGONCI, J.M., POLYCARPO, P.V. & MAIA, V.C. 2010. Insect galls of the Parque Estadual Paulo César Vinha (Guarapari, ES, Brazil). Biota Neotrop. 10(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v10n1/en/abstract?inventory+bn01410012010>.
- CARNEIRO, M.A.A., BORGES, R.A.X., ARAÚJO, A.P.A. & FERNANDES, G.W. 2009. Insetos indutores de galhas da porção sul da Cadeia do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil. Rev. Bras. Entomol. 53(4):570-592. <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262009000400007>
- FARÁG, P.R.C. 1999. Estrutura dos estratos arbóreo de mata litorânea semicaducifolia sobre solo arenoso no município de Búzios-RJ. Dissertação de Mestrado em Botânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 87p.
- FELT, E.P. 1940. Plant galls and gall makers. Ithaca, 364p.
- FERNANDES, G.W. 1992. Plant family size and age effects on insular gallforming species richness. Glob. Ecol. Biogeogr. Let. 2:71-74. <http://dx.doi.org/10.2307/2997508>
- FLOATE, K.D., FERNANDES, G.W. & NILSSON, J.A. 1996. Distinguishing intrapopulacional categories of plants by their insect faunas: galls on rabbitbrush. Oecologia 105:221-229.
- GAGNÉ, R.J. 1994. The gall midges of the neotropical region. Cornell University Press, Ithaca, New York, 352p.
- ISAIAS, R.M.S., CARNEIRO, R.G.S., OLIVEIRA, D.C. & SANTOS, J.C. 2013. Illustrated and Annotated Checklist of Brazilian Gall Morphotypes. Neotrop Entomol. 42:230-239. PMID:23949804. <http://dx.doi.org/10.1007/s13744-013-0115-7>
- JUDSON, M. L. I. & J. HEURTAULT. 1996. *Nanolpium* species (Garypoidea, Olpiidae) on grasses in southern Africa - a new niche for pseudoscorpions. Rev. Suisse Zool., ser. 321-326.
- MAIA, V.C. 2001. The gall midges (Diptera, Cecidomyiidae) from three restingas of Rio de Janeiro State, Brazil. Rev. Bras. Zool. 18(2):583-629. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752001000200028>

- MAIA, V.C. 2006. Galls of Hemiptera, Lepidoptera and Thysanoptera from Central and South America. *Pub. Avul. Mus. Nac.* 110:01-24.
- MAIA, V.C. 2011. Characterization of insect galls, gall makers, and associated fauna of Platô Bacaba (Porto de Trombetas, Pará, Brazil). *Biota Neotrop.* 11(4): <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n4/en/abstract?article+bn00511042011>.
- MAIA, V.C. 2013. Galhas de insetos em restingas da região sudeste do Brasil com novos registros. *Biota Neotrop.* 13(1):183-209. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032013000100021>
- MAIA, V.C. & FERNANDES, G.W. 2004. Insect galls from Serra de São José (Tiradentes, MG, Brazil). *Braz. J. Biol.* 64(3):1-22.
- MAIA, V.C. & OLIVEIRA, J.C. 2010. Insect galls of the Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul (Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ). *Biota Neotrop.* 10(4): <http://www.biotaneotropica.org.br/v10n4/en/abstract?inventory+bn04110042010>.
- MAIA, V.C., MAGENTA, M.A.G. & MARTINS, S.E. 2008. Ocorrência e caracterização de galhas de insetos em áreas de restinga de Bertioga (São Paulo, Brasil). *Biota Neotrop.* 8(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v8n1/PT>
- MANI, M.S. 1964. *Ecology of plant galls*. W. Junk, The Hague, 434p.
- MARTINS, S.E., ROSS, L., SAMPAIO, P.S.P. & MAGENTA, M.A.G. 2008. Caracterização florística de comunidades vegetais de restinga em Bertioga, SP, Brasil. *Acta Bot. Bras.* 22(1):249-274. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062008000100024>
- MONTEIRO, R.F., FERRAZ, F.F.F., MAIA, V.C. & AZEVEDO, M.A.P. 1994. Galhas entomógenas em restingas: uma abordagem preliminar. In *Anais do III Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira: subsídios a um gerenciamento ambiental* (S. Watanabe, coord.). ACIESP, São Paulo, v.3, p.210-220.
- OLIVEIRA, J.C. & MAIA, V.C. 2005. Ocorrência e caracterização de galhas de insetos na restinga de Grumari (Rio de Janeiro, RJ, Brasil). *Arq. Mus. Nac.* 63(4):669-675.
- PRICE, P.W., WARING, G.L. & FERNANDES, G.W. 1986. Hypotheses on the adaptive nature of galls. *P. Entomol. Soc. Wash* 88:361-363.
- RIZZINI, C.T. 1997. *Tratado de Fitogeografia do Brasil*. 2. ed. São Paulo: Âmbito Cultural, 747p.
- RIZZINI, C.T. 1979. *Tratado de Fitogeografia do Brasil*. São Paulo, Hucite, v.2, 54p.
- SHORTHOUSE, J.D. & ROHFRTSCH, O. 1992. *Biology of insect induced galls*. Oxford University Press, New York. PMCid:PMC1977397.
- SOUTHWOOD, T.R.E. 1960. The abundance of the Hawaiian trees and the number of their associated insect species. *Proc. Hawaii. Entomol. Soc.* 17:299-303.
- SOUTHWOOD, T.R.E. 1961. The number of insect associated with various trees. *J. Anim. Ecol.* 30:1-8. <http://dx.doi.org/10.2307/2109>
- URURAHY, J.C.C. 1987. Nota sobre uma formação fisionômica-ecológica disjunta da estepe nordestina na área do Pontal de Cabo Frio. *Rev. Bras. Geogr.* 49(4):25-29. <http://dx.doi.org/10.2307/2109>

Received 04/05/2013

Revised 06/28/2013

Accepted 08/16/2013

**Feeding ecology of Dash-dot Tetra *Hemigrammus belottii* (Steindachner 1882)
(Characiformes: Characidae) in the streams of the Urucu River basin,
central Amazonia, Brazil**

Andrey Felipe Gomes Gonçalves¹, Bruno da Silveira Prudente²,

Fernando da Silva Carvalho Filho³ & Luciano Fogaça de Assis Montag^{1,4}

¹*Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará – UFPA,
Rua Augusto Corrêa, 01, Guamá, CEP 66075-110, CP 479, Belém, PA, Brazil*

²*Programa de Pós-graduação em Zoologia, Museu Paraense Emílio Goeldi – MPEG,
Universidade Federal do Pará – UFPA, Av. Perimetral, 1901, Montese,
CEP 66077-830, CP 399, Belém, PA, Brazil*

³*Departamento de Zoologia, Setor Entomologia, Museu Paraense Emílio Goeldi – MPEG,
Av. Perimetral, 1901, Montese, CEP 66077-830, CP 399, Belém, PA, Brazil*

⁴*Corresponding author: Luciano Fogaça de Assis Montag, e-mail: montag@ufpa.br*

GONÇALVES, A.F.G., PRUDENTE, B.S., CARVALHO FILHO, F.S. & MONTAG, L.F.A. **Feeding ecology of Dash-dot Tetra *Hemigrammus belottii* (Steindachner 1882) (Characiformes: Characidae) in the streams of the Urucu River basin, central Amazonia, Brazil.** *Biota Neotrop.* (13)3: <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?article+bn03113032013>

Abstract: The present study describes aspects of feeding ecology of Dash-dot Tetra *Hemigrammus belottii* (Characiformes: Characidae) collected in the Urucu River basin in Coari, Amazonas (Brazil), aims to respond the following question: What is the influence of hydrological periods (dry and wet) and spatial distribution in the diet of *H. belottii*? The specimens were collected between 2006 and 2009 in seven streams in the Urucu basin using standard capture methods. Their stomachs were removed for diet composition analyses. The alimentary items were weighed and identified for subsequent analyzes related to feeding intensity by repletion index (RI%) and importance by alimentary index (AIi%). A total of 227 specimens were analyzed, with a mean standard length of 16.5±5.6 mm. The RI% values indicated that *H. belottii* fed more intensively during the dry season. The principal items in the diet were Formicidae (IAi% = 69.6), fragments of allochthonous exoskeleton (IAi% = 17.7), and Coleoptera (IAi% = 6.0). The composition of the diet did not vary significantly between seasons or among habitats, which may be related to the abundance of the items exploited by the species throughout the year. *Hemigrammus belottii* showed a generalist insectivore feeding habits which was mainly composed by allochthonous item.

Keywords: *allochthonous item, Amazon basin, trophic ecology.*

GONÇALVES, A.F.G., PRUDENTE, B.S., CARVALHO FILHO, F.S. & MONTAG, L.F.A. **Ecologia alimentar de *Hemigrammus belottii* (Steindachner 1882) (Characiformes: Characidae) em riachos da bacia do Rio Urucu, Amazônia Central, Brasil.** *Biota Neotrop.* (13)3: <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?article+bn03113032013>

Resumo: O presente estudo descreve a dieta da espécie *Hemigrammus belottii* (Characiformes: Characidae) coletados na bacia do Rio Urucu no município de Coari, Amazonas, (Brasil), buscando responder o seguinte questionamento: Qual a influência dos períodos hidrológicos (seco e chuvoso) e da distribuição espacial na dieta de *H. belottii*? Os espécimes tiveram seus estômagos retirados e os itens alimentares pesados e identificados para posteriores análises relacionadas à intensidade alimentar, pelo Índice de Repleção (IR%) e pelo índice de importância alimentar (IAi%). Foi analisado um total de 227 espécimes, com comprimento padrão médio de 16,54 mm ± 5,6 mm. Baseado no IR% verificou-se para *H. belottii* uma maior intensidade alimentar durante o período da seca. A dieta da espécie foi composta predominantemente pelos itens Formicidae (IAi% = 69,6), fragmento de exoesqueleto alóctone (IAi% = 17,7) e Coleoptera (IAi% = 6,0), com sua composição se mostrando independente de períodos hidrológicos e de sua distribuição espacial, que pode ser atribuído à alta disponibilidade de itens alimentares utilizados pela espécie durante o ano todo. De um modo geral *H. belottii* evidenciou um hábito alimentar insetívoro generalista, com predomínio de itens de origem alóctone.

Palavras-chave: *itens alóctones, bacia Amazônica, ecologia trófica.*

Introduction

Studies of feeding ecology provide important insights into the biology of a species, which may be extremely relevant to the conservation of not only the taxon itself, but also the ecosystems it inhabits (Barreto & Aranha 2006) enabling a better understanding of the relation among fishes and their habitats. Relatively few studies of this type are available for the complex network of Brazilian streams, considering that most fieldwork has been conducted in large bodies of waters, such as major rivers and reservoirs (Esteves & Aranha 1999, Braga et al. 2012).

The term “igarapé” is used to refer to minor watercourses (streams) in the Brazilian Amazon region, which are generally characterized by low primary productivity, given that the riparian forest tends to block out much of the solar radiation (Walker 1998, Castro 1999). Given this, many fish species found in igarapés feed primarily on resources derived from the surrounding vegetation, such as fruit and terrestrial insects (Castro 1999).

The fish fauna of the Neotropics is dominated by relatively unspecialized opportunist species, which feed on a wide variety of resources, the availability and abundance of which may vary considerably over time and through space, associated with fluctuations in physical-chemical variables and the productivity of the environment (Lowe-McConnell 1999, Lima & Behr 2010). However, Knöopel (1970) found no seasonal variation in the composition of the diets of fishes in Amazonian streams, and attributed this finding to the availability of feeding resources in this environment, as well as the pronounced spatial stratification related to the availability of a wide range of different microhabitats, which was corroborated by other authors (Wootton 1992, Anjos 2005).

Given that the Characidae is one of the most common fish families in the igarapés of the Central Amazon region (Espírito-Santo et al. 2009), the present study focused on the feeding ecology of the characid *Hemigrammus belottii* in the minor watercourses of the Urucu basin in Coari, in the Brazilian state of Amazonas, evaluating the influence of hydrological season and spatial variation in the feeding habit of species. Specifically, the study aims to respond the following questions: (i) what is the composition of diet of *H. belottii* in the igarapés of the Urucu basin? (ii) Is the feeding intensity and diet composition of this species in the Urucu basin dependent on the hydrological season (wet and dry season)? and (iii) Is the diet composition of *H. belottii* influenced by spatial variation found in the igarapés of the Urucu basin?

Material and Methods

1. Study area

The present study focused on the streams of the basin of the Urucu River, a tributary of the Coari River which, in turn, flows into the right margin of the Solimões (Amazon) River (Figure 1). The study area is located within the Juruá-Purus interfluvium, and is characterized by swampy areas interspersed with *terra firme* forest. The climate is humid tropical, consistent with subtype *Am* in the Köppen classification system, characterized by excessive rainfall during some months, with one or two months of precipitation lower than 60 mm (Ataíde et al. 2004). Mean annual precipitation is approximately 2300 mm, the majority of which (1504.1 mm) falls between December and May (wet season), with only 729.9 mm occurring between June and November (Ataíde et al. 2004).

2. Data analysis

The composition of the diet of *H. belottii* was analyzed based on specimens collected in 11 different sectors located within seven distincts classified as first to third order (Strahler 1957) streams of the basin of the Urucu River. The specimens were collected between 2006 and 2009 in the dry (July, August, and September) and wet seasons (November and December) during five expeditions.

For better characterizations of each collecting station, the physical-chemical characteristics (pH and conductivity, $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) and structural traits (stream width and depth in meters) of the streams were recorded (Table 1). Complementary information on the characteristics of each sector was also obtained – hydrodynamics (running or still water) and the predominant substrate.

Specimens were collected using drag nets (3 mm mesh) and hand-nets (2 mm mesh) with a standardized sampling effort of 50 and 100 casts, respectively. The specimens collected were fixed in 10% formalin and conserved in 70% ethanol before being deposited in the ichthyological collection of the Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) in Belém, Brazil (see Appendix).

Basic morphological measurements were taken for each specimen, including standard length (SL, in mm) and body weight (Wt, in g). The specimens were then dissected through a longitudinal incision in the ventral region for the removal of the entire digestive tract. The tract was weighed (Wt, in g) on an analytical balance with a precision of 0.00001 g and conserved in 70% ethanol for the subsequent analysis of the contents. The items were analyzed under

Table 1. Environmental characterization of collecting stations where the specimens of *Hemigrammus belottii* were collected, Urucu river basin, central Amazonia, Brazil (Cond. = Conductivity).

Station	pH		Cond. ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)		Depth (m)	Width (m)	Water type	Dominant substrate
	dry	wet	dry	wet				
CS1	6.8	5.85	31.8	9.26	1.02	4.2	Still	Leaf litter
CS2	6.9	5.25	36.8	11	0.28	2.54	Still	Clay
CS3	7.7	5.9	34.8	10.89	0.44	2.68	Running	Clay
CS4	7.1	5.12	30.3	10.78	0.16	1.05	Running	Clay
CS5	7.8	4.9	32.9	9.88	0.96	6	Running	Clay
CS6	7.9	5.9	39.9	7.89	1.4	8	Running	Clay/leaf litter
CS7	6.8	6	35.7	8.11	0.78	15.5	Running	Clay
CS8	-	-	-	-	-	-	-	-
CS9	6.2	5.75	33.8	11.9	0.85	2.7	Running	Clay/leaf litter
CS10	-	-	-	-	-	-	-	-
CS11	6.5	5.83	35.9	8.67	0.85	2.1	Running	Clay

Feeding Dash-dot Tetra of the Urucu River basin

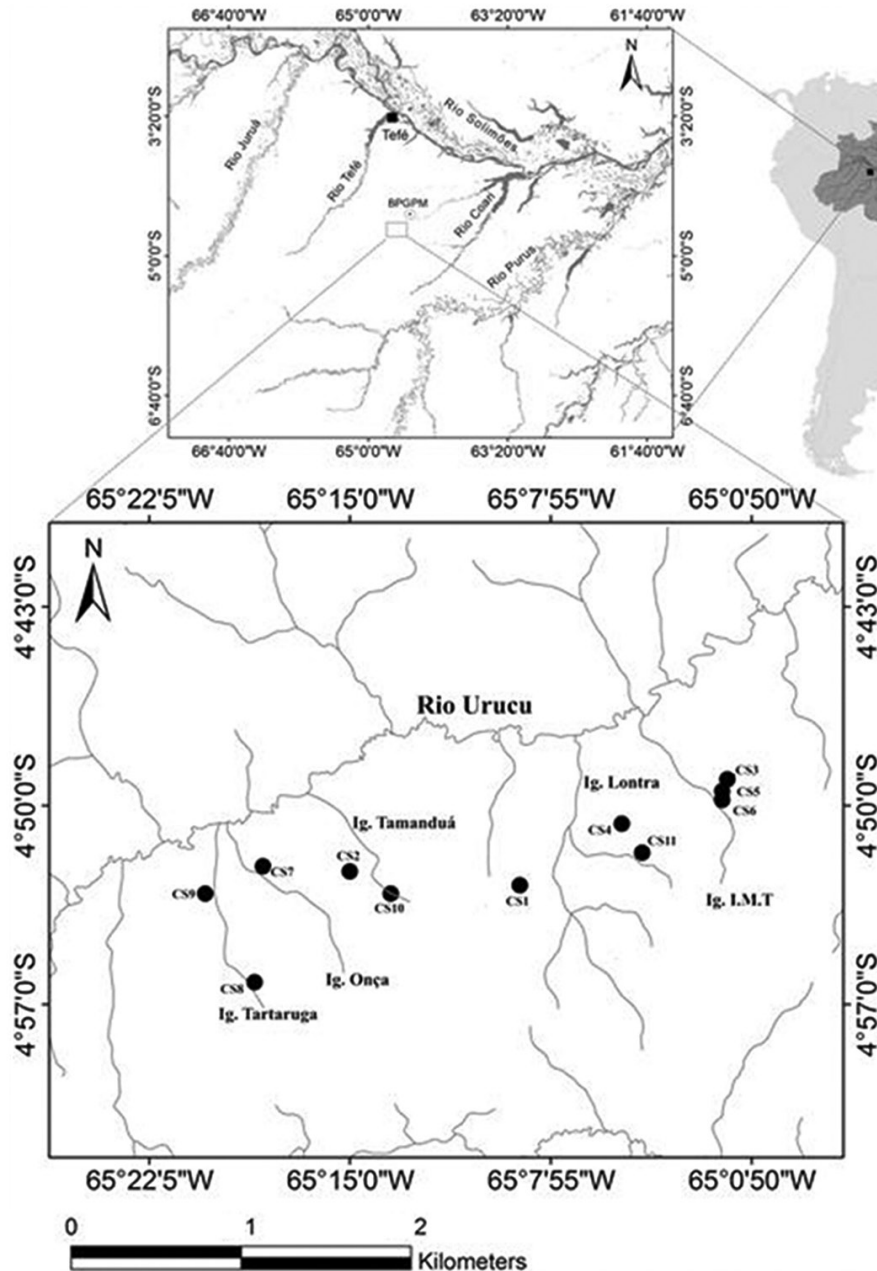


Figure 1. Location of the Urucu River basin, showing the collecting stations (CS1-11) where the *Hemigrammus belottii* specimens were captured.

a stereoscopic microscope for identification to the lowest possible taxonomic level, based on the specialized literature (Costa et al. 2006, Rupert & Barnes 2005).

The intensity of resource consumption was evaluated by repletion index (RI%) for each specimen, based on the equation $RI\% = Pe / Pt * 100$, where Pe represents the weight of the digestive tract, in grams and Pt the body weight of the specimen, in grams (Zavala-Camin 1996). The RI% values were analyzed for possible differences between dry and wet seasons based on the nonparametric Mann-Whitney test, used to test the null hypothesis (H_0) that feeding intensity was not affected by hydrologic season, with a 5% significance level (Zar 1999).

The contribution of each item to the diet of *H. belottii* was estimated based on its frequency of occurrence ($FO_i\%$), obtained by the equation $FO_i\% = f_i / N * 100$, where f_i represents the number of stomachs containing item i and N is the total number of stomachs analyzed. The relative weight ($W_i\%$) of each item was calculated

by $W_i\% = m_i / N * 100$, where m_i represents the weight in grams of item i and N is the total weight of all items in the stomachs (Hyslop 1980). These two methods were combined to obtain the Alimentary Index ($AI_i\%$), which evaluates the importance of each item to the composition of the diet of the species (Kawakami & Vazzoler 1980, Teixeira & Bennemann 2007), and is calculated by the formula: $AI_i\% = FO_i\% * W_i\% * 100 / \sum (FO_i\% * W_i\%)$.

To evaluate possible variations in the diet of *H. belottii* in the different igarapés of the study area and during different periods, the dietary items were grouped in five distinct categories (terrestrial insects, Arachnida, insect larvae, Crustacea, and plant fragments) and analyzed using non-metric multidimensional scaling, NMDS (Clarke & Warwick 1994). The $AI_i\%$ values for each category were transformed into their square-roots for the calculation of a matrix of similarity based on the Bray-Curtis similarity index, run in the PRIMER[®]6 statistics program (Clarke & Gorley 2001). This analysis

calculates the distortion or “stress” between the similarity matrix and the ordination produced by the graphic representation of the axes (Clarke & Warwick 1994).

A nonparametric analysis of similarity (two-way ANOSIM), which is analogous to an analysis of variance, was used to test the null hypotheses that neither the hydrologic season nor the spatial variation within the study area influenced the diet of *H. belottii*. This analysis was also run in PRIMER[®]6 (Clarke & Gorley 2001). This analysis provides an R value, a comparative measure of the degree of separation of the samples, which provides the basis for the acceptance or rejection of the null hypothesis, and the probability (p) that represents the percentage risk of a type I error (Clarke & Warwick 1994).

Results

A total of 317 *H. belottii* specimens were collected, with a mean standard length of 16.54±5.6 mm. Of these, 90 individuals (28%) had no material in their stomachs. Stomach contents were collected from 227 specimens, 136 (59%) during the dry season, and 91(41%) during the wet season.

A total of 26 different items were identified in the diet of the *H. belottii* from the Urucu River basin (Table 2), which was composed primarily of terrestrial insects, in particular formicids ($AI_{Formicidae} \% = 69.69$) and coleopterans ($AI_{Coleoptera} \% = 6.06$). It is important to note that autochthonous items were also recorded, but with reduced importance. Dipteran larvae ($AI_{Dipteran\ larvae} \% = 1.78$) were the most abundant of these items. The variation in the RI% values (Figure 2) indicated that the feeding intensity of *H. belottii*

was three times higher during the dry season in comparison with the wet ($U = 644$; $p < 0.01$).

The NMDS analysis, along with the ANOSIM test indicated that the relative importance of the different items was not linked to either the spatial variation of each studied igarapés of the area or with the season ($R: -0.006$; $p > 0.05$; Stress = 0.00) (Figure 3).

Discussion

A number of studies of Neotropical streams have emphasized the importance of the riparian vegetation for the diet of *igarapé* fishes, given that it is the principal source of allochthonous material for the aquatic system (Goulding 1980, Lowe-McConnell 1999). This material may represent dietary items (Sabino & Castro 1990, Dufech et al. 2003, Tófoli et al. 2010), as recorded in the present study, or it may act indirectly by providing habitats for the aquatic invertebrates that represent a dietary resource for the fishes, such as floating logs and submerged leaf litter (Pusey & Arthington 2003).

A number of studies in stream habitats have indicated that both autochthonous and allochthonous resources may be important in the diets of fishes (Sabino & Castro 1990, Barreto & Aranha 2006, Rezende & Mazzoni 2006a, Brandão-Gonçalves et al. 2009), and that the consumption of items from different sources may be linked to a number of factors, such as the diversity of habitats, the degree of disturbance of the marginal vegetation, anthropogenic interference, and temporal variation (Ceneviva-Bastos & Casatti 2007, Borba et al. 2008).

The presence of riparian vegetation, whether forest or shrubs, appears to be fundamental to the conservation of *H. belottii*, given

Table 2. Alimentary index (AI%) for the items present in the digestive tract of *Hemigrammus belottii* in the Urucu River basin in the central Amazonia, Brazil, during the dry and wet seasons.

Origin/Item	Taxon or item	AI% _{dry}	AI% _{wet}	AI% _{Total}
Allochthonous				
Terrestrial insects				
	Diptera	7.839	0.736	3.557
	Formicidae	66.227	60.398	69.696
	Coleoptera	11.332	0.924	6.06
	Hymenoptera	0.058	-	0.017
	Psocoptera	0.071	< 0.001	0.032
	Ephemeroptera	0.312	-	0.093
	Blattodea	< 0.001	-	< 0.001
	Heteroptera	0.002	0.368	0.109
	Orthoptera	0.113	-	0.034
	Collembola	< 0.001	-	< 0.001
	Thysanoptera	-	< 0.001	< 0.001
	Trichoptera	-	0.063	0.014
	Exoskeleton fragments	8.932	28.651	17.776
Arachnida				
	Araneae	1.079	-	0.324
	Opiliones	0.002	-	< 0.001
	Acari	0.276	-	0.103
Autochthonous				
Immature insects				
	Ephemeroptera	-	0.097	0.021
	Coleoptera	0.528	-	0.158
	Diptera	2.498	0.764	1.781
	Exoskeleton fragments	0.725	-	0.217
Crustacea				
	Ostracoda	-	< 0.001	< 0.001
Plant fragments				
	Alga	< 0.001	-	< 0.001

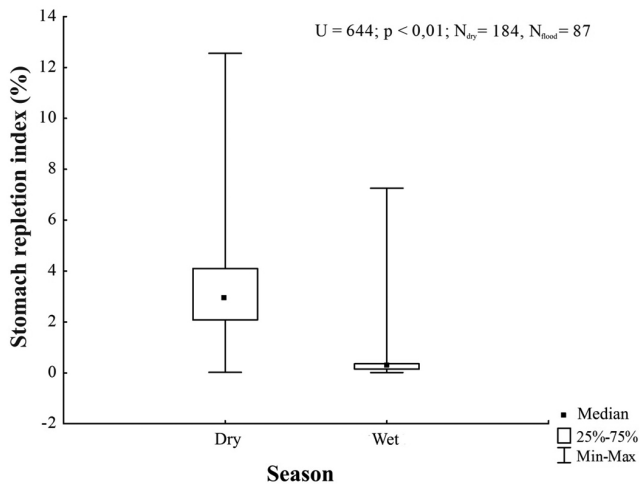


Figure 2. Seasonal variation in the repletion index (RI%) for the *Hemigrammus belottii* specimens collected in the Urucu River basin, Central Amazonia, Brazil.

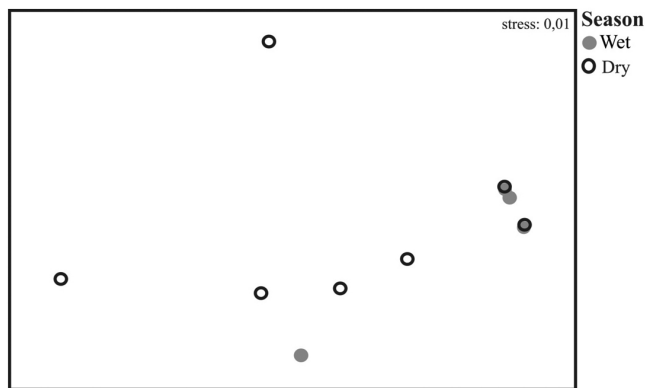


Figure 3. Ordination resulting from the non-metric multidimensional scaling (NMDS) of the variation in the diet of *Hemigrammus belottii* based on the specimens collected at the 11 sampling stations in the dry and wet seasons. Stress = 0.001.

that, while an ample variety of items were consumed, the principal item ingested by the species in the Urucu basin was terrestrial insects. The order Hymenoptera, in particular the family Formicidae, is an important item in the diet of many characid species (Rezende & Mazzoni 2005a,b, Ceneviva-Bastos & Casatti 2007, Borba et al. 2008, Gomiero et al. 2008), including *H. belottii*. This taxon was the predominant item in the digestive tracts of the specimens analyzed in the present study. This may be related to the abundance of ants in tropical forests, and in particular in the central Amazon basin, where they may constitute as much as three-quarters of the biomass of the soil fauna (Fittkau & Klinge 1973). Pimentel (2003) concluded that, in addition to providing a potentially rich source of energy for Characiforms, ants tend to become vulnerable to predation once in the water. The predominance of ants in the diet of *H. belottii* may also indicate that this species feeds on the surface of the water, given that these insects tend to float on the surface after falling into the water (Borba et al. 2008).

The abundance of food items may vary over time, and this variation may be reflected in the diets of fish species (Rezende & Mazzoni 2005, Barreto & Aranha 2006, Brandão-Gonçalves et al. 2009), as observed in the present study, with a higher feeding intensity being recorded during the dry season. As in the present study, many species of Characidae have shown greater feeding intensity and

energy storage during periods preceding the reproductive activity peaks, aiming higher reproductive success (Braga et al. 1985, Hojo et al. 2004, Branco et al. 2005, Ballesteros et al. 2009). However, the variation may also be related to the difficulty of capturing prey during the rainy season. For example, Uieda (1995) observed sand in the stomachs of five fish species in a river in Ubatuba, São Paulo (Brazil) during the rainy season, presumably as a result of the increase in current velocity and the turbulence of the water during this period.

While a number of studies have recorded spatial and temporal variation in fish diets (Hahn et al. 1992, Motta & Uieda 2004, Brandão-Gonçalves et al. 2009, Lima & Behr 2010), no such pattern was recorded in *H. belottii*, probably related to the generalist behavior of the species, which appears to be typical of the characids (Bennemann et al. 2005, Silva et al. 2008, Brandão-Gonçalves et al. 2009). However, the lack of variation may also be related to the abundance of resources in Amazonian streams (Knöoepel 1970).

Overall, then, *Hemigrammus belottii* is a generalist insectivore that feeds primarily on terrestrial prey, in particular ants (Formicidae). The species fed intensively during the dry season which is possibly related to either the breeding process or to the greater vulnerability of prey during this period. No spatial or temporal variation was observed in the diet composition, which may reflect the diversity of items ingested, and their abundance in Amazonian stream systems.

Acknowledgments

The authors are grateful to the CT-PETRO Amazônia/PT-1 network for funding the present study with resources from the Petroleum Sectorial Fund (FINEP and CNPq), Brazilian Petroleum S/A (PETROBRAS) for logistic support, and CNPq for granting an undergraduate research stipend to AFGG (process no. 123290/2010-4).

References

- ANJOS, M.B. 2005. Estrutura de comunidades de peixes de igarapés de terra firme na Amazônia Central: composição, distribuição e características tróficas. Dissertação de mestrado, Instituto de pesquisa da Amazônia, Universidade Federal da Amazônia, Manaus.
- ATAÍDE, K.R.P., BEZERRA, A.C.N. & RIBEIRO, J.B.M. 2004. Classificação climática da bacia do Rio Urucu pelos métodos de Köppen e Thornthwaite. In Anais do XIII Congresso de Meteorologia. Fortaleza. <http://www.cbmet.com/busca.php> (ultimo acesso em 20/06/2011).
- BALLESTEROS, T.M., TORRES-MEJIA, M. & RAMÍRES-PENILLA, M.P. 2009. How does diet influence the reproductive seasonality of tropical freshwater fish? A case study of a characin in a tropical mountain river. *Neotrop. Ichthyol.* 7(4):693-700. <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252009000400019>
- BARRETO, A.P. & ARANHA, J.M.R. 2006. Alimentação de quatro espécies de Characiformes de um riacho da Floresta Atlântica, Guaraqueçaba, Paraná, Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 23(3):779-788.
- BENNEMANN, S.T., GEALH, A. M., ORSI, M.L. & SOUZA, L.M. 2005. Ocorrência e ecologia trófica de quatro espécies de *Astyanax* (Characidae) em diferentes rios da bacia do rio Tibagi, Paraná, Brasil. *Iheringia, Zool.* 95(3):247-254.
- BORBA, C.S., FUGI, R., AGOSTINHO A.A. & NOVAKOWSKI, G.C. 2008. Dieta de *Astyanax asuncionensis* (Characiformes, Characidae), em riachos da bacia do rio Cuiabá, Estado do Mato Grosso. *Acta scientiarum.* 30(1):39-45.
- BRAGA, R.R., BORNATOWSKI, H. & VITULE, J.R.S. 2012. Feeding ecology of fishes: an overview of worldwide publications. *Rev. Fish Biol.* 22(4):915-929.
- BRAGA, F.M.S., BRAGA, M.A.S. & GOITEIN, S. 1985. Fator de condição e alimentação de *Paralichthys brasiliensis* (Osteichthyes, Sciaenidae) na região da ilha da Anchieta (Lat. 23°33'S, Long. 45°05'W) Ubatuba, Estado de São Paulo. *Naturalia* 10:1-11.

- BRANCO, J.O., LUNARDON-BRANCO, M. & VERANI, J.R. 2005. Aspectos biológicos e pesqueiros de *Paralonchurus brasiliensis* Steindachner, (Pisces, Sciaenidae), na Armação do Itapocoroy, Penha, Santa Catarina, Brasil. Rev. Bras. Zool. 22(4):1063-1071.
- BRANDÃO-GONÇALVES, L., LIMA-JUNIOR, S.E. & SUAREZ, Y.R. 2009. Hábitos alimentares de *Bryconamericus stramineus* Eigenmann, 1908 (Characidae), em diferentes riachos da sub-bacia do Rio Guiraí, Mato Grosso do Sul, Brasil. Biota Neotrop. 9(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v9n1/en/abstract?article+bn03109012009>. (último acesso em: 12/02/2013).
- CASTRO, R.M.C. 1999. Evolução da ictiofauna de riachos sul-americanos: padrões gerais e possíveis processos causais. In Ecologia de Peixes de Riachos (E.P. Caramaschi, R. Mazzoni & P.R. Peres-Neto, eds.). PPGE-UFRJ, Série Oecologia Brasiliensis, v.6, p.139-155.
- CENEVIVA-BASTOS, M. & CASATTI, L. 2007. Oportunismo alimentar de *Knodus moenkhausii* (Teleostei, Characidae): uma espécie abundante em riachos do noroeste do Estado de São Paulo, Brasil. Iheringia, Zool. 97(1):7-15.
- CLARKE, K.R. & GORLEY, R.N. 2001. Software PRIMER. Plymouth, PRIMER-E.
- CLARKE, K.R. & WARWICK, R.M. 1994. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Natural Environment Research Council, Plymouth.
- COSTA, C., IDE, S. & SIMONKA, C.E. 2006. Insetos imaturos. Metamorfose e identificação. Holos Ed., Ribeirão Preto.
- DUFECH, A.P.S., AZEVEDO, M.A. & FIALHO C.B. 2003. Comparative dietary of two populations of *Mimagoniates rheocharis* (Characidae:Glandulocaudinae) from two streams of Southern Brazil. Neotrop. Ichthyol. 1(1):67-74. <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252003000100008>
- ESPÍRITO-SANTO, H.M.V., MAGNUSSON, W.E., ZUANON, J., MENDONÇA, F.P. & LANDEIRO, V.L. 2009. Seasonal variation in the composition of fish assemblages in small Amazonian forest streams: evidence for predictable changes. Freshw. Biol., 54: 536-548.
- ESTEVES, K.E. & ARANHA M.R. 1999. Ecologia trófica de peixes de riachos. In Ecologia de Peixes de Riachos (E.P. Caramaschi, R. Mazzoni & P.R. Peres-Neto, eds.). PPGE-UFRJ, Série Oecologia Brasiliensis, v.6, p.139-155.
- FITTKAU, E.J. & KLINGE, H. 1973. On Biomass and Trophic Structure of the Central Amazonian Rain Forest Ecosystem. Biotropica 5(1):2-14. <http://dx.doi.org/10.2307/2989676>
- GOMIERO, L.M., MANZATTO, A.G. & BRAGA, F.M.S. 2008. The role of riverine forests for food supply for the omnivorous fish *Brycon opalinus* Cuvier, 1819 (Characidae) in the Serra do Mar, Southeast Brazil. Braz. J. Biol. 68(2):321-328.
- GOULDING, M., 1980. The fishes and the forest: Explorations in Amazonian Natural History. University of California Press, Berkeley.
- HAHN, N.S., MONFREDINHO-JÚNIOR A., FUGI, R. & AGOSTINHO, A.A. 1992. Aspectos da alimentação do armado, *Pterodoras granulosus* (Ostariophysi, Doradidae) em distintos ambientes do Alto Rio Paraná. Rev. Unimar 14(suplemento):163-176.
- HOJO, R.E.S., SANTOS, G.B. & BAZZOLI, N. 2004. Reproductive biology of *Moenkhausia intermedia* (Eigenmann) (Pisces:Characiformes) in Itumbiara Reservoir, Goiás, Brasil. Rev. Bras. Zool. 21(3):519-524.
- HYSLOP, E.J. 1980. Stomach contents analysis - a review of methods and their application. J. Fish Biol. 17:411-429. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8649.1980.tb02775.x>
- KAWAKAMI, E. & VAZZOLER, G. 1980. Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes. Bol. Inst. Oceanogr. 29(2):205-207.
- KNÖOPEL, H.A. 1970. Food of central Amazonian fishes. Contribution to the nutrient-ecology of Amazonian rain-forest-stream. Amazoniana 2:257-352.
- LIMA, D.O. & BEHR, E.R. 2010. Feeding ecology of *Pachyurus bonariensis* Steindachner, 1879 (Sciaenidae: Perciformes) in the Ibicuí River, Southern Brazil: ontogenetic, seasonal and spatial variations. Braz. J. Biol. 70(3):503-509.
- LOWE-McCONNELL, R.H. 1999. Estudos ecológicos em comunidades de peixes tropicais. EdUSP, São Paulo.
- MOTTA, R.L. & UIEDA, V.S. 2004. Dieta de duas espécies de peixes do Ribeirão do Atalho, Itatinga, SP. Rev. Bras. Zool. 6(2):191-205.
- PIMENTEL, F.L. 2003. Dieta de *Pyrhulina brevis* (Characiformes: Lebiasnidae) em igarapés de la Amazonia Central: Seletiva o Generalista? In Ecologia da floresta amazônica: curso de campo 2003 (E. Venticinque & J. Zuanon, org.). PDBFF/INPA, Manaus, p.136-139.
- PUSEY, B.J. & ARTHINGTON, A.H. 2003. Importance of riparian zone to the conservation and management of freshwater fish: a review. Mar. Freshw. Res. 54:1-16. <http://dx.doi.org/10.1071/MF02041>
- REZENDE, C.F. & MAZZONI, R. 2006a. Disponibilidade e uso de recursos alóctones por *Bryconamericus microcephalus* (Miranda-Ribeiro) (Actinopterygii, Characidae), no córrego Andorinha, Ilha Grande, Rio de Janeiro, Brasil. Rev. Bras. Zool. 23(1):218-222.
- REZENDE, C.F. & MAZZONI, R. 2006b. Contribuição da matéria autóctone e alóctone para a dieta de *Bryconamericus microcephalus* (Miranda-Ribeiro) (Actinopterygii, Characidae), em dois trechos de um riacho de Mata Atlântica, Rio de Janeiro, Brasil. Rev. Bras. Zool. 23(1):58-63.
- REZENDE, C.F. & MAZZONI, R. 2005. Seasonal variation in the input of allochthonous matter in an Atlantic Rain Forest stream, Ilha Grande-RJ. Acta Limnol. Bras. 17(2):167-173.
- RUPERT, E.E. & BARNES, R.D. 2005. Zoologia dos invertebrados. 6. ed. Roca, São Paulo.
- SABINO, J. & CASTRO, R.M.C. 1990. Alimentação, período de atividade e distribuição espacial dos peixes de um riacho da Floresta Atlântica (Sudeste do Brasil). Rev. Bras. Biol. 50(1):23-36.
- SILVA, C.C., FERREIRA E.J.G. & DEUS, C.P. 2008. Diet of *Bryconops alburnoides* and *B. caudomaculatus* (Osteichthyes: Characiformes) in the region affected by Balbina Hydroelectric Dam (Amazon drainage, Brazil). Neotrop. Ichthyol. 6(2):237-242.
- STRAHLER, A.N. 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Eos, Trans. Amer. Geophys. Union 38(6):913-920.
- TEIXEIRA, T. & BENNEMANN, S.T. 2007. Ecomorfologia refletindo a dieta dos peixes em um reservatório no sul do Brasil. Biota Neotrop. 7(2):67-77. <http://www.biotaneotropica.org.br/v7n2/pt/abstract?article+bn00807022007>.
- TÓFOLI, R.M., ALVES, G.H.Z. & NOVAKOWSKI G.C. 2010. Uso do alimento por duas espécies simpátricas de *Moenkhausia* (Characiformes, Characidae) em um riacho da região Centro-Oeste do Brasil. Iheringia Zool. 100(3):201-206.
- UIEDA, V.S. 1995. Comunidade de peixes de um riacho litorâneo: Composição, habitat e hábitos. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- WALKER, I. 1998. Population dynamics of Chironomidae (Diptera) in the central Amazonian blackwater river Tarumã-Mirim (Amazonas, Brasil). Oecol. Bras. 5(1):235-252. <http://dx.doi.org/10.4257/oeco.1998.0501.17>
- WOOTTON, R.J. 1992. Fish Ecology. Ed. Chapman & Hall, New York.
- ZAR, J.H. 1999. Biostatistical Analysis. 4th ed. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs.
- ZAVALA-CAMIN, L.A. 1996. Introdução aos estudos sobre alimentação natural em peixes. EdUEM, Paraná.

Received 03/25/2013

Revised 08/20/2013

Accepted 09/06/2013

Appendix

Specimens examined: *Hemigrammus belottii*, MPEG15025, MPEG17338-MPEG17355, MPEG17358, MPEG17360-MPEG17362, MPEG17366, MPEG17367, MPEG17370, MPEG17371, MPEG17789-MPEG17791, MPEG17795, MPEG17796, MPEG17885, MPEG17887, MPEG17888, MPEG17892, MPEG17893, MPEG17895, MPEG17896, MPEG17901, MPEG17903-MPEG17905, MPEG17907, MPEG17908, MPEG17912, MPEG17913, MPEG18073-MPEG18076.

Longitudinal patterns of fish assemblages in mountain streams from tropical forest biome

João Fernando Marques da Silva^{1,3}, Cibele Bender Raio²,

Débora Fernandes Silva Bernardino¹ & Sirlei Terezinha Bennemann¹

¹Laboratório de Ecologia Trófica, Departamento de Biologia Animal e Vegetal, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Londrina – UEL, Rod. Celso Garcia Cid, Pr 445 Km 380, CEP 86051-980, Londrina, PR, Brasil. <http://www.uel.br/>

²Laboratório de Biologia e Genética de Peixes, Departamento de Morfologia, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP, Distrito de Rubião Junior, s/n, CEP 18618-970, Botucatu, SP, Brasil. <http://www.ibb.unesp.br/>

³Corresponding author: João Fernando Marques da Silva, e-mail: jfm.bio@gmail.com

SILVA, J.F.M., RAIIO, C.B., BERNARDINO, D.F.S. & BENNEMANN, S.T. **Longitudinal patterns of fish assemblages in mountain streams from tropical forest biome**. *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?article+bn01213032013>

Abstract: The aim of this study was to verify structure patterns in fish assemblages in mountain streams of the Rio Tibagi basin through the characterization of spatial and temporal variations in the composition of fish species. Samples were collected in three segments of the Varanal, João Pinheiro and Rio Preto streams. We collected 1154 specimens belonging to 21 species. The most abundant orders were Characiformes (59.01 ± 2.84%) and Siluriformes (39.34 ± 2.82%). *Phalloceros harpagos* was the most abundant species with 433 individuals, followed by *Trichomycterus* aff. *davisi*, with 292 individuals. No temporal variations (between seasons) were detected, but the cluster analysis suggests a separation of species composition between the segments closer to the headwaters and those more distant. The first two axes of the Canonical Correspondence Analysis (CCA) explained 80.09% of the variation in species abundance, and the variables that structured the fish assemblages in those streams were the stream width, depth, water speed, flow rate, conductivity and pH.

Keywords: *ichthyofauna, freshwater fishes, neotropical fishes, low order streams, Tibagi river basin.*

SILVA, J.F.M., RAIIO, C.B., BERNARDINO, D.F.S. & BENNEMANN, S.T. **Padrões longitudinais das assembleias de peixes em riachos de montanha pertencentes ao bioma de floresta tropical**. *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?article+bn01213032013>

Resumo: O objetivo deste trabalho foi verificar padrões na estrutura de assembleias de peixes nos riachos de montanha da bacia do rio Tibagi através da caracterização de variações espaciais e temporais na composição de espécies de peixes. Foram realizadas coletas em três trechos dos riachos Varanal, João Pinheiro e Rio Preto. No total foram coletadas 21 espécies, em um total de 1154 indivíduos. As ordens mais abundantes foram Characiformes (59,01 ± 2,84%) e Siluriformes (39,34 ± 2,82%). *Phalloceros harpagos* foi a espécie mais abundante, com 433 indivíduos, seguida por *Trichomycterus* aff. *davisi* com 292 indivíduos. Não foi verificada variação temporal (entre estações), mas a análise de agrupamento sugere uma separação na composição de espécies entre os trechos mais próximos das nascentes dos trechos mais afastados. Os dois primeiros eixos da Análise de Correspondência Canônica (CCA) explicaram 80,09% da variação na distribuição em abundância das espécies de peixes, sendo que as variáveis que estruturaram a assembleia de peixes nos riachos estudados foram a largura, a profundidade, a velocidade da água, a vazão, a condutividade e o pH dos riachos.

Palavras-chave: *ictiofauna, peixes de água doce, peixes neotropicals, riachos de baixa ordem, bacia do rio Tibagi.*

Introduction

The highest richness of fish on the planet is found in tropical waters (Lowe-McConnel 1999) and, in South America, the Amazônica and Paraná watersheds have most of the species (Santos & Ferreira 1999). Langeani et al. (2007), in a review of the Upper Paraná watershed ichthyofauna, found that 65% of the fish species present in this watershed are of small size, with the majority occurring in streams and headwaters regions, environments that have the highest number of novelties in new species and generates relevant information about the ichthyofauna.

The Tibagi river basin, included in the Upper Paraná watershed, is located in the Atlantic Rain Forest, one of the most important and threatened biomes of the world (Brasil 2002). Aquatic ecosystems belonging to this biome are subject to constant anthropogenic threats, and the main causes of loss of diversity are the disturbance of riparian vegetation, introduction of invasive species and the physical changes of the system (Barrella et al. 2000).

The Tibagi river presents high importance to the Paraná State in both economic and social aspects (Medri et al. 2002), and it has been intensively studied during the last decades (e.g., Bennemann et al. 1995, Shibatta et al. 2002, 2007). The lower order channel segments of the Tibagi basin have a high richness of small size fish species, but also show a wide richness variation among different tributaries (Shibatta & Cheida 2003).

Abilhoa et al. (2011) analyzing ecological patterns and conservation of the Atlantic Rain Forest streams pointed that it's highly important to divide areas into units with similar fish assemblages, natural communities and ecosystem dynamic. Thus, this study aimed to verify whether the mountain streams of the Tibagi river basin present spatial and temporal patterns in their structure and composition of the fish assemblage. For this, the fish fauna of three mountain streams of the Tibagi river basin were analyzed regarding their richness, spatial and temporal variation in fish species

composition and possible relationships between the sampled species and environmental variables in each sampled segment. In this way, we hope to contribute to the knowledge about the ecology of mountain stream fishes of the Atlantic Rain Forest.

Material and Methods

1. Study area

Samples were taken in the headwater, middle portion and mouth segments of the Varanal, João Pinheiro and in the upper portion of the Rio Preto streams (Figures 1 and 2). The order of each sampled segment was defined with aid of cartographic letters with scale 1:250,000 (Strahler 1957). The Varanal stream is a tributary of the Tibagi River located in a Private Reserve of Natural Heritage and was defined as a referential mountain stream for comparison with other streams of the Tibagi river basin due to its high biotic integrity (Azevedo et al. 2008, Shibatta et al. 2008, Bennemann et al. 2008). The first sampled segment of the Varanal (V-1) is of first order and has narrow and shallow bed with clayey soil and puddles with deposition of litter. The second sampled segment (V-2) is of second order and presents fast water flow in the rapids and slow flow in pools, the substrate is composed of sand and pebbles of different sizes. The last sampled segment of the Varanal (V-3) is also of second order, but has a strong influence of the Tibagi River. It is a well seated segment with bounds on the banks formed by clay and rocks. The substrate is mostly clay with little sand and some rocks, forming areas of rapids.

The João Pinheiro stream is a sub tributary of the Tibagi River and it is located in the Fazenda Monte Alegre Ecological Park. The first sampled segment of this stream (JP-1) is of first order and it is located close to a commercial plantation of Araucaria. The substrate is composed by sand and pebbles and it is common the presence of small waterfalls. The second sampled segment (JP-2) is of second order and despite being located in an Ecological Park, presents evidence

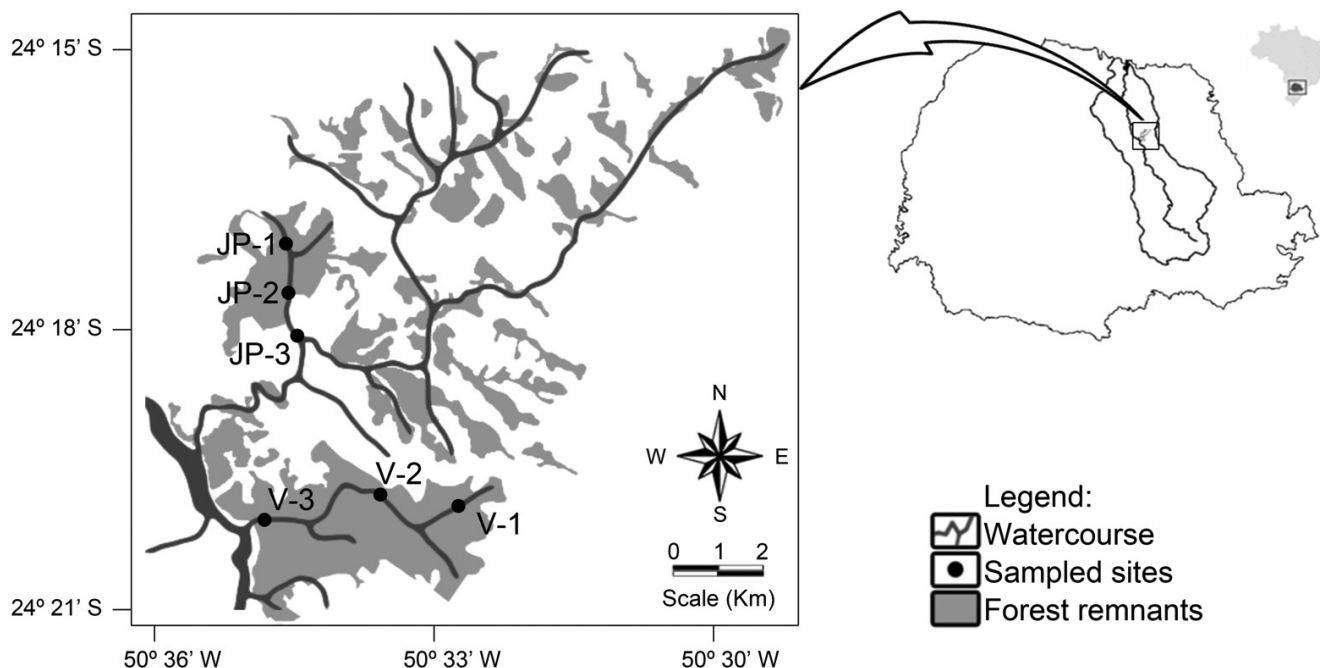


Figure 1. Sampled segments in the Varanal (V) and João Pinheiro streams (JP), conservation status of forest remnants of Atlantic Rain Forest biome and the location of Tibagi river basin in the Paraná State, Brazil. Modified from: Fundação SOS Mata Atlântica & Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Fundação... 2011) and Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (Instituto... 2011).

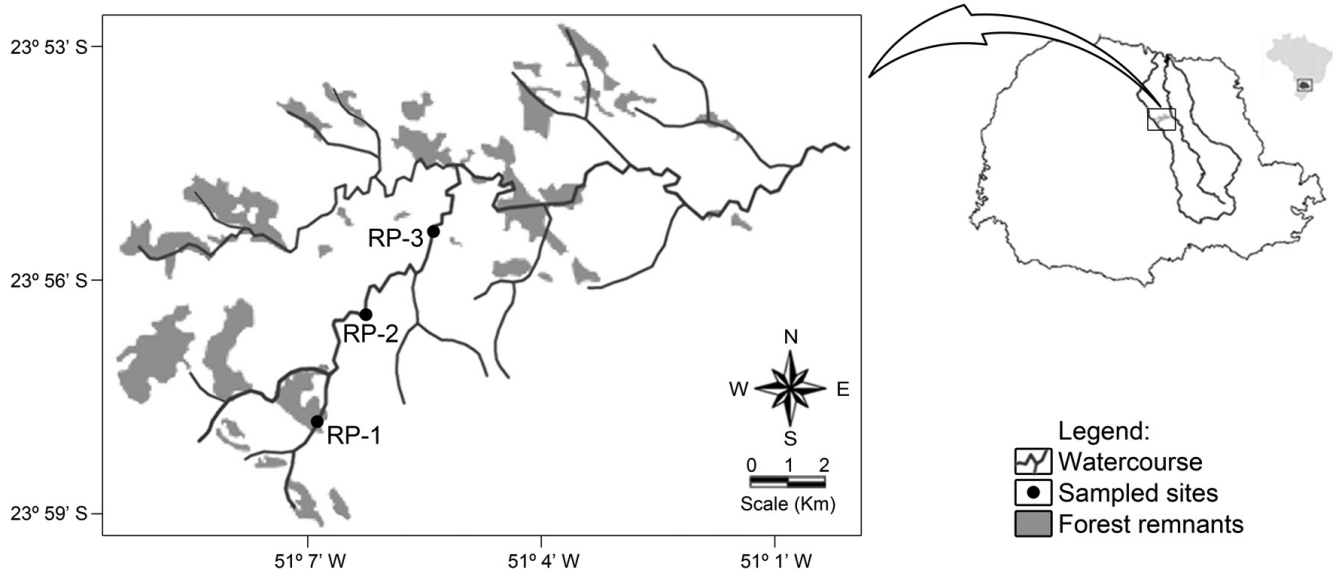


Figure 2. Sampled segments in the Rio Preto stream (RP), conservation status of forest remnants of Atlantic Rain Forest biome and the location of Tibagi river basin in the Paraná State, Brazil. Modified from: Fundação SOS Mata Atlântica & Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Fundação... 2011) and Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (Instituto... 2011).

of anthropogenic land use. It is located downstream of an artificial lake built in the 1960s for sport fishing. The bottom has large deposits of sand and there are some flooded areas with submerged marginal vegetation. The last sampled segment (JP-3) is of second order with obvious alterations. The riparian vegetation suffered evident deforestation and a large flooded area is formed at the point where the João Pinheiro stream flows into the Harmony River. The bottom is muddy with stretches of exposed soil on the banks.

The Rio Preto stream is a sub tributary of the Tibagi River and its origin is located in the municipality of Mauá da Serra - PR at an altitude of 1100 meters and flows into the Apucarana river at 650 meters of altitude as a fourth order river. However, only the upper portion of the Rio Preto stream, which has characteristics of mountain stream, was sampled in this study (Figure 2). The first sampled segment (RP-1) is of second order and is located in a forest remnant. It presents diverse and stable habitats with bottom formed by pebbles and gravel. The second segment (RP-2) is of third order and the substrate has been totally modified. In the past pebbles from the bottom were removed to be used as masonry material. Currently the bottom is covered with mud deposits, it presents few areas with rapids, the riparian vegetation suffered deforestation, and the margins present stretches of exposed soil and unstable banks. The last segment (RP-3) is also of third order and it is embedded in a matrix of eucalyptus. It presents fast flow habitats and backwaters with diverse structure, the bottom is composed by sand and pebbles. It is worth to note that part of this stretch was channeled due to a rural country road.

2. Sampling

Four samples were taken in each segment, one in each annual season (autumn, winter, spring and summer). In the Varanal the samples were taken on February, April, July and November of 2005, in the João Pinheiro on July and November of 2008 and February and May of 2009, and in the Rio Preto on July and October of 2010 and February and May of 2011. The sampling on the three streams followed the methodology described by Bennemann & Galves (2008). Each segment had 75m of their length blocked with gill nets (2 mm mesh) in order to prevent escape of organisms. All samples were

made during daytime for an hour and several methods were applied in order to better sample the community in the streams. On banks and litter areas fish were collected with sieves (2 mm mesh) and on corridor areas of the streams the fish were captured by trawl (2 mm mesh). In pools and when the water level was higher were used gill nets of mesh sizes 2.4 and 4.0 cm between opposing knots.

In the field the fishes were anesthetized with Benzocaine (0.1 g.L⁻¹) and fixed in 10% formalin. After five days the organisms were washed in current water and stored in 70% ethanol for later sorting and identification. The identifications were made with the aid of scientific literature (Shibatta et al. 2002, 2008), besides comparisons with testimony specimens at the Museum of Zoology of the State University of Londrina (MZUEL), where the sampled specimens were also deposited as testimony.

Each segment was located geographically through GPS and the following environmental factors were recorded during each sample: pH, dissolved oxygen (mg.L⁻¹), electrical conductivity (μS.cm⁻¹) and water temperature (°C), using a multifunction probe YSI model 85. The width and depth (m) of each segment were obtained from the mean of 10 measurements along the 75 m using a measuring tape and a scaled rod. The water speed (m.s⁻¹) was determined from the mean time a float device took to travel a distance of five meters in 10 repetitions. The values of width, depth and speed were used to calculate the flow rate (m³.s⁻¹) of each segment.

3. Data analysis

The abundance of fish species was square-root transformed to reduce the effect of the most representative species and environmental data were normalized by the mean of the analyzed variable (subtracting the mean and dividing by the standard deviation, for each variable). To test the null hypothesis that there was no difference in community composition between segments (spatial differences) and between seasons (temporal difference) for each stream, a similarity matrix was calculated using the Bray-Curtis measure of similarity followed by an analysis of similarity (ANOSIM) with 1000 permutations to examine statistical significance between samples (Clarke 1993).

Nonmetric multidimensional scaling (NMDS) with 1000 restarts was used to ordinate the similarity data. The result of MDS ordination is a map where the position of each sample is determined by its distance from all the other samples in the analysis, and the 'stress' of the plot is a measure of how good the estimate was. Stress under 0.1 corresponds to an ideal ordination, between 0.1 and 0.2 indicates a useful two-dimensional picture and greater than 0.2 indicates that the plot is close to random. The patterns of distribution of the fish community between the streams were tested with a clustering analysis (group-average linking) and the resultant dendrogram was tested for group differences, using a similarity profile test (SIMPROF) with 1000 simulations. The similarity percentage contribution (SIMPER) of each species to the significant clusters was assessed to objectively classify species combinations and stream segments (Clarke 1993).

The environmental data were summarized using a principal components analysis (PCA). A Canonical Correspondence Analysis (CCA, Ter Braak 1986) was performed to verify the distribution patterns of the fish species along the environmental gradient. The abundance of the species which better contributed to the differentiation of the groups formed by the cluster analysis, according to the SIMPER test, was used as a dependent variable. The influence of each environmental variable was verified by the function "envfit" which uses the r^2 value and several randomizations (1000 permutations) to define the significance of these variables. After obtaining the CCA model, the "anova" function was used to test whether the CCA obtained was significant. The CCA was performed on the R platform - R Development Core Team (Development... 2012), package 'vegan' (Oksanen 2011). The other analyses were performed in the statistical software PRIMER (Clarke & Gorley 2006) with significance level of 0.05.

Results

The mean values of the physical and chemical attributes for each sampling segment from the three streams are presented in Table 1. The principal component analysis produced a matrix of physical and chemical variables and two axes were retained for interpretation (cumulative explained variance = 61.0%; Figure 3). The first axis (eigenvalue: 3.63; variation explained: 40.30%) was the most important. The environmental variables that were positively correlated with the axis 1 were width, depth, water speed and flow rate (eigenvectors: 0.482, 0.473, 0.432, 0.518, respectively), variables related to the size of the streams, separating the segments according to their fluvial hierarchy.

A total of 1,154 individuals were collected corresponding to four orders, 10 families, 17 genera and 21 species (Table 2).

Among the specimens collected, $59.01 \pm 2.84\%$ belong to the order Characiformes, $39.34 \pm 2.82\%$ to the order Siluriformes, and $1.65 \pm 0.73\%$ to the orders Gymnotiformes and Perciformes. The most abundant species was *Phalloceros harpagos* ($37.52 \pm 2.79\%$), followed by *Trichomycterus* aff. *davisi* ($25.30 \pm 2.51\%$), *Astyanax* aff. *paranae* ($10.75 \pm 1.79\%$), *Corydoras ehrhardti* ($9.71 \pm 1.71\%$) and *Piabina argentea* ($7.63 \pm 1.53\%$). The Varanal showed the highest species richness (13 species) followed by the João Pinheiro (12 species), while the Rio Preto had the lowest richness (9 species).

No significant difference of temporal composition among the fish community was found for each stream (ANOSIM; Varanal: $r = -0.114$, $p = 0.873$; João Pinheiro: $r = -0.269$, $p = 0.967$; Rio Preto: $r = -0.259$, $p = 0.982$), however the analysis of similarity showed that the community composition differed mostly among the different segments (ANOSIM; Varanal: $r = 0.287$, $p = 0.007$; João Pinheiro: $r = 0.961$, $p = 0.001$; Rio Preto: $r = 0.604$, $p = 0.001$). Indeed, both the dendrogram from the cluster analysis with the SIMPROF test and the nonmetric multidimensional scaling revealed a high degree of spatial structure in the fish community (Figure 4). The winter sample for segment V-1 was removed from the cluster and NMDS analyses because no fish were collected in this sample.

The first cluster (group A) was composed of the mouth segments of the Varanal and Rio Preto. The SIMPER evidenced that this group is defined by the species *Hypostomus ancistroides* and *Astyanax* aff. *paranae*, accounting for 39.67% and 28.96% of the internal group similarity, respectively. The next cluster (group B) was composed of the headwaters and middle segments of the three sampled streams and *Trichomycterus* aff. *davisi* and *Phalloceros harpagos* contributed with 72.69% and 23.02% of the similarity of this cluster. The last cluster (group c) encompassed only the mouth segment of the João Pinheiro and *Corydoras ehrhardti* and *Geophagus brasiliensis* accounted for 54.24% and 21.87% of this cluster internal similarity.

The canonical correspondence analysis (CCA) was significant ($p = 0.015$) and explained 80.09% of the variation in the distribution of the fish species abundance (50.39% in the first axis and 29.70% in the second). The significant environmental variables in the distribution of the ichthyofauna were the stream width, depth, water speed, flow rate, conductivity and pH (Table 3). According to the first axis, the species *T. aff. davisi*, *P. harpagos*, *A. aff. paranae* and *H. ancistroides* were present mainly in wider segments, with higher flow rate and pH, unlike *G. brasiliensis* and *C. ehrhardti* that were related to narrower portions with higher conductivity. The second axis of the CCA still separated *T. aff. davisi* from the other species, which was related to narrower and shallower segments, with lower conductivity values (Figure 5).

Table 1. Mean values of the physical and chemical water parameters sampled in Varanal, João Pinheiro and Rio Preto streams.

	Varanal			João Pinheiro			Rio Preto		
	V-1	V-2	V-3	JP-1	JP-2	JP-3	RP-1	RP-2	RP-3
Altitude (m)	840	707	637	812	741	711	906	858	821
Width (m)	0.90	3.64	3.34	0.79	1.92	1.46	2.64	10.46	10.28
Depth (m)	0.16	0.28	0.46	0.07	0.16	0.33	0.26	0.75	0.47
Water speed (m.s ⁻¹)	0.21	0.25	0.37	0.14	0.23	0.27	0.38	0.30	0.64
Flow rate (m ³ .s ⁻¹)	0.03	0.27	0.58	0.01	0.11	0.15	0.26	2.34	3.08
pH	8.13	8.11	8.24	6.71	6.76	6.36	8.34	7.99	8.14
Dissolved oxygen (mg.L ⁻¹)	7.45	8.05	7.90	9.83	9.47	9.50	8.65	8.98	9.22
Conductivity (µS.cm ⁻¹)	16.76	21.03	20.98	29.71	46.43	45.80	25.45	36.43	40.23
Temperature (°C)	17.58	14.65	15.28	16.93	16.87	18.70	16.83	17.45	18.05
Fluvial hierarchy	1	2	2	1	2	2	2	3	3

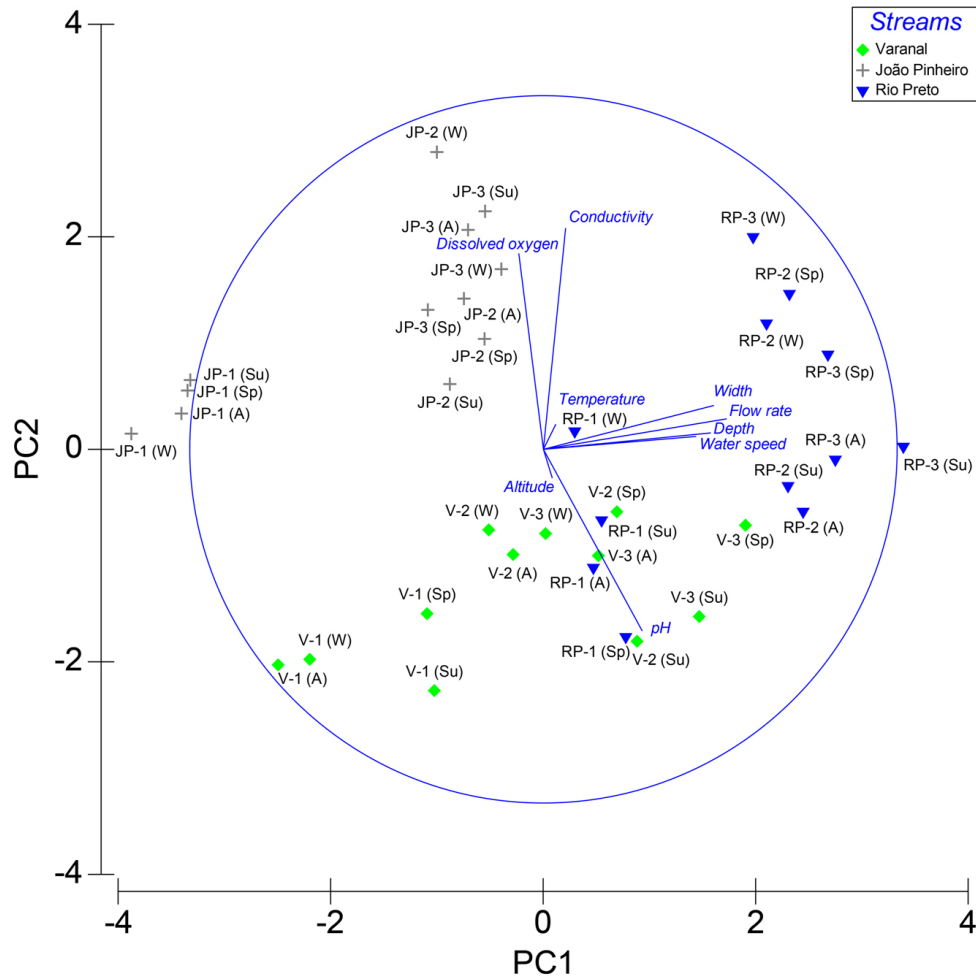


Figure 3. Principal component analysis (PCA; PC1 × PC2) of physical and chemical variables sampled in the Varanal, João Pinheiro and Rio Preto streams (Su: summer; A: autumn; W: winter; Sp: spring).

Discussion

From the collected fish species, $98.35 \pm 0.73\%$ belonged to the orders Characiformes and Siluriformes, reflecting the expected pattern for Neotropical streams (e.g., Castro 1999, Casatti et al. 2001, Shibatta & Cheida 2003, Shibatta et al. 2007, Couto & Aquino 2011). The most abundant species was *Phalloceros harpagos*, which was mainly collected in the middle segment of the João Pinheiro stream and in the headwater and middle segments of the Rio Preto (JP-2, RP-1 and RP-2). According to Casatti et al. (2001), this species is related to lentic microhabitats. The middle segment of the João Pinheiro (JP-2) has flooded areas with submerged marginal vegetation, which may provide microhabitats for the establishment of the species. The middle segment of the Rio Preto (RP-2), which presents disturbed substrate, had the highest abundance of *P. harpagos*, demonstrating the opportunistic characteristic of this species and high tolerance to the loss of environmental quality (Vieira & Shibatta 2007, Araújo et al. 2009, Felipe & Suárez 2010). The second most representative species in number was *Trichomycterus* aff. *davisi*, the only species present in all analyzed segments. This species was collected in fast water microhabitats of the analyzed stretches, being the only species collected in first order segments (V-1 and JP-1). Species of the genus *Trichomycterus* inhabit small streams with rocky bottom and high water flow (Arratia 1983, Casatti 2003, Chará et al. 2006) and two

species of the genus were considered constant in headwater regions of the Capivara river, a mountain stream which first, third and fourth orders segments were analyzed by Uieda & Barreto (1999), located in the Tietê river basin in São Paulo. The genus *Trichomycterus* was also considered to be a group of species characteristic of headwaters of mountain streams by Buckup (1999).

No temporal influence was observed in the distribution of fish species in the analyzed mountain streams. This seems to be a pattern for all low-order streams of the Neotropical region (e.g., Vilella 2002, Langeani et al. 2005, Valério et al. 2007, Suárez 2008, Suárez & Lima-Júnior 2009) because the temporal variation is mainly associated with the fish migration from the lower portions of the basin (Grossman & Ratajczak Junior 1998) and, as these streams present a small temporal variation of their hydrological characteristics (Suárez & Petre Junior 2005) and also a higher stability than the higher order segments, with an almost constant energy flow throughout the year (Dudgeon 2008), they act as a “filter of species” (Poff 1997), preventing the colonization of migratory species in these environments.

The analysis of similarity showed significant difference among the fish assemblage in the sampled segments, and the cluster and MDS analysis showed that the fish assemblages are similar along these three streams. All headwater and middle segments of the three sampled streams formed the group B in the cluster analysis. According to the order classification of the channel segments, it was expected that the

Table 2. Number of specimens of the fish species sampled in the Varanal, João Pinheiro and Rio Preto streams.

Taxa	Varanal			João Pinheiro			Rio Preto		
	V-1	V-2	V-3	JP-1	JP-2	JP-3	RP-1	RP-2	RP-3
Order Characiformes									
Family Characidae									
<i>Astyanax</i> aff. <i>paranae</i> Eigenmann, 1914	-	21	39	-	7	2	1	26	28
<i>Astyanax altiparanae</i> Garutti & Britski, 2000	-	-	-	-	6	-	-	-	-
<i>Oligosarcus paranensis</i> Menezes & Géry, 1983	-	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Bryconamericus</i> aff. <i>iheringii</i> (Boulenger, 1887)	-	-	-	-	-	10	-	-	-
<i>Bryconamericus stramineus</i> Eigenmann, 1908	-	-	5	-	-	-	-	-	-
<i>Hyphessobrycon boulengeri</i> Eigenmann, 1907	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Piabina argentea</i> Reinhardt, 1867	-	-	87	-	1	-	-	-	-
Family Erythrinidae									
<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch, 1794)	-	-	-	-	-	5	-	-	2
Family Parodontidae									
<i>Apareiodon ibitiensis</i> Amaral Campos, 1944	-	-	2	-	-	-	-	-	1
<i>Apareiodon piracicabae</i> Eigenmann, 1907	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Family Poeciliidae									
<i>Phalloceros harpagos</i> Lucinda, 2008	-	-	4	-	108	2	89	225	5
Order Gymnotiformes									
Family Gymnotidae									
<i>Gymnotus sylvius</i> Albert & Fernandes-Matioli, 1999	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Order Perciformes									
Family Cichlidae									
<i>Geophagus brasiliensis</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	-	-	1	-	-	17	-	-	-
Order Siluriformes									
Family Callichthyidae									
<i>Corydoras ehrhardti</i> Steindachner, 1910	-	-	-	-	8	104	-	-	-
<i>Corydoras paleatus</i> (Jenyns, 1842)	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Family Heptapteridae									
<i>Rhamdia quelen</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	-	-	1	-	-	-	-	-	10
Family Loricariidae									
<i>Hypostomus ancistroides</i> (Ihering, 1911)	-	-	14	-	-	-	-	-	15
<i>Isbrueckerichthys calvus</i> Jerep, Shibatta, Pereira & Oyakawa, 2006	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Hisonotus francirochai</i> (Ihering, 1928)	-	-	-	-	1	1	-	-	-
<i>Otothyropsis</i> sp.	-	-	1	-	2	3	-	-	-
Family Trichomycteridae									
<i>Trichomycterus</i> aff. <i>davisi</i> (Haseman, 1911)	24	79	39	17	17	13	25	25	3
	24	100	196	17	150	158	115	276	68

Table 3. Results of the canonical correspondence analysis (CCA, canonical coefficients [CCA1 and CCA2] and coefficient of determination [r^2]), of the environmental variables in Varanal, João Pinheiro and Rio Preto streams. * = significant at $\alpha \leq 0.05$; ** = significant at $\alpha \leq 0.01$; *** = significant at $\alpha \leq 0.001$.

	CCA1	CCA2	r^2
Altitude	0.3150	-0.8143	0.0440
Width	0.4798	-0.5515	0.3152 ***
Depth	0.2560	-0.4220	0.2626 *
Water speed	0.3747	0.0808	0.5291 ***
Flow rate	0.4403	-0.4193	0.3036 *
pH	0.8826	0.0554	0.3417 ***
Dissolved oxygen	-0.3493	-0.2283	0.1349
Conductivity	-0.5766	-0.4540	0.2349 **
Temperature	-0.3499	-0.1564	0.0292

middle segment of the Rio Preto (RP-2), of third order, was to be grouped with the mouth segments, and not with the first and second order segments. The presence of this stretch in the cluster B can be explained by its historical use, where stones were removed from its bottom. The modification of the substrate of a river influences the physical attributes of the habitat (Karr 1981, Melo et al. 2003, Dias & Tejerina-Garro 2010), leading to the loss of microhabitats and modification of the structure and composition of the fish assemblage via local extinction of species (Gorman & Karr 1978, Araújo & Tejerina-Garro 2009).

The mouth of the Varanal (V-3), of second order, and the mouth of the Rio Preto (RP-3), of third order, formed the group A in the cluster analysis. The segments more distant from the headwaters have a more complex habitat, supporting a higher number of species which variably interact with the environment (Vannote et al. 1980),

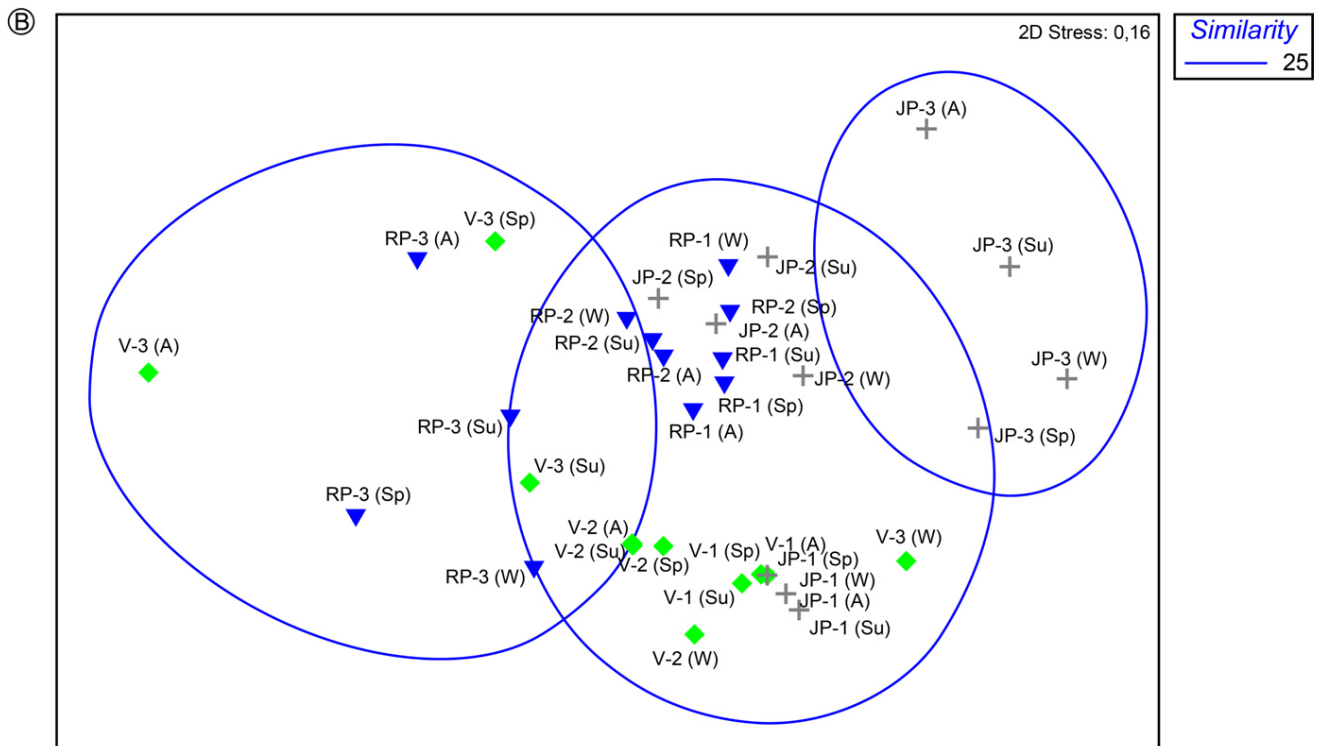
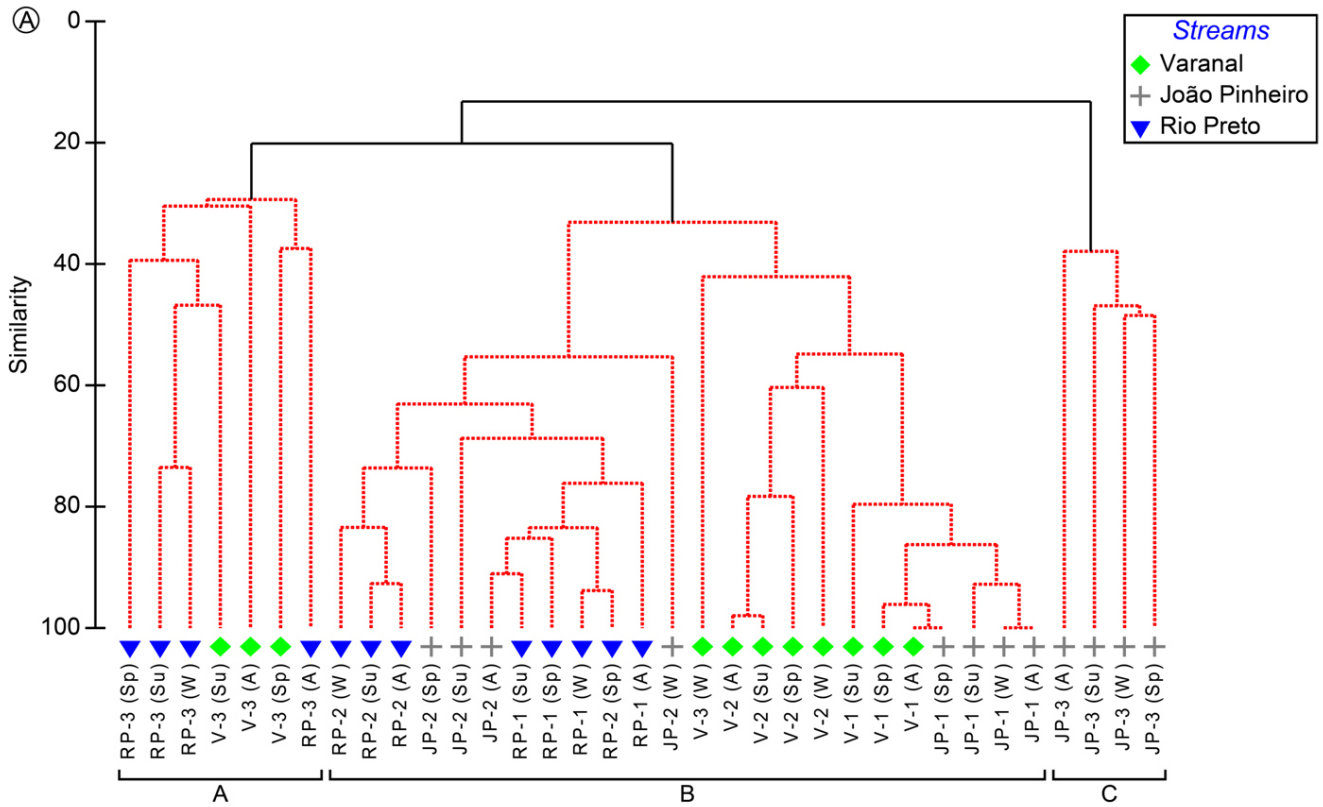


Figure 4. (a) Similarity dendrogram (Bray-Curtis similarity) for sampled segments in the Varanal, João Pinheiro and Rio Preto streams. Solid black lines indicate significant group structure at the 5% level. (b) Nonmetric multidimensional scaling plot (2-D stress: 0.16; 3-D stress: 0.09) with superimposed significant clusters at similarity levels of 25% (Su: summer; A: autumn; W: winter; Sp: spring).

Patterns of fish assemblages in mountain streams

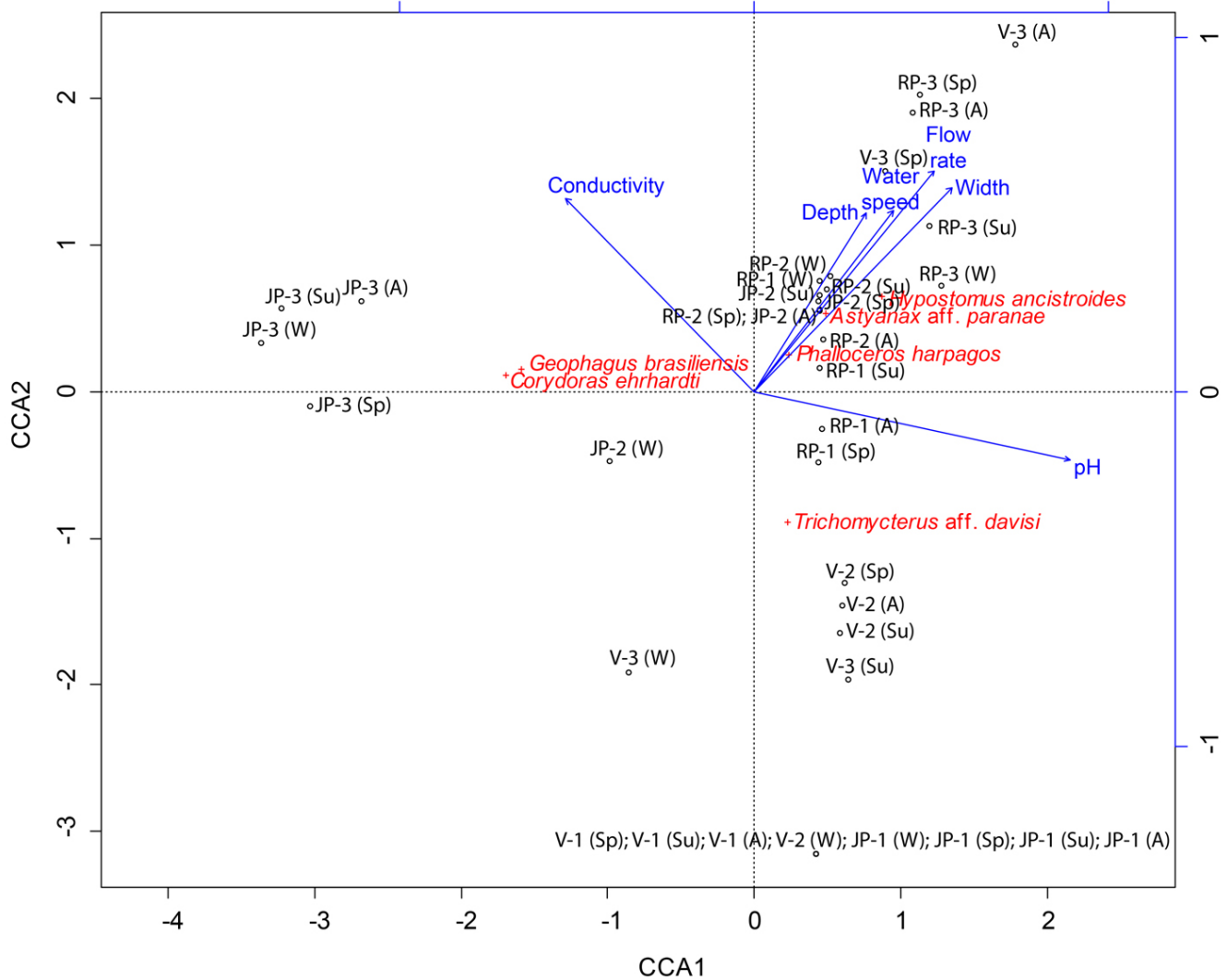


Figure 5. Scatterplot of the two first axis resulted from canonical correspondence analysis (CCA) for the fish assemblages in the Varanal, João Pinheiro and Rio Preto streams (Su: summer; A: autumn; W: winter; Sp: spring).

as observed on the species that characterize this group. *Astyanax aff. paranae* is a species that inhabits the water column (Shibatta et al. 2002), while *Hypostomus ancistroides* inhabits the bottom of streams, scraping algae on the substrate (Casatti et al. 2001). The canonical correspondence analysis supports this assumption, as it demonstrates that environmental variables that most influenced the distributional patterns of these species were the stream width, depth, water speed, flow rate, conductivity and pH.

The cluster C, consisting of the lower segment of the João Pinheiro (JP-3), differs from the others by the presence of structural alterations, which eliminated the mountain stream characteristics. This situation is evidenced by the species that define this group, *Geophagus brasiliensis* and *Corydoras ehrhardti*. Species of the genera *Corydoras* prefers sand deposition areas and *G. brasiliensis* is a species with opportunistic behavior, found in pools (Casatti et al. 2001, Shibatta et al. 2008). The canonical correspondence analysis also showed that *C. ehrhardti* and *G. brasiliensis* are related to narrower and shallower waters, with low pH and high conductivity.

It was observed that the mountain streams herein analyzed present some patterns in the structure of the ichthyofauna. The streams presented a similar ichthyofauna and no temporal variation was found in the species composition. The low order segments closer

to the headwaters were similar, mainly due to the occurrence of *T. aff. davisii* found in the three streams, and as the volume of water increases, the assembly becomes characterized by the presence of other species which exploit the environment in variable ways. It was also observed that the relative position of each stretch in the basin were more important than their order to define the similarity between them. However these patterns still need to be better assessed by a comparison with other mountain streams from the Atlantic Forest and also with other stream categories; to determine how they differ. It is also evident that there is still much basic information to be known about dynamics of mountain streams of the Atlantic Rain Forest, such as taxonomic inventories and studies of species biology, an important data for the understanding, management and conservation of the Atlantic Rain Forest biome.

Acknowledgments

We are grateful to Alexander Claro García, Mario Roberto Castro Meira Filho, Matheus Zaqueu de Lima, Alessandro Borini Lone and Edison Santana da Silva for the assistance on field work. To Oscar Akio Shibatta (Museu de Zoologia da Universidade Estadual de Londrina) for the species identification and the help with data

analysis. To CAPES for the financial support and to Elaine Antonias Luiz Kashiwaqui and referees for the valuable contributions which improved the manuscript.

References

- ABILHOA, V., BRAGA, R.R., BORNATOWSKI, H. & VITULE, J.R.S. 2011. Fishes of the Atlantic Rain Forest streams: Ecological Patterns and Conservation. In Changing diversity in changing environment (O. Grillo, ed.). InTech, Croatia, p.259-282. <http://dx.doi.org/10.5772/24540>
- ARAÚJO, F.G., PEIXOTO, M.G., PINTO, B.C.T. & TEIXEIRA, T.P. 2009. Distribution of guppies *Poecilia reticulata* (Peters, 1860) and *Phalloceros caudimaculatus* (Hensel, 1868) along a polluted stretch of the Paraíba do Sul River, Brazil. *Braz. J. Biol.* 69(1):41-48. PMID:19347144. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842009000100005>
- ARAÚJO, N.B. & TEJERINA-GARRO, F.L. 2009. Influence of environmental variables and anthropogenic perturbations on stream fish assemblages, Upper Paraná River, Central Brazil. *Neotrop. Ichthyol.* 7(1):31-38. <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252009000100005>
- ARRATIA, G. 1983. Preferencias de habitat de peces siluriformes de aguas continentales de Chile (Fam. Diplomystidae y Trichomycteridae). *Stud. Neotrop. Fauna E.* 18(4):217-237. <http://dx.doi.org/10.1080/01650528309360637>
- AZEVEDO, T.I.N., SEKIAMA, M.L., VIEIRA, A.O.S. & BENNEMANN, S.T. 2008. Descrição física da micro bacia do Ribeirão Varanal e caracterização dos trechos. In A flora e a fauna do Ribeirão Varanal: um estudo da biodiversidade no Paraná (S.T. Bennemann, O.A. Shibatta & A.O.S. Vieira, orgs). EdUEL, Londrina, p.5-14. PMID:20059806.
- BARRELLA, W., PETRERE Jr., M., SMITH, W.S. & MONTAG, L.F.A. 2000. As relações entre matas ciliares, os rios e os peixes. In Matas Ciliares: conservação e recuperação (R.R. Rodrigues & H.F. Leitão Filho, eds). EdUSP, São Paulo, p.187-207.
- BENNEMANN, S.T., SILVA-SOUZA, Â.T. & ROCHA, G.R.A. 1995. Composición ictiofaunística en cinco localidades de la cuenca del río Tibagi, PR – Brasil. *Interciencia.* 20(1):7-13.
- BENNEMANN, S.T. & GALVES, W. 2008. Metodologia de amostragem da fauna aquática. In A flora e a fauna do Ribeirão Varanal: um estudo da biodiversidade no Paraná (S.T. Bennemann, O.A. Shibatta & A.O.S. Vieira, orgs). EdUEL, Londrina, p.69-76.
- BENNEMANN, S.T., SHIBATTA, O.A. & VIEIRA, A.O.S. 2008. Síntese e medidas de conservação. In A flora e a fauna do Ribeirão Varanal: um estudo da biodiversidade no Paraná (S.T. Bennemann, O.A. Shibatta & A.O.S. Vieira, orgs). EdUEL, Londrina, p.69-76.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA. 2002. Biodiversidade Brasileira: avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira. MMA, Brasília, 404p.
- BUCKUP, P.A. 1999. Sistemática e biogeografia de peixes de riachos. In Ecologia de peixes de riachos: Estado Atual e Perspectivas (E.P. Caramaschi, R. Mazzoni, C.R.S.F. Bizerril & P.R. Peres-Neto, eds). *Oecol. Bras.* 6:91-138.
- CASATTI, L., LANGEANI, F. & CASTRO, R.M.C. 2001. Peixes de riacho do Parque Estadual Morro do Diabo, bacia do Alto Paraná, SP. *Biota Neotrop.* 1(12): <http://www.biotaneotropica.org.br/v1n12/pt/abstract?iinventory+BN00201122001>
- CASATTI, L. 2003. Biology of a Catfish, *Trichomycterus* sp. (Pisces, Siluriformes), in a Pristine Stream in the Morro do Diabo State Park, Southeastern Brazil. *Stud. Neotrop. Fauna E.* 38(2):105-110. <http://dx.doi.org/10.1076/snfe.38.2.105.15928>
- CASTRO, R.M.C. 1999. Evolução da ictiofauna de riachos sul-americanos: padrões gerais e possíveis processos causais. In Ecologia de Peixes de Riachos: Estado Atual e Perspectivas (E.P. Caramaschi, R. Mazzoni, C.R.S.F. Bizerril, P.R. Peres-Neto, eds.). *Oecol. Bras.* 6:139-155.
- CHARÁ, J.D., BAIRD, D.J., TELFER, T.C. & RUBIO, E.A. 2006. Feeding ecology and habitat preferences of the catfish genus *Trichomycterus* in low-order streams of the Colombian Andes. *J. Fish Biol.* 68(4):1026-1040. <http://dx.doi.org/10.1111/j.0022-1112.2006.00984.x>
- CLARKE, K.R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Aust. J. Ecol.* 18(1):117-143. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x>
- CLARKE, K.R. & GORLEY, R.N. 2006. PRIMER v6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth.
- COUTO, T.B.A. & AQUINO, P.D.P.U. 2011. Structure and integrity of fish assemblages in streams associated to conservation units in Central Brazil. *Neotrop. Ichthyol.* 9(2):445-454. <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252011000200023>
- DIAS, A.M. & TEJERINA-GARRO, F.L. 2010. Changes in the structure of fish assemblages in streams along an undisturbed-impacted gradient, upper Paraná River basin, Central Brazil. *Neotrop. Ichthyol.* 8(3):587-598. <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252010000300003>
- DUDGEON, D. 2008. Tropical Stream Ecology. Academic Press, London.
- FELIPE, T.R.A. & SÚAREZ, Y.R. 2010. Characterization and influence of environmental factors on stream fish assemblages in two small urban sub-basins, Upper Paraná River. *Biota Neotrop.* 10(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v10n2/en/abstract?article+bn03810022010>
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA & INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. 2011. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica período 2008-2010. São Paulo.
- GORMAN, O.T. & KARR, J.R. 1978. Habitat structure and stream fish community. *Ecology.* 59(3):507-516. <http://dx.doi.org/10.2307/1936581>
- GROSSMAN, G.D. & RATAJCZAK JUNIOR, R.E. 1998. Long-term patterns of microhabitat use by fish in a southern Appalachian stream from 1983 to 1992: effects of hydrologic period, season and fish length. *Ecol. Freshw. Fish* 7:108-131. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0633.1998.tb00178.x>
- INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS – ITCG. 2011. Arquivo Vetorial - Formato Shapefile - da hidrografia do Estado do Paraná. <http://www.itcg.pr.gov.br/> (último acesso em 26/04/2012)
- KARR, J.R. 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries* 6(1):21-27. [http://dx.doi.org/10.1577/1548-8446\(1981\)006<0021:A0BIUF>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1577/1548-8446(1981)006<0021:A0BIUF>2.0.CO;2)
- LANGEANI, F., CASATTI, L., GAMEIRO, H.S., CARMO, A.B. & ROSSAFERES, D.C. 2005. Riffle and pool fish communities in a large stream of southeastern Brazil. *Neotrop. Ichthyol.* 3(2):305-311. <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252005000200009>
- LANGEANI, F., CASTRO, R.M.C., OYAKAWA, O.T., SHIBATTA, O.A., PAVANELLI, C.S. & CASATTI, L. 2007. *Biota Neotrop.* 7(3): <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032007000300020>
- LOWE-McCONNELL, R.H. 1999. Estudos ecológico de comunidades de peixes tropicais. EdUSP, São Paulo.
- MEDRI, M.E., BIANCHINI, E., SHIBATTA, O.A. & PIMENTA, J.A. 2002. A Bacia do rio Tibagi. EDUEL, Londrina.
- MELO, C.E., MACHADO, F.A. & PINTO-SILVA, V. 2003. Diversidade de peixes em um córrego de Cerrado no Brasil central. *Braz. J. Ecol.* 1(2):17-23.
- OKSANEN, J. 2011. Multivariate analysis of ecological communities in R: vegan tutorial. <http://cc.oulu.fi/~jarioksa/softhelp/vegan.html> (último acesso em 20/06/2012).
- POFF, N.L. 1997. Landscape filters and species traits: towards mechanistic understanding and prediction in stream ecology. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 16:391-409. <http://dx.doi.org/10.2307/1468026>
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2012. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- SANTOS, G.M. & FERREIRA, E.J.G. 1999. Peixes da bacia Amazônica. In Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais (R.H. Lowe-McConnell). EdUSP, São Paulo, p.345-373.

- SHIBATTA, O.A., ORSI, M.L., BENNEMANN, S.T. & SILVA-SOUZA, A.T. 2002. Diversidade e distribuição de Peixes na bacia do rio Tibagi. In *A Bacia do rio Tibagi*. (M.E. Medri, E. Bianchini, O.A. Shibatta & J.A. Pimenta, eds). EdUEL, Londrina, p.403-424
- SHIBATTA, O.A. & CHEIDA, C. 2003. Composição em tamanho dos peixes (Actinopterygii, Teleostei) de ribeirões da bacia do rio Tibagi, Paraná, Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 20(3):469-473. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752003000300016>
- SHIBATTA, O.A., GEALH, A.M. & BENNEMANN, S.T. 2007. Ictiofauna dos trechos alto e médio da bacia do rio Tibagi, Paraná, Brasil. *Biota Neotrop.* 7(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v7n2/pt/abstract?article+bn02107022007>
- SHIBATTA, O.A., BENNEMANN, S.T., MORI, H. & SILVA, D.F. 2008. Riqueza biológica e ecológica dos peixes do Ribeirão Varanal. In *A flora e a fauna do Ribeirão Varanal: um estudo da biodiversidade no Paraná* (S.T. Bennemann, O.A. Shibatta & A.O.S. Vieira, orgs.). EdUEL, Londrina, p.77-98.
- STRAHLER, A.N. 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Eos. T. Am. Geophys. Un.* 8(6):913-920. <http://dx.doi.org/10.1029/TR038i006p00913>
- SÚAREZ, Y.R. & PETRERE JUNIOR, M. 2005. Organização das assembleias de peixes em riachos da bacia do rio Iguatemi, Mato Grosso do Sul. *Acta Sci. Biol. Sci.* 22(2):161-167.
- SÚAREZ, Y.R. 2008. Variação espacial e temporal na diversidade e composição de espécies de peixes em riachos da bacia do Rio Ivinhema, Alto Rio Paraná. *Biota Neotrop.* 8(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v8n3/en/abstract?article+bn02308032008>
- SÚAREZ, Y.R. & LIMA-JÚNIOR, S.E. 2009. Variação espacial e temporal nas assembleias de peixes de riachos na bacia do rio Guiraí, Alto Rio Paraná. *Biota Neotrop.* 9(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v9n1/en/abstract?article+bn01709012009>
- TER BRAAK, C.J.F. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct analysis. *Ecol.* 67(5):1167-1179. <http://dx.doi.org/10.2307/1938672>
- UIEDA, V.S. & BARRETO, M.G. 1999. Composição da ictiofauna de quatro trechos de diferentes ordens do rio Capivara, bacia do Tietê, Botucatu, São Paulo. *Rev. Bras. Zool.* 1(1):55-67.
- VALÉRIO, S.B., SÚAREZ, Y.R., FELIPE, T.R.A., TONDATO, K.K. & XIMENES, L.Q.L. 2007. Organization patterns of headwater-stream fish communities in the Upper Paraguay-Paraná basins. *Hydrobiologia.* 583(1):241-250. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-006-0533-1>
- VANNOTE, R.L., MINSHALL, G.W., CUMMINS, K.W., SEDELL, J.R. & CUSHING, C.E. 1980. The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37:130-137. <http://dx.doi.org/10.1139/f80-017>
- VIEIRA, D.B. & SHIBATTA, O.A. 2007. Peixes como indicadores da qualidade ambiental do ribeirão Esperança, Município de Londrina, Paraná, Brasil. *Biota Neotrop.* 7(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v7n1/pt/abstract?article+bn01407012007>
- VILELLA, F.S. 2002. Ecologia da comunidade aquática de um riacho de 1ª ordem da Mata Atlântica: Relações entre variáveis estruturais e bióticas em uma Reserva de Biosfera Tropical. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

Received 09/13/2012

Revised 05/13/2013

Accepted 07/24/2013

Ecological partitioning of three Columbidae species in Northern Paraná, Southern Brazil

Priscila Montes Fontoura^{1,3} & Mário Luis Orsi²

¹Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Londrina – UEL, CP 10011, CEP 86057-970, Londrina, PR, Brazil

²Departamento de Biologia Animal e Vegetal, Universidade Estadual de Londrina – UEL, CP 10011, CEP 86057-970, Londrina, PR, Brazil

³Corresponding author: Priscila Montes Fontoura, e-mail: primontes@yahoo.com.br

FONTOURA, P.M. & ORSI, M.L. **Ecological partitioning of three Columbidae species in Northern Paraná, Southern Brazil.** *Biota Neotrop.* 13(3) <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?article+bn00913032013>

Abstract: Three species of Columbidae (*Columbina talpacoti*, *Columbina picui* and *Zenaida auriculata*) were studied in Londrina, Northern Paraná (Brazil), with the aim of analyzing which foraging and habitat factors contribute to their ecological partitioning. The study was conducted over one year in three different areas (urban, rural and pasture). We made monthly observations of the foraging strategies used by the species and the habitats they selected. Possible variations in availability of resources over the twelve months of the study did not influence the type of foraging used by the three species. Significant differences between the foraging strategies used by the species were observed in relation to the foraging site, specifically the foraging substrate. Soil, grass and paving were the foraging substrates that were most used by all three species, indicating that they are ground-foraging birds. Differences in the time spent in the foraging areas were significant between species; *Z. auriculata* remained in the foraging area for the longest time, often foraging in a group, suggesting a possible adaptation of this species in order to obtain a greater amount of resources. Adapting to anthropological environments without continuous forest cover could be one of factors that the most influential in the selection of habitat by the three species of Columbidae. Principal Components Analysis (PCA) showed differences between the proportions of herbaceous and gramineae plants, paving, plantations and shrubs in the habitats selected by each species. We also concluded that differences in the time spent in the foraging areas and between foraging substrates are factors contributing to the ecological separation of the three species and therefore allowing their coexistence in the region.

Keywords: *Columbina picui*, *Columbina talpacoti*, foraging strategies, habitat selection, *Zenaida auriculata*.

FONTOURA, P.M. & ORSI, M.L. **Repartição ecológica de três espécies de Columbidae no Norte do estado do Paraná, Sul do Brasil.** *Biota Neotrop.* 13(3) <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?article+bn00913032013>

Resumo: Três espécies de Columbidae (*Columbina talpacoti*, *Columbina picui* e *Zenaida auriculata*) foram estudadas em Londrina, Norte do Paraná (Brasil), com o intuito de analisar quais os fatores de forrageio e hábitat contribuem para a repartição ecológica dessas espécies. O estudo foi conduzido durante um ano em três áreas distintas (urbana, rural e de pastagem). Nós observamos mensalmente as estratégias de forrageio utilizadas pelas espécies e o hábitat que elas selecionam. Possíveis variações na disponibilidade de recursos ao longo dos doze meses de estudo não influenciaram no tipo de forrageio utilizado pelas três espécies. Diferenças significativas entre as estratégias de forrageio utilizadas pelas espécies foram observadas em relação ao local de forrageio, mais especificamente em relação ao substrato de forrageio. Solo, grama e pavimento foram os substratos de forrageio mais utilizados pelas três espécies, indicando que elas são espécies forrageadoras de solo. Diferenças entre o tempo de permanência na área de forrageio foram significativas entre as espécies; e *Z. auriculata* foi a espécie que se manteve por mais tempo na área de forrageio e frequentemente forrageava em grupo, sugerindo uma possível adaptação da espécie em relação a obtenção de uma quantidade maior de recursos. Adaptação a ambientes antrópicos e sem cobertura vegetal contínua pode ser um dos fatores de maior influência no hábitat que as três espécies de Columbidae selecionam. Análises de Componentes Principais (ACP) mostraram diferenças entre as proporções de herbáceas e gramíneas, pavimento, plantações e arbustos no hábitat selecionado por cada uma das espécies. Nós concluímos também que diferenças entre o tempo de permanência na área de forrageio e diferenças entre o substrato de forrageio são fatores que contribuem para separação ecológica e permitem a coexistência das três espécies na região.

Palavras-chave: *Columbina picui*, *Columbina talpacoti*, estratégias de forrageio, seleção de hábitat, *Zenaida auriculata*.

Introduction

Studies of foraging behavior are a useful tool in determining how birds use their habitat; they also enable environmental features that might influence bird populations to be identified (Cueto & Casenave 2002). Traits such as foraging height, position, substrate foraging and patterns that relate variables of foraging behavior with habitat use are commonly investigated and may indicate dimensions which differentiate species (Wiens 1989) according to their use of resources and patterns of trophic niches. Resource availability is another factor to be considered in foraging studies, given that the quantity of food items can vary seasonally within a habitat.

Resource factors and conditions that involve spatial and temporal separation in the environment can contribute to the differentiation of niches between ecologically similar species that use the same resources (Begon et al. 2006). Furthermore, related species often differ in their habitat and/or habitat dimensions and thus avoid competition with each other (MacArthur & Levins 1964). Habitat selection is a hierarchical process when considered in relation to behavioral responses, which might result in a disproportionate use of habitats in order to influence the survival and fitness of individuals (Hutto 1985, Block & Brennan 1993, Jones 2001).

Columbina talpacoti (Temminck, 1811), *Columbina picui* (Temminck, 1813) and *Zenaida auriculata* (Des Murs, 1847) belong to the family Columbidae; their similarities include that they are all considered grassland species (Sick 1997) and have a granivorous diet (Baptista et al. 1997). The two *Columbina* species also have a similar length of approximately 16.5 cm (Sick 1997) and weight of 47 g (Dunning 2008), whereas *Z. auriculata* has a length of 21 cm (Sick 1997) and weight of 136 g (Dunning 2008). They are all distributed throughout most of Brazil and are classified as common throughout the year based on studies conducted in Londrina (Westcott et al. 2002, Lopes & Anjos 2006). Populations of *Z. auriculata* have increased in Argentina and in the state of São Paulo (Brazil) since the mechanization of agriculture that has created landscapes with a large availability of food (Ranvaud & Bucher 2006). Although *Z. auriculata* is present at a higher population density when compared to the other species (P.M. Fontoura & M.L. Orsi, unpublished data), the three species are native and coexist in the study region.

Ecological mechanisms such as morphological divergence, behavior or even the differential use of food resources and resources in space could be evolutionary responses in the competition between species (Krebs 1985). This study investigated strategies used in foraging behavior and habitat selection by the three species that were the targets of this study, with the aim of: 1) evaluating the foraging strategies used by *Z. auriculata*, *C. talpacoti* and *C. picui*; 2) assessing the influence of temporal gradients on the kind of foraging used by species; 3) analyzing the habitats they select within the environment; and 4) relating the corresponding factors to the components of foraging and habitat and the ecological partitioning of these similar species.

Material and Methods

1. Study area

Londrina (23° 17' 32" S and 51° 10' 23" W) is a city located in Paraná State North, South Brazil. According to the Monitoring System of Agroclimatic Paraná (Instituto... 2013), the city has a climate classified as subtropical humid, the mean annual temperature is 21 °C and annual precipitation is around 1600 mm, varying between 53 mm in the driest month (August) and 219 mm in the rainiest

month (January). Atlantic Forest is a dominant biome in the region (Fundação... & Instituto... 2009).

The study was conducted in three areas commonly used by the species in Londrina. Area 1 is an urban area located on the outskirts of the city of Londrina, containing (percentages are approximate) residential homes (60%), empty lots (20%), paved streets (15%), and trees and gardens (5%). Area 2 is an agricultural area located in the rural area of Londrina characterized by plantations (80%), edge of secondary forest (10%), bare soil (5%) and built-up area (5%). Finally, the third area is an area of pasture located in a rural zone, containing grass pasture (65%), regenerating forest (15%), edge of secondary forest (10%) and built-up area (10%).

2. Foraging behavior and habitat selection

Sampling was undertaken from August 2011 to July 2012, with monthly observations being made to collect foraging data and characterize the habitats of the three species involved in this study. Each of the three study areas was visited two days per month during the study period; sampling was begun two hours after sunrise. The daily observation time was two hours, totaling 48 hours of sampling effort for each area over the twelve months of study. A transect of 2,000 m was established in each area and walked by the observer on each day of observation. Direct observations of the foraging behavior of the species were recorded using the method of focal animal sampling (Altmann 1974), in which the foraging strategies of a selected individual were counted after an initial five seconds of contact with the species, during which time the individual could become accustomed to being observed. In order to reduce any pseudoreplication as a result of the autocorrelation of the foraging samples and to guarantee independence of the data, observations were separated by an interval of five minutes and only the initial foraging behavior of the individual was recorded (Hejl et al. 1990). When more than one species was presented to the observer, preference was given to observing the species for which fewer records had been made up to that point (Volpato & Anjos 2001).

The foraging strategies were categorized according to the system proposed by Remsen & Robinson (1990) for the feeding behavior of soil birds (with adaptations): 1) type of foraging or attack behavior to capture food: glean (to pick food from a nearby substrate), lunge (bird moves up to the food item), sally (fly from a perch to attack a food item), probe (insert the beak into cracks or holes in the substrate to capture hidden food) and flake (removing the loose substrate with beak movements); 2) the foraging site, classified according to the foraging substrate: soil, branch, air, grass or paving (including any type of flooring such as sidewalk and asphalt); 3) vertical position, i.e. the estimated height of the bird relative to the ground; 4) food item, when it was possible to observe this; 5) the time each bird spent at the foraging site, considered to be the area within a radius of 2 m from the point where the individual was first observed (Lopes et al. 2006); and 6) agonistic behavior: intraspecific or interspecific.

In parallel with sampling and observations of foraging behavior and between periods of recording the foraging strategies, habitat selection by the species was characterized according to the methodology of Marra & Remsen (1997), with adaptations. Based on the physical characteristics of the environment and structure of the vegetation, ten environmental variables were discriminated (shown in Table 1). Information concerning environmental variables was collected within a radius of 10 m from the point where the individual was initially observed, and each detection was considered as a sample.

3. Data analysis

A two-way analysis of variance (ANOVA) ($p < 0.05$) was used to determine whether there were any differences between the species

in relation to the five type of foraging used over the 12 months of study. A G-test was used to determine differences for the species in respect of the strategies related to type of foraging, foraging site and food item. Vertical position and time are quantitative variables and were therefore analyzed using a Kruskal–Wallis test, and agonistic behavior strategy was analyzed based on frequency of occurrence. A Principal Components Analysis (PCA) was performed both for the total data and separately for each species, with the aim of identifying the most important environmental variables in the habitat selected by the species. The axes were retained for interpretation of the PCA data and the highest values of the eigenvectors of the principal axes were considered as being the most representative in the analysis.

Results

A total of 381 observations of foraging behavior were obtained for the three species during the twelve-month study period, of which 53 observations were for *C. talpacoti*, 48 for *C. picui* and 280 for *Z. auriculata*. No significant temporal differences were found in the type of foraging used during the study by *C. talpacoti* ($F_{4,36} = 0.614$, $p = 0.974$), *C. picui* ($F_{4,36} = 0.434$, $p = 0.999$) or *Z. auriculata* ($F_{4,36} = 1.181$, $p = 0.212$). However, all species preferentially used foraging by glean (Table 2), and therefore no significant differences in the type of foraging used were found between them ($G = 8.62$, $df = 8$, $p = 0.38$). *Columbina talpacoti* and *C. picui* were observed foraging on soil, branches, grass and paving, whereas *Z. auriculata* was recorded on all foraging substrates (Table 2). Significant differences were found between the foraging sites used by the species ($G = 18.4$, $df = 8$, $p = 0.019$). The specific food items consumed by a species could be observed in 19.7% of the total foraging samples. Species did not differ in the type of ingested food ($G = 0.97$, $df = 2$, $p = 0.615$) and seed was the preferred food item, with a preference of at least 95% (Table 2). No significant differences were observed in the vertical position of the foraging of *C. talpacoti*, *C. picui* and *Z. auriculata* ($H = 0.034$, $p = 0.98$), but the species differed in the time spent in the foraging areas ($H = 80.9$, $p < 0.001$) (Figure 1) and *Z. auriculata* remained significantly longer at a foraging site than the two other species (Mann–Whitney pairwise comparisons, $p < 0.001$). Agonistic behavior was observed in 1.05% of the total foraging samples, with all occurrences being for *Z. auriculata*. This represents a 1.43% occurrence frequency of intraspecific behavior for this species.

Of the environmental variables that were representative of each species (Table 3), four were common to the three species in the following order: absence of leaf litter, buildings up to 10%, bare soil up to 10% and the absence of large trees (CBH > 30cm). Paving of more than 10% and an absence of shrubs were also important categories for *C. talpacoti* and *C. picui*. Considering the PCA of all species together, Principal Component 1 (one axis) explained 41% of the variance and was influenced by the absence of plantations, buildings up to 10% and paving up to 10%. Principal Component 2 (axis 2) explained 20% of the data variance, and was influenced by the absence of leaf litter and absence of shrubs (Figure 2). Principal Component 3 (axis 3) explained 14% of the variance and was influenced by the variables of herbaceous and gramineae up to 10%, bare soil up to 10% and the absence of large trees (Figure 3). The three Principal Components together explained 75% of the variance for the obtained data.

Discussion

The three related study species are all adapted to anthropic environments without continuous forestation cover in Londrina. However, population levels of *Z. auriculata* have increased in South America, particularly in the states of São Paulo and Paraná, where agriculture has expanded over the years and replaced previously forested areas (Bucher & Ranvaud 2006). According to our results, the three species differ in the selection of environmental variables relating to the time spent in foraging areas and the foraging substrate, these being factors that have contributed to the ecological separation of the three species in the study region.

Although there was possibly a seasonality of resources during the twelve months of the study, mainly in the rural area, where cultivated grains were abundant during planting and harvesting and scarce at other times of the year, the analyses of the foraging strategies showed that the three species most frequently used gleaning. According to Remsen & Robinson (1990), many bird studies demonstrate this pattern of food capture, since gleaning food is presumably the least costly activity in terms of energy expenditure to the individual. A similar result was found by Volpato & Anjos (2001), in which glean was the dominant strategy of *Z. auriculata* and *C. picui*. Only items consumed near to the observer could be identified. The three study species readily swallow their food, making it difficult to assess food items consumed by individuals from direct observation. Seeds were

Table 1. Environmental variables converted to a scale of 0, 1 or 2 in order to characterize the habitat selected by *C. talpacoti*, *C. picui* and *Z. auriculata* during the period August 2011 to July 2012 in Northern Paraná, Southern Brazil.

Variable	Classification
leaf-litter, bare soil, shrubs, herbaceous/gramineae, buildings, paving and plantations	(0) absence, (1) presence up to 10% and (2) presence more than 10% in area
spacing of shrubs	(0) absence, (1) distance of more than 1 m and (2) distance up to 1 m among the shrubs
large trees (CBH > 30 cm)*	(0) absence, (1) presence up to 3 and (2) presence of more than 3 trees in the area
spacing of large trees	(0) absence, (1) distance of more than 3 m and (2) distance up to 3 m among trees

(*) CBH – circumference at breast height.

Table 2. Total number of records obtained in relation to types of foraging, foraging sites and food items for *C. talpacoti*, *C. picui* and *Z. auriculata* during the period August 2011 to July 2012 in Northern Paraná, Southern Brazil.

Species	Type of foraging					Foraging site					Food taken	
	Glean	Lunge	Sally	Probe	Flake	Soil	Branch	Air	Grass	Paving	Seed	Arthropod
<i>Columbina talpacoti</i>	49	3	0	1	0	26	2	0	14	11	7	0
<i>Columbina picui</i>	45	2	0	0	1	26	1	0	10	11	4	0
<i>Zenaida auriculata</i>	241	28	4	5	2	158	6	2	23	91	61	3

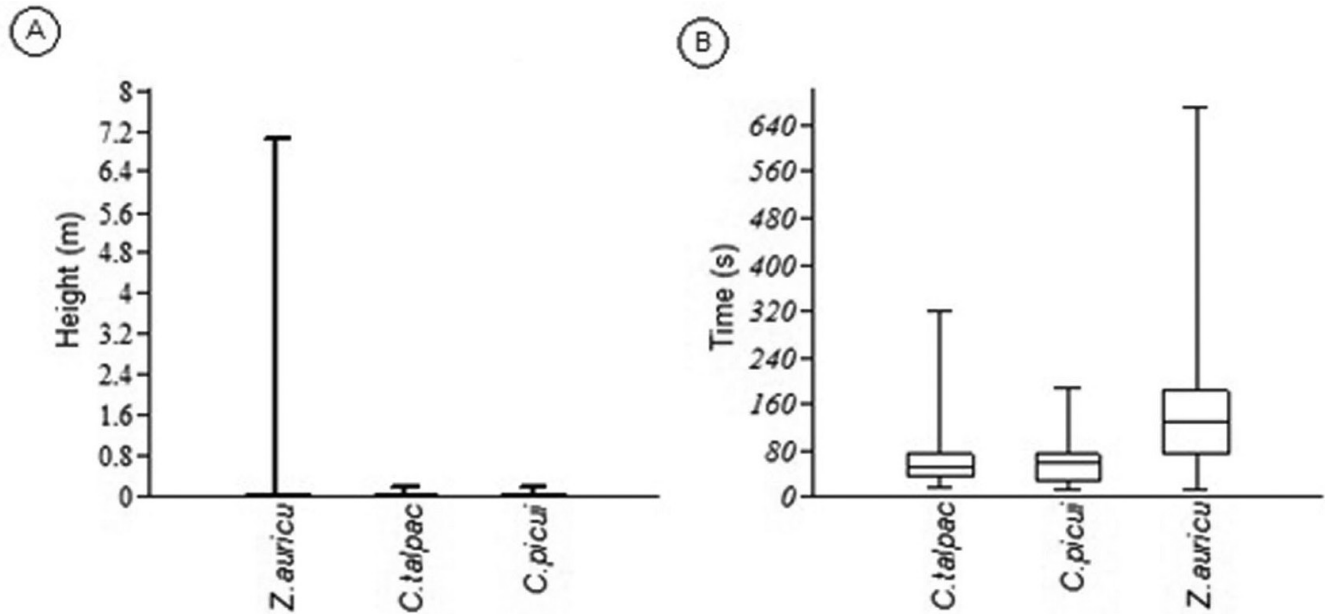


Figure 1. Box plots representing the median of foraging strategies of *Columbina talpacoti*, *Columbina picui* and *Zenaida auriculata* recorded during the period August 2011 to July 2012 in Northern Paraná, Southern Brazil: A) Vertical position – height of foraging in relation to the ground, and B) time spent in foraging areas.

Table 3. Percentage of concentrated variance on each axis retained and variables that most influenced the ordering of points (eigenvector values) from the PCA, according to habitat selected by *C. talpacoti*, *C. picui* and *Z. auriculata* during the period August 2011 to July 2012 in Northern Paraná, Southern Brazil.

Species (n)	Axis	Variance (%)	Variable (eigenvector)
<i>Columbina talpacoti</i> (73)	1	40	Absence of leaf-litter (-0.44); paving more than 10% (0.52); buildings up to 10% (0.42)
	2	25	Bare soil up to 10% (-0.63); herbaceous and gramineae more than 10% (-0.30)
	3	12	Absence of large trees (0.45); absence of shrubs (-0.38)
<i>Columbina picui</i> (66)	1	41	Absence of leaf-litter (-0.45); paving more than 10% (0.49); buildings up to 10% (0.42)
	2	25	Bare soil up to 10% (-0.52); absence of large trees (0.42)
	3	11	Absence of shrubs (-0.44)
<i>Zenaida auriculata</i> (321)	1	48	Bare soil up to 10% (0.34); absence of plantations (0.57); absence of paving (-0.53); buildings up to 10% (-0.46)
	2	15	Absence of large trees (-0.40); herbaceous and gramineae up to 10% (0.46); absence of leaf-litter (0.43)
	3	13	***

(***) did not show representative variable

the food item preferred by species in this study; this was also the case in studies of *C. talpacoti* in the Venezuela savanna (Pérez & Bulla 2000) and Central Brazil (Cintra et al. 1990), and of *Z. auriculata* in southeastern Brazil (Ranvaud et al. 2001), in southern Brazil (Cândido-Junior et al. 2008), in northwest Venezuela (Chacín & Calchi 2007) and in Argentina (Murton et al. 1974). Moreover, *Z. auriculata* can be considered to be legitimate seed dispersers (Bucher & Bocco 2009).

The species showed differences in relation to foraging site, specifically in relation to the type of foraging substrate. Soil, grass and pavement were to different extents the foraging sites most used by the three species (Table 2), indicating that they are ground-foraging birds i.e. that they feed mainly on the ground where the vertical position is zero. For urban birds, foraging on the ground offers advantages over other strata because of the increased visibility afforded by lawns, which increases the probability of detecting and escaping predators (Beissinger & Osborne 1982); in general, there are more seeds on the ground under trees (Milesi et al. 2008).

Agonistic behavior was not a predictor of the ecological partitioning of species because agonistic intraspecific behavior was not recorded in this study. *Columbina talpacoti* and *C. picui* were often observed foraging in pairs, although *C. picui* individuals occasionally foraged alone. *Columbina talpacoti* was frequently recorded forming mixed groups with individuals of *Columbina inca* (Lesson, 1847) in Central America (Skutch 1964, Baptista et al. 1997), although the formation of heterogeneous groups was not observed in the present study. Foraging in groups confers benefits that include a decrease in the time required to search for food, an increase in the probability of foraging at a suitable site, a decrease in the risk of not obtaining food (Kushlan 1981, Erwin 1983, González 1997), and a reduced chance of being preyed upon (Bednekoff & Lima, 2005). *Zenaida auriculata* was often observed foraging in groups and/or in pairs and remained longer at foraging sites when compared with *C. talpacoti* and *C. picui*. In general, species with a larger body mass require more food to fulfill their high energy demands, and a greater time spent at a foraging site can provide these individuals with the opportunity to obtain more resources. It has been recorded that an increase in the

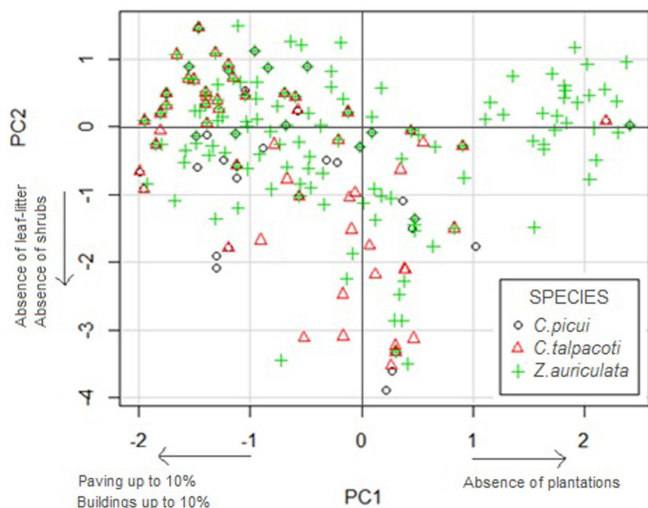


Figure 2. Ordination diagram of points produced by Principal Components Analysis (PCA) showing the distribution of *C. talpacoti*, *C. picui* and *Z. auriculata* on the first two components, according to the environmental variables selected by three species during the period August 2011 to July 2012 in Northern Paraná, Southern Brazil.

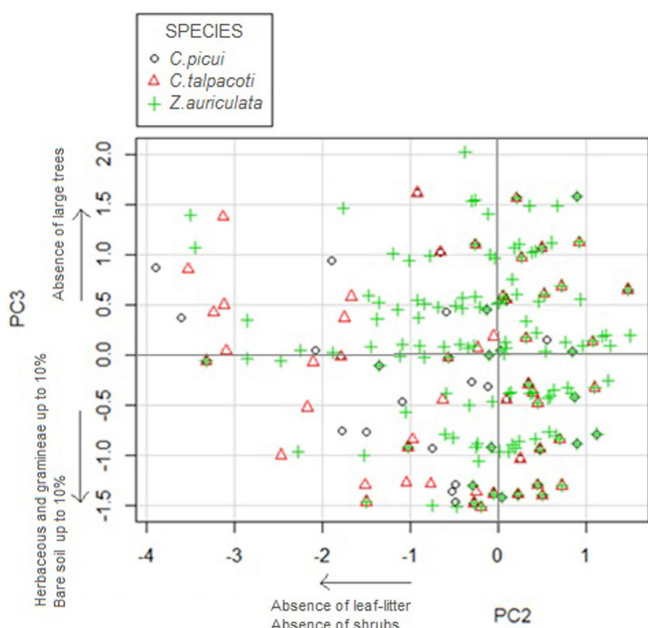


Figure 3. Ordination diagram of points produced by Principal Components Analysis (PCA), showing the distribution of *C. talpacoti*, *C. picui* and *Z. auriculata* on components 2 and 3, according to the environmental variables selected by three species during the period August 2011 to July 2012 in Northern Paraná, Southern Brazil.

number of individuals in a foraging group of *Columbina passerina* (Linnaeus, 1758) and *Leptotila verreauxi* Bonaparte, 1855 in Costa Rica, allowed each individual to spend their time more profitably in the obtaining of resources and, consequently, possibly resulted in a decrease in vigilance behavior (Burger 1992). Foraging in a group and prolonged residence time at foraging sites suggests a possible adaptation of *Z. auriculata* to obtain more resources, proportional to their greater body mass.

According to our analysis, different proportions of herbaceous plants and gramineae, paving, plantations and shrubs comprise the

habitats selected by each species and contribute to the differences between them. *Columbina talpacoti* and *C. picui* showed a greater similarity in this study both in foraging strategies used and the selected environmental variables, suggesting a greater niche overlap between them. However, *C. picui* was most frequently observed in large trees, a fact confirmed by PCA analysis, in which *C. picui* is more dependent on large trees in the environment than *C. talpacoti*. Ecological overlap was also recorded in species of the *Columbina* genus in Venezuela, including *C. talpacoti*, which had a dietary overlap with three other *Columbina* species (Pérez & Bulla 2000).

Adapting to anthropic environments without continuous forestation cover can be one of the most influential factors in the selection of habitat by the three Columbidae species studied. Although the type of foraging used by the three species throughout the year was basically the same, i.e. glean, and even though four of the environmental variables studied were considered common to the selected habitats, it is possible for the three species of Columbidae to coexist in the study region. Other factors not analyzed in this study might also be relevant to the survival of each species. However, important features of the physical environment and vegetation structure that comprised the habitat of each species were defined. The differences found in the habitat selected by each species, the different time spent at foraging sites and the different substrates used in foraging are results that contribute to the coexistence of *C. talpacoti*, *C. picui* and *Z. auriculata* and promote ecological partitioning of these similar species.

It is further relevant that *Z. auriculata* demonstrates a wide ecological range because of its ability to inhabit different environments occupied by humans and maintain a large number of individuals at these sites; management practice for this species should therefore consider human activity, reflecting the influence of the explosion in human population.

Acknowledgments

We thank Luiz dos Anjos for the contributions during this research and for advice. Edson Lopes helped us to improve a version of the manuscript and the technicians of the Museum of Zoology at UEL Aparecido and Edson helped in sampling. We thank local families Mrs. Luiza, Sir Otacilio, Mrs. Maria Helena, Sir Guilon and the Programa de Pós-graduação for academic and financial support.

References

- ALTMANN, J. 1974. Observational study of behavior: Sampling methods. *Behaviour*. 49(3-4):227-265. PMID:4597405. <http://dx.doi.org/10.1163/156853974X00534>
- BAPTISTA, L.F., TRAIL, P.W. & HORBLIT, H.M. 1997. Family Columbidae (pigeons and doves). In *Handbook of the Birds of the World. Volume 4: Sandgrouse to Cuckoos* (J. del Hoyo, A. Elliott & J. Sargatal, eds.). Lynx Edicions, Barcelona, p.60-243.
- BEDNEKOFF, P.A. & LIMA, S.L. 2005. Testing for peripheral vigilance: do birds value what they see when not overly vigilant? *Anim. Behav.* 69:1165-1171. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anbehav.2004.07.020>
- BEGON, M., TOWNSEND, C.R. & HARPER, J.L. 2006. *Ecology: From Individuals to Ecosystems*. Blackwell, Oxford.
- BEISSINGER, S.R. & OSBORNE, D.R. 1982. Effects of urbanization on avian community organization. *Condor*. 84:75-83. <http://dx.doi.org/10.2307/1367825>
- BLOCK, W.M. & BRENNAN, L.A.. 1993. The habitat concept in ornithology: Theory and applications. *Current Ornithol.* 11:35-91. http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4757-9912-5_2
- BUCHER, E.H. & BOCCO, P.J. 2009. Reassessing the importance of granivorous pigeons as massive, long-distance seed dispersers. *Ecology*. 90(8): 2321-2327. PMID:19739393. <http://dx.doi.org/10.1890/08-2077.1>

- BUCHER, E.H. & RANVAUD, R.D. 2006. Eared dove outbreaks in South America: patterns and characteristics. *Acta Zool. Sinica*. 52:564-567.
- BURGER, J. 1992. Drinking, Vigilance, and Group Size in White-Tipped Doves and Common Ground-Doves in Costa Rica. *Wilson Bull.* 104(2):357-359.
- CÂNDIDO-JUNIOR, J.F., SNAK, C., CASTALDELLI, A.P.A., BROCARDO, C.R. & MODEL, K.J. 2008. Dieta de avoantes (*Zenaida auriculata* DesMurs, 1847) atropeladas na BR-277 entre Cascavel e Foz do Iguaçu-PR e implicações para seu manejo. *Rev. Bras. Biociênc.* 6(1):68-69.
- CHACÍN, M. & CALCHI, R. 2007. Dieta de la Paloma Sabanera (*Zenaida auriculata*) em el Noroeste de Venezuela durante la temporada de caza 2001. *Bol. Cent. Investig. Biol. Univ. Zulia*. 41(3):340-349.
- CINTRA, R., ALVES, M.A.S. & CAVALCANTI, R.B. 1990. Dieta da Rolinha *Columbina talpacoti* (Aves, Columbidae) no Brasil Central - comparação entre sexos e idades. *Rev. Bras. Biol.* 50(2):469-473.
- CUETO, V.R. & CASENAVE, J.L. 2002. Foraging behavior and microhabitat use of birds inhabiting coastal woodlands in Eastcentral Argentina. *Wilson Bull.* 114(3):342-348. [http://dx.doi.org/10.1676/0043-5643\(2002\)114\[0342:FBAMUO\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1676/0043-5643(2002)114[0342:FBAMUO]2.0.CO;2)
- DUNNING, J.B. 2008. CRC handbook of avian body masses. 2nd ed. CRC Press, Florida.
- ERWIN, R.M. 1983. Feeding habitats of nesting wading birds: spatial use and social influences. *The Auk*. 100(4):960-970.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA & INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. 2009. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica – Período 2005-2008. <http://www.inpe.br/> (último acesso em 16/04/2013).
- GONZÁLEZ, J.A. 1997. Seasonal variation in the foraging ecology of the wood stork in the Southern Llanos of Venezuela. *The Condor*. 99:671-680. <http://dx.doi.org/10.2307/1370479>
- HEJL, S.J., VERNER, J. & BELL, G.W. 1990. Sequential versus initial observations in studies of avian foraging. In *Avian Foraging: Theory, Methodology and Applications* (M.L. Morrison, C.J. Ralph, J. Verner & J.R. Jehl Jr., eds.). Cooper Ornithological Society, Berkeley, v.13, p.166-173.
- HUTTO, R.L. 1985. Habitat selection by nonbreeding, migratory land birds. In *Habitat Selection in Birds* (M.L. Cody, ed.). Academic Press, New York, p.455-476.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. 2013. Médias Históricas do Município de Londrina. http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Londrina.htm (último acesso em 16/04/2013).
- JONES, J. 2001. Habitat selection studies in Avian Ecology: A critical review. *The Auk*. 118(2):557-562.
- KREBS, C.J. 1985. *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. Harper and Row, New York.
- KUSHLAN, J. A. 1981. Resource use strategies of wading birds. *Wilson Bull.* 93(2):145-163.
- LOPES, E.V. & ANJOS, L. 2006. A composição da avifauna do campus da Universidade Estadual de Londrina, norte do Paraná, Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 23(1):145-156. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752006000100006>
- LOPES, E.V., VOLPATO, G.H., MENDONÇA, L.B., FÁVARO, F.L. & ANJOS, L. 2006. Abundância, micro-habitat e repartição ecológica de papa-formigas (Passeriformes, Thamnophilidae) na bacia hidrográfica do rio Tibagi, Paraná, Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 23(2):395-403. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752006000200013>
- MACARTHUR, R. & LEVINS, R. 1964. Competition, habitat selection, and character displacement in a patchy environment. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 51:1207-1210. PMID:14215645 PMCID:PMC300237. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.51.6.1207>
- MARRA, P.P. & REMSEN J.V.J. 1997. Insight into the maintenance of high species diversity in the neotropics: habitat selection and foraging behavior in understory birds of tropical and temperate forests. *Ornithol. Monogr.* 48:445-483. <http://dx.doi.org/10.2307/40157547>
- MILESI, F.A., CASENAVE, J.L. & CUETO, V.R. 2008. Selection of foraging sites by desert granivorous birds: vegetation structure, seed availability, species-specific foraging tactics, and spatial scale. *The Auk*. 125(2):473-484. <http://dx.doi.org/10.1525/auk.2008.07085>
- MURTON, R.K., BUCHER, E.H., NORES, M., GOMEZ, E. & REARTES, L. 1974. The ecology of the eared dove (*Zenaida auriculata*) in Argentina. *Condor*. 76: 80-81. <http://dx.doi.org/10.2307/1365986>
- PÉREZ, E.M. & BULLA, L. 2000. Dietary relationships among four granivorous doves in Venezuelan savannas. *J. Trop. Ecol.* 16(6):865-882. <http://dx.doi.org/10.1017/S0266467400001772>
- RANVAUD, R.D. & BUCHER, E.H. 2006. Explosion of eared dove: the unique case in southeast Brazil. *Acta Zool. Sinica*. 52: 568-569.
- RANVAUD, R., FREITAS, K.C., BUCHER, E.H., DIAS, H.S., AVANZO, V.C. & ALBERTS, C.C. 2001. Diet of eared doves (*Zenaida auriculata*, Aves, Columbidae) in a sugar-cane colony in Southeastern Brazil. *Braz. J. Biol.* 61(4):651-660. PMID:12071322. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842001000400015>
- REMSSEN, J.V. & ROBINSON, S.K. 1990. A classification scheme for foraging behavior in terrestrial habitat in studies of avian foraging. In *Avian Foraging: Theory, Methodology and Applications* (M.L. Morrison, C.J. Ralph, J. Verner & J.R. Jehl Jr., eds.). Cooper Ornithological Society, Berkeley. v 13, p. 144-160.
- SICK, H. 1997. *Ornitologia brasileira. Edição revista e ampliada por J.F. Pacheco*. Nova Fronteira, Rio de Janeiro.
- SKUTCH, A.F. 1964. Life histories of Central American Pigeons. *Wilson Bull.* 76(3): 211-247.
- VOLPATO, G.H. & ANJOS, L. 2001. Análise das estratégias de forrageamento das aves que se alimentam no solo na Universidade Estadual de Londrina, Estado do Paraná. *Ararajuba*. 9(2):95-99.
- WESTCOTT, P.W., MARIÑO, H.F. & ANJOS, L. 2002. *Observando aves em Londrina: norte do Paraná – Brasil*. EdUEL, Londrina.
- WIENS, J.A. 1989. *The Ecology of Bird Communities*. University Press, Cambridge, v.1-2. <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511608568>

Received 02/28/2013

Revised 05/08/2013

Accepted 07/17/2013

Morphological aspects of the testes of 18 species of terrestrial of Heteroptera from Northwestern São Paulo (Brazil)

Mariana Oliveira Gomes¹, Márcia Maria Urbanin Castanhole¹, Hederson Vinicius de Souza¹,

Aline Sumitani Murakami¹, Tatiani Seni de Souza Firmino¹, Priscila Samara Saran¹,

Cecilia Artico Banho¹, Leticia da Silva Monteiro¹, Jocielly Cristina Pereira da Silva¹ &

Mary Massumi Itoyama^{1,2}

*¹Laboratório de Citogenética e Molecular de Insetos, Departamento de Biologia, Instituto de Biociências,
Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rua Cristóvão Colombo, 2265,
Jardim Nazareth, CEP 15054-000, São José do Rio Preto, SP, Brasil. <http://www.ibilce.unesp.br/>*

²Corresponding author: Mary Massumi Itoyama, e-mail: mary@ibilce.unesp.br

GOMES, M.O., CASTANHOLE, M.M.U., SOUZA, H.V., MURAKAMI, A.S., FIRMINO, T.S.S., SARAN, P.S., BANHO, C.A., MONTEIRO, L.S., SILVA, J.C.P. & ITOYAMA, M.M. **Morphological aspects of the testes of 18 species of terrestrial of Heteroptera from Northwestern São Paulo (Brazil)**. *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?article+bn02813032013>

Abstract: The Heteroptera are known for their odour, for being pests or for being disease carriers. However, they are still not extensively studied, perhaps because they form a very large group. Therefore, with the aim of enhancing the knowledge of the morphology of the testes of this insect order, we collected and analysed 18 species of terrestrial Heteroptera from the northwestern part of São Paulo. The analysis of these species revealed some differences between the testicles of these species, including their shape (elongated, oval, round or pecten), the morphology of the testicular lobes (elongated and paired side by side or united in a single region), the colours of the peritoneal sheath that surrounds the lobes (red, orange, yellow or translucent), and the number of testicular lobes (one, two, four, five, six or seven). Because the aspects analysed were highly variable, our study suggests a need for further analysis of Heteropteran testicular morphological differences.

Keywords: *testicles, peritoneal sheath, lobes.*

GOMES, M.O., CASTANHOLE, M.M.U., SOUZA, H.V., MURAKAMI, A.S., FIRMINO, T.S.S., SARAN, P.S., BANHO, C.A., MONTEIRO, L.S., SILVA, J.C.P. & ITOYAMA, M.M. **Aspectos testiculares de 18 espécies terrestres de Heteroptera do Noroeste de São Paulo (Brasil)**. *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?article+bn02813032013>

Resumo: Os Heteroptera são organismos conhecidos pelo seu odor, por serem pragas ou por serem transmissores de doenças, contudo, eles ainda são pouco estudados, talvez por formarem um grupo muito grande. Portanto, com o objetivo de ampliarmos as informações dos aspectos testiculares deste grupo analisamos 18 espécies de Heteroptera terrestres pertencentes a oito famílias que foram coletadas no Noroeste Paulista. Através das análises dessas espécies foi observado diferenças testiculares quanto: a sua forma (alongadas; ovaladas; forma de concha, denominada pecten; ou arredondados); a morfologia dos lobos (alongados e pareados lado a lado ou unidos em uma única região, na forma de um “ofiuoide”); às cores da bainha peritoneal (alaranjada, amarelada, avermelhada ou transparente); ao número de lobos testiculares (um, dois, quatro, cinco, seis, sete). Devido aos aspectos analisados serem muito variáveis, nosso estudo sugere um aprofundamento maior na questão que envolve as diferenças morfológicas testiculares.

Palavras-chave: *testículos, bainha peritoneal, lobos.*

Introduction

The Hemiptera are distributed worldwide and represent the most diverse non-Endopterygotan orders, with more than 90.000 species in approximately 140 families. Historically, this order was divided into two suborders: Heteroptera (bugs) and Homoptera (cicadas, leafhoppers, aphids, whiteflies and coccids) (Gullan & Cranston 2008). Currently, the Hemiptera order is divided into three suborders: Auchenorrhyncha, Heteroptera and Sternorrhyncha (Cryan & Urban 2012).

The Heteroptera possess great variation in feeding behaviours, with the majority depending exclusively on plant sap, but with additional non-phytophagous species that are predators of fungi and other arthropods and a few species that are blood-sucking or necrophagous (Gullan & Cranston 2008).

Because the majority of Heteroptera are phytophagous, they can directly affect humans by causing serious damage to agricultural products including fruits (oranges, cashews and tomatoes) and grains (beans, corn and soy) that are used for food or drugs and also by affecting the food chain or transmitting diseases to plants. The economic importance of various Heteroptera also includes many species that are beneficial because they consume destructive insect pests. Some species are ectoparasites of humans and domestic animals, whereas others are hosts and transmitters of serious diseases to humans (Schuh & Slater 1995).

The suborder Heteroptera includes approximately 80 families; among these, the Alydidae, Coreidae, Corimelaenidae, Lygaeidae, Reduviidae, Rhopalidae, Scutelleridae and Tingidae have the largest amounts of terrestrial representatives in the region of São José do Rio Preto (Northwest São Paulo, Brazil).

The Alydidae insects are relatively small and are generally found across North America in foliage and flowers (Froeschner 1988). The species of the Coreidae family are widely distributed, although this species is the most abundant in tropical and subtropical regions and is physically the largest in these regions. Most of the Coreidae have unusual appearances and significant economic importance (Schuh & Slater 1995).

The species of the Corimelaenidae family are treated by some authors as a subfamily of Cydnidae and represent approximately 200 species and nine genera that are distributed in the Western Hemisphere. They are small-to-medium-sized, dark coloured and have a developed convex scutellum covering most of the forewing with a yellowish exochorion (Grazia et al. 1999).

The representatives of the Lygaeidae family are commonly known as seed insects; therefore, these insects have long proboscises that are used to drill and inject enzymes into the seeds (Schuh & Slater 1995).

Among the Heteroptera, the family Reduviidae is distinguished for being insectivorous, phytophagous, and hematophagous, and it is therefore of great importance for agricultural productivity and human health, as family members can transmit Chagas disease during feeding. Because they are larger in size than other insect predators, Reduviidae consumes a higher number and also a broader spectrum of prey species (Panzera et al. 1992).

The species of the Rhopalidae family are distributed worldwide; all members are phytophagous and live mainly in weeds, but some are arboreal (Schuh & Slater 1995). The Scutelleridae family is a small family that was previously considered part of the Pentatomidae but has now been separated. Scutelleridae species size can vary from medium to large, and they have a worldwide distribution, with 80 genera and 450 species. The most notable feature of the Scutelleridae is the scutellum, which overlaps the entire abdomen, hiding their wings and giving them the appearance of a beetle. These insects feed on grasses, herbs, fruits and flowers (Papeschi & Bressa 2006).

The Tingidae family is composed of very small insects (2-10 mm) that have a reticulated surface in their wings. These insects are located on the abaxial surface of leaves, where they suck sap and cause yellowing and premature senescence, causing great damage. Each individual completes the life cycle in the same plant, sometimes within the same region. Most species produce one or two generations per year, but some species produce several generations per year. Some species hibernate as adults, while others hibernate at the egg or nymph stages (Miller 2004).

The suborder Heteroptera is extremely large, with over 40.000 described species, but this number is clearly higher because many others species have yet to be described. Despite this high number of species and their wide distribution, studies regarding these insects are still very scarce and are mainly related to aspects of testicular morphology (colour of the peritoneal sheath, the testicular shape, and number and morphology of the lobes) (Souza et al. 2007a, Souza & Itoyama 2010).

The analyses of testes variations between different groups of Heteroptera offer indications that should help behavioural and evolutionary studies. With the aim of improving the available information concerning the morphology of this organ, we analysed 18 species of Heteroptera belonging to eight families.

Material and Methods

The present study analysed 18 species of terrestrial Heteroptera belonging to eight families: *Neomegalotomus parvus* (Westwood, 1842) and *Stenocoris furcifera* (Westwood, 1842) (Alydidae); *Acanonicus hahni* (Stål, 1860), *Acanthocephala* sp. and *Anisoscelis foliacea marginella* (Dallas, 1852) (Coreidae); *Galgupha sidae* (McAtee; Malloch, 1933) (Corimelaenidae); *Oncopeltus fasciatus* (Stål, 1868), *Oxycarenus hyalinipennis* (Costa, 1847) and *Pachybrachius bilobatus* (Say, 1831) (Lygaeidae); *Atopozelus opsimus* (Elkins, 1954) and *Doldina carinulata* (Stål, 1859) (Reduviidae); *Harmostes apicatus* (Stål, 1860), *Harmostes serratus* (Fabricius, 1775), *Jadera haematoloma* (Herrich-Schaeffer, 1847), *Jadera sanguinolenta* (Fabricius, 1775) and *Jadera* sp. (Rhopalidae); *Pachycoris torridus* (Scopoli, 1772) (Scutelleridae); and *Dictyla monotropidia* (Stål, 1858) (Tingidae).

To characterise testicular morphology, the males were first pricked with pins through the scutellum region in Petri dishes containing paraffin. With the aid of two stylets, abdominal incisions were made, and the testes were removed. Each testes was placed on a histological slide containing one drop of saline (Demerec) for the observation of their morphology, the colour of the peritoneal sheath, the morphology of the lobes and the number of testicular lobes. The observations were performed using a Stemi DV4-Zeiss stereomicroscope.

Results

The testicles of the Heteroptera species analysed had different-shaped testes, including oval (*Neomegalotomus parvus*, *Oncopeltus fasciatus* and *Pachycoris torridus*) (Figure 1a), pecten (*Acanonicus hahni*, *Acanthocephala* sp. and *Anisoscelis foliacea*) and elongated (*Stenocoris furcifera*, *Galgupha sidae*, *Oxycarenus hyalinipennis*, *Pachybrachius bilobatus*, *Harmostes serratus*, *Harmostes apicatus*, *Jadera haematoloma*, *Jadera sanguinolenta*, *Jadera* sp. and *Dictyla monotropidia*, *Atopozelus opsimus* and *Doldina carinulata*) (Figure 1c-e) (Table 1). All the testicular lobes are morphologically elongated and paired side by side, with the exception of the Reduviidae family species, in which the lobes are stretched but united in a single region (Figure 1e) (Table 1).

The analysis of the peritoneal sheath revealed different pigmentations: yellow (*Oncopeltus fasciatus* and *Pachybrachius*



Figure 1. Testicles of terrestrial Heteroptera. a) Oval (*Oncopeltus fasciatus*), b) pecten-shaped (*Anisoscelis foliacea marginella*), and c-e) elongated (c: *Oxycareus hyalinipennis*; d, e: *Atopozelus opsimus*) testicular lobes attached to a region. Bar: 1 mm.

bilobatus) (Figure 1a), orange (*Acanonicus hahni*, *Anisoscelis foliacea marginella*, *Galgupha sidae*, *Doldina carinulata*, *Harmostes serratus* and *Jadera sanguinolenta*) (Figure 1b), reddish (*Stenocoris furcifera*, *Neomegalotomus parvus*, *Acanthocephala* sp., *Oxycareus hyalinipennis*, *Harmostes apicatus*, *Jadera haematoloma* and *Jadera* sp.) (Figure 1c) and transparent (*Atopozelus opsimus*, *Pachycoris torridus* and *Dictyla monotropidia*), (Figure 1d, e) (Table 1).

Another feature observed was the number of testicular lobes. All species of the Alydidae (except *Stenocoris furcifera*), Coreidae, Lygaeidae (except *Oxycareus hyalinipennis*), Reduviidae and Scutelleridae families had seven testicular lobes, the noted exceptions had six and two lobes, respectively. Rhopalidae had four lobes, with the exception of the *Jadera* sp., which had five. Corimelaenidae and Tingidae had two and one lobes, respectively (Table 1).

Discussion

Although there is not much mention in the literature concerning the morphology of the testicles of Heteroptera, the analysis of this

organ has been very important because it presents very interesting features. According to the literature, the testicles of Heteroptera can be elongated, as observed in the species of the Gerridae (Castanhole et al. 2008, 2010) and Pentatomidae families (Souza et al. 2007a, Souza & Itoyama 2010, 2011), or as observed in the present study, they can be oval (Alydidae, and Scutelleridae Lygaeidae) or pecten-shaped (Coreidae). Another feature observed in our study was the morphology of the testicular lobes. The testicular lobes are elongated and separated in most of the species analysed, with the exception of the species of the Reduviidae family, in which the testicular lobes were united in a single region. With respect to these characteristics, we did not observe any relationships with the family to which they belong or feeding habits or habitat.

One feature that has been widely explored in Heteroptera is the pigmentation of the peritoneal sheath that covers the testicular lobes. For example, there are descriptions in the literature of a reddish peritoneal sheath in species of the Alydidae (Souza et al. 2009), Coreidae (Souza et al. 2007b, 2009), Lygaeidae (Souza et al.

Table 1. Morphology of testes and testicular lobes, peritoneal sheath colour and number of testicular lobes of 18 species of Heteroptera.

Family	Specie	Morphology of testes	Morphology of lobes	Peritoneal sheath	Number of lobes
Alydidae	<i>Neomegalotomus parvus</i> (Westwood, 1842)	Oval	Elongated/Separate	Reddish	7
	<i>Stenocoris furcifera</i> (Westwood, 1842)	Elongated	Elongated/Separate	Reddish	6
Coreidae	<i>Acanonicus hahni</i> (Stål, 1860)	Pecten-shaped	Elongated/Separate	Orange	7
	<i>Acantocephala</i> sp.	Pecten-shaped	Elongated/Separate	Reddish	7
	<i>Anisoscelis foliacea marginella</i> (Dallas, 1852)	Pecten-shaped	Elongated/Separate	Orange	7
Corimelaenidae	<i>Galgupha sidae</i> (McAtee ; Malloch, 1933)	Elongated	Elongated/Separate	Orange	2
	<i>Oncopeltus fasciatus</i> (Stal, 1868)	Oval	Elongated/Separate	Yellowish	7
Lygaeidae	<i>Oxycarenus hyalinipennis</i> (Costa, 1847)	Elongated	Elongated/Separate	Reddish	2
	<i>Pachybrachius bilobatus</i> (Say, 1831)	Elongated	Elongated/Separate	Yellowish	7
Reduviidae	<i>Atopozelus opsimus</i> (Elkins, 1954)	Elongated	Attached to a region	Transparent	7
	<i>Doldina carinulata</i> (Stål, 1859)	Elongated	Attached to a region	Orange	7
	<i>Harmostes apicatus</i> (Stål, 1860)	Elongated	Elongated/Separate	Reddish	4
Rhopalidae	<i>Harmostes serratus</i> (Fabricius, 1775)	Elongated	Elongated/Separate	Orange	4
	<i>Jadera haematoloma</i> (Herrich-Schaeffer, 1847)	Elongated	Elongated/Separate	Reddish	4
	<i>Jadera sanguinolenta</i> (Fabricius, 1775)	Elongated	Elongated/Separate	Orange	4
	<i>Jadera</i> sp.			Reddish	5
Scutelleridae	<i>Pachycoris torridus</i> (Scopoli, 1772)	Oval	Elongated/Separate	Transparent	7
Tingidae	<i>Dictyla monotropidia</i> (Stål, 1858)	Elongated	Elongated	Transparent	1

2007c), Pentatomidae (Souza et al. 2007a, 2008) and Rhopalidae (Souza et al. 2009) families and yellowish or transparent sheaths some species of the Coreidae (Souza et al. 2007b) and Gerridae families (Castanhole et al. 2008). Testicles with two membranes of the same pigmentation (yellowish) or different pigmentations (yellowish external and reddish internal) can also be observed, as in species of the Pentatomidae family (Souza & Itoyama 2011). Therefore, there is no standard with which we can relate the colour of the sheath to the family. However, to date, all aquatic insects observed had a transparent sheath (Castanhole et al. 2008, 2010). The terrestrial species analysed in this study confirm this hypothesis because species of the same family had sheaths of different colours, although there were few species analysed.

The testicles of Heteroptera are formed by varying numbers of lobes. Seven lobes have been described in species of the Alydidae (Souza et al. 2009); Coreidae (Souza et al. 2007b, 2009); Pentatomidae (Souza & Itoyama 2011) and Rhopalidae families (Souza et al. 2009); six lobes in species of the Pentatomidae family (Souza et al. 2007a, Souza & Itoyama 2010, 2011), five lobes in the Alydidae family (Souza et al. 2009), four lobes in species of the Pentatomidae (Souza et al. 2008, Souza & Itoyama 2011) and Coreidae families (Souza et al. 2007b), three lobes in species of the Pentatomidae family (Souza et al. 2008, Souza & Itoyama 2011) and two lobes in the Gerridae family (Castanhole et al. 2008, 2010). From our results, we can note that the number of testicular lobes do not present a pattern within the families because the two Alydidae species analysed had different numbers of lobes (six and seven), although seven lobes were also found by Souza et al. (2009). With regard to the Coreidae family, most species described in the literature and all species analysed in this study had seven testicular lobes. The lobe count results for the Corimelaenidae (two), Lygaeidae (two, seven), Reduviidae (seven), Scutelleridae (seven) and Tingidae (one) families represent the first analysis of lobe number in these families.

As the aspects analysed were variable, we suggest that Heteroptera require further morphological study to define the characteristics of the ancestral species with respect to the colour of the peritoneal sheath and the number of testicular lobes, the features that were more variable among the species analysed.

Acknowledgements

This work was performed with the assistance of FAPESP, CAPES, CNPq and FUNDUNESP for financial support and Dr. Luis Antônio Alves Costa, University of Rio de Janeiro, RJ; Dr. Jose Antonio Marin Fernandes, University Federal of Pará, PA; and Dr. Helcio Gil Santana, Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro for the identification of insects.

References

- CASTANHOLE, M.M.U., PEREIRA, L.L.V., SOUZA, H.V., BICUDO, H.E.M.C., COSTA, L.A.A. & M.M. ITOYAMA. 2008. Heteropicnotic chromatin and nucleolar activity in meiosis and spermiogenesis of *Limnogonus aduncus* (Heteroptera, Gerridae): a stained nucleolar organizing region that can serve as a model for studying chromosome behavior. *Genet. Mol. Res.* 7(4):1398-1407. PMID:19224457. <http://dx.doi.org/10.4238/vol7-4gmr527>
- CASTANHOLE, M.M.U., PEREIRA, L.L.V., SOUZA H.V. & ITOYAMA M.M. 2010. Spermatogenesis and karyotypes of three species of water striders (Gerridae, Heteroptera). *Genet. Mol. Res.* 9(3):1343-1356. PMID:20645259. <http://dx.doi.org/10.4238/vol9-3gmr841>
- CRYAN, J.R. & URBAN, J.M. 2012. Higher-level phylogeny of the insect order Hemiptera: is Auchenorrhyncha really paraphyletic? *Syst. Entomol.* 37:7-21. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3113.2011.00611.x>
- FROESCHNER, R.C. 1988. Family Alydidae Amyot and Serville, 1843. In *Catalog of the Heteroptera, or True Bugs, of Canada and the Continental United States* (Henry, T.J. & R.C. Froeschner, eds.). London, p.4-11.
- GRAZIA, J., FORTES, N.D.F. & CAMPOS, L. A. 1999. Pentatomoidea. In *Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: síntese do conhecimento ao final do século XX, 5: invertebrados terrestres* (C.A. Joly & C.E.M. Bicudo, org.). São Paulo, v.5, p.101-11.
- GULLAN, P.J. & CRANSTON, P.S. 2008. Os insetos: um resumo de entomologia. 3rd ed. Roca, São Paulo.
- MILLER, L.T. 2004. Lace bugs (Hemiptera: Tingidae). In: *Enciclopedia of Entomology* (J.L. Capinera, ed.). v. 2, p.1238-1241. http://dx.doi.org/10.1007/0-306-48380-7_2302

- PANZERA, F., ALVAREZ, F., SANCHEZ-RUFAS, J., PEREZ, R., SUJA, J.A., SCOVORTZOFF, E., DUJARDIN, J.P., ESTRAMIL, E. & SALVATILLAR, R. 1992. C- heterochromatin polymorphism in holocentric chromosomes of *Triatoma infestans* (Hemiptera - Reduviidae). *Genome*. 35:1068-1074. <http://dx.doi.org/10.1139/g92-164>
- PAPESCHI, A.G. & BRESSA, M.J. 2006. Evolutionary cytogenetics in Heteroptera. *J. Biol. Res.* 5:3-21.
- SCHUH, T.T. & SLATER, J.A. 1995. The bugs of the world (Hemiptera: Heteroptera): Classification and natural history, Cornell University Press.
- SOUZA, H.V., BICUDO, H.E.M.C., COSTA, L.A.A. & ITOYAMA, M.M. 2007a. A study of meiosis and spermatogenesis in different testicular lobes of *Antiteuchus tripterus* (Heteroptera: Pentatomidae). *Eur. J. Entomol.* 104:353-362.
- SOUZA, H.V., ARAKAKI, R.L.M., DIAS, L.N., MURAKAMI, A.S., COSTA, L.A.A., BICUDO, H.E.M.C. & ITOYAMA, M.M. 2007b. Cytogenetical aspects of testicular cells in economically important species of Coreidae family (Heteroptera). *Cytologia*. 72:49-56. <http://dx.doi.org/10.1508/cytologia.72.49>
- SOUZA, H.V., BICUDO, H.E.M.C. & ITOYAMA, M.M. 2007c. Study of chromosomal and nucleolar aspects in testes of *Nysius californicus* (Heteroptera: Lygaeidae). *Genet. Mol. Res.* 6:33-40. PMID:17299894.
- SOUZA, H.V., CASTANHOLE, M.M.U., BICUDO, H.E.M.C., COSTA, L.A.A. & ITOYAMA, M.M. 2008. Morphological patterns of the heteropycnotic chromatin and nucleolar material in meiosis and spermiogenesis of some Pentatomidae (Heteroptera). *Genet. Mol. Res.* 31:686-691.
- SOUZA, H.V., SOUZA, F.B., MARUYAMA, S.R.C, CASTANHOLE, M.M.U & ITOYAMA, M.M. 2009. Meiosis, spermatogenesis and nucleolar behavior in the seminiferous tubules of Alydidae, Coreidae and Rhopalidae (Heteroptera) species. *Genet. Mol. Res.* 8(4):1383-1396. PMID:19937583. <http://dx.doi.org/10.4238/vol8-4gmr672>
- SOUZA, H.V. & ITOYAMA M.M. 2010. Comparative Study of Spermatogenesis and Nucleolar Behavior in Testicular Lobes of *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae). *Psyche: J Entomol.* 2010:10. <http://dx.doi.org/10.1155/2010/428673>
- SOUZA, H.V. & ITOYAMA, M.M. 2011. Comparative analysis of heteropyknotic chromatin and silver-stained material in *Platycarenum umbractulatus* (Pentatomidae: Discocephalinae). *Inv. Reprod. Devel.* 55(2):65-72. <http://dx.doi.org/10.1080/07924259.2010.548637>

Received 08/20/2012

Revised 08/11/2013

Accepted 08/30/2013

Descrição morfológica para identificação das plântulas de nove espécies lenhosas de uma floresta de restinga*

Maria Claudjane Jerônimo Leite Alves^{1,2}, Patrícia Barbosa Lima¹,

Liliane Ferreira Lima¹ & Carmen Silvia Zickel¹

¹Departamento de Biologia – Botânica, Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE,
Av. Dom Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52117-900, Recife, PE, Brasil

²Autor para correspondência: Maria Claudjane Jerônimo Leite Alves, e-mail: mariaclaudjane@hotmail.com

*Parte do mestrado do primeiro autor, Programa de Pós-graduação em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.

ALVES, M.C.J.L., LIMA, P.B., LIMA, L.F. & ZICKEL, C.S. **Morphological description to identify the seedlings of woody species.** Biota Neotrop. 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?identification-key+bn03413032013>

Abstract: The seedling stage is an important stage of the cycle plant because it provides relevant information that can be used in taxonomic and ecological studies. Studies that focus on morphological description reveal characters who often tend to disappear during the development of the plant, but that may be relevant to the differentiation of taxa. Furthermore, through the characterization of the different types of seedlings present in different ecosystems is possible to infer the evolutionary history of plant groups, serving also as subsidy for regeneration studies. Based on these, this study aims to characterize the morphology of seedlings of nine woody species with cotyledons CHR, with a view to identifying the species, providing information for taxonomic, phylogenetic and ecological, besides setting up a dichotomous key. The study area was a forest restinga located on the southern coast of Pernambuco, seeds were collected from mature fruits and sown in trays containing sandy soil, and kept in a greenhouse where his development was monitored daily. As a result, we found that some species, such as *Andira fraxinifolia*, *Casearia javitensis*, *Eugenia hirta*, *Maytenus obtusifolia*, *Protium heptaphyllum* and *Ximenia americana* at seedling stage showed different characteristics of young plant as quantity of leaflets, texture and shape of eophylls. These data were similar to those found in other studies for tropical forests. From the results it can be concluded that the different morphological features between the seedling analyzed are important for use in the identification and recognition of the same field, as well as the characterization of its species.

Keywords: native species, cotyledons, eophylls, Atlantic forest.

ALVES, M.C.J.L., LIMA, P.B., LIMA, L.F. & ZICKEL, C.S. **Descrição morfológica para identificação das plântulas de nove espécies lenhosas de uma floresta de restinga.** Biota Neotrop. 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?identification-key+bn03413032013>

Resumo: O estágio de plântula é uma importante fase do ciclo vegetal, pois fornece informações relevantes que podem ser utilizadas em estudos taxonômicos e ecológicos. Estudos que enfocam a descrição morfológica revelam caracteres que, muitas vezes tendem a desaparecer ao longo do desenvolvimento do vegetal, mas que podem ser relevantes para a diferenciação dos táxons. Além disso, através da caracterização dos distintos tipos de plântulas presentes nos diferentes ecossistemas é possível inferir sobre a historia evolutiva dos grupos vegetais, servindo também como subsídio para estudos de regeneração. Frente ao exposto, o presente estudo objetiva caracterizar a morfologia das plântulas de nove espécies lenhosas, com cotilédones CHR, com vistas à identificação das espécies, fornecendo subsídios para trabalhos taxonômicos, filogenéticos e ecológicos, além de montar uma chave de identificação para estas espécies. A área de estudo foi uma floresta de restinga localizada no litoral sul de Pernambuco, sementes foram obtidas de frutos maduros e semeadas em bandejas contendo substrato arenoso, sendo mantidas em casa de vegetação onde seu desenvolvimento foi acompanhado diariamente. Como resultado, foi possível verificar que algumas espécies, tais como *Andira fraxinifolia*, *Casearia javitensis*, *Eugenia hirta*, *Maytenus obtusifolia*, *Protium heptaphyllum* e *Ximenia americana*, na fase de plântula apresentaram características morfológicas diferentes da fase adulta como a quantidade de folíolos, textura e forma dos eofilos. Estes dados foram similares aos encontrados em outros estudos para florestas tropicais. A partir dos resultados, pode-se concluir que os diferentes caracteres morfológicos entre as plântulas estudadas são importantes para serem utilizados na identificação e reconhecimento das mesmas em campo, bem como na caracterização de suas espécies.

Palavras-chave: espécies nativas, cotilédones, eofilos, floresta Atlântica.

Introdução

O reconhecimento morfológico das espécies em suas fases iniciais de vida agrega valores importantes para a taxonomia de diversos grupos vegetais, pois amplia a quantidade de informações morfológicas que podem ser utilizadas em conjunto com os caracteres tradicionalmente empregados para a identificação das espécies, proporcionando maiores chances para a correta identificação, sobretudo das espécies vegetais florestais (Gurgel et al. 2012). No entanto, ainda observa-se uma enorme lacuna de estudos sobre a caracterização morfológica de plântulas para vários grupos e uma escassez de espécimes no estágio de plântula nos herbários (Garwood 2009), restringindo, conseqüentemente, o conhecimento referente à taxonomia e biologia das espécies vegetais.

Levando-se em consideração a grande quantidade de táxons existentes nas florestas tropicais, torna-se evidente a ocorrência de problemas taxonômicos em muitos grupos vegetais, que possivelmente poderiam ser solucionados a partir do incremento de estudos com enfoque na morfologia externa de plântulas (Oliveira 2001, Battilani et al. 2006). Dessa forma, análises descritivas de plântulas e/ou indivíduos jovens são essenciais para auxiliar na elucidação de questões relativas à taxonomia e à filogenia (Duke 1965, Ng 1973, 1978, Silva 2001), uma vez que podem fornecer importantes informações para a caracterização de famílias, gêneros e até mesmo de espécies (Oliveira 1993, Rodrigues et al. 2012). Sendo assim, através da descrição morfológica de plântulas é possível designar estados de caráter ancestrais ou derivados, que podem desaparecer na planta adulta, e que são considerados importantes no estabelecimento de conexões filogenéticas entre os grupos que apresentem tais características (Ressel et al. 2004).

Primariamente, pode-se destacar a relevância do tipo de germinação para a diferenciação das espécies, que associada ao formato da lamina foliar, do tipo de margem, ápice, posição dos eófilos, presença ou ausência de látex ou indumento, dentre outras características, podem dar mais robustez à sistemática de vários táxons (Gurgel et al. 2012). Um ponto importante sobre os estudos de plântulas é que ao entender como os distintos tipos de plântulas se distribuem dentro dos táxons e como esses se distribuem no ambiente, é possível inferir tanto a respeito da história evolutiva desses grupos (Oliveira 2001), quanto na caracterização das estratégias de sobrevivência das comunidades vegetais. Isso pode ser explicado pelo fato de que muitas vezes as características abióticas do habitat (luz, temperatura, salinidade, pluviosidade) podem interferir no aspecto geral da vegetação, influenciando, até mesmo, no estabelecimento e desenvolvimento de diversas espécies vegetais e, conseqüentemente, nas características das plântulas de um ecossistema (Henriques et al. 1986, Klein et al. 2007).

Para Garwood (1996) os padrões de germinação e o comportamento inicial das plântulas são úteis na percepção das estratégias de regeneração e estabelecimento em florestas tropicais úmidas. Nesses ambientes constata-se a predominância de plântulas com cotilédones dos tipos fanero-epigeo-foliáceo (PEF) e cripto-hipógeo-armazenador (CHR) (Ressel et al. 2004). As plântulas PEF geralmente são englobadas no grupo das espécies pioneiras, apresentando como principal característica um rápido crescimento, possibilitando aos seus indivíduos vantagens na competição por luz (Ressel et al. 2004). Por outro lado, plântulas CHR são frequentemente encontradas em espécies secundárias e/ou clímax, e em ambientes de floresta tropicais este tipo de plântula é abundante e extremamente importante, pois seus indivíduos formam os bancos de plântulas podendo sobreviver por um longo tempo no sub-bosque (Schiavini et al. 2001), visto que seus cotilédones possuem substâncias nutritivas armazenadas

e relativamente protegidas (*i.e.*, em geral o tegumento da semente funciona como uma barreira protetora) (Ressel et al. 2004).

Em face dos argumentos supracitados, este estudo teve como principal objetivo descrever a morfologia das plântulas de nove espécies lenhosas representativas de uma área de restinga pernambucana (Almeida Junior et al. 2009). Haja vista que a identificação das plantas, a partir da fase de plântula, é difícil uma vez que os caracteres morfológicos externos de uma planta nos estádios iniciais de desenvolvimento podem ser diferentes daqueles observados no indivíduo adulto ou em plantas de espécies e gêneros afins (Amorim et al. 2006). Assim, a elucidação de suas características iniciais a partir da descrição das plântulas e da confecção de uma chave dicotômica, bem como, da ilustração dos diferentes estádios com fotografias podem servir de subsídios para a correta identificação das mesmas em campo, como também para estudos taxonômicos e ecológicos.

Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido em uma área de 76,2 ha de vegetação de restinga localizada na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Nossa Senhora do Outeiro de Maracaípe (08° 31' 48" S e 35° 01' 05" W), litoral Sul de Pernambuco, Brasil.

O clima da área é do tipo As' (Köppen 1948), sendo os meses mais chuvosos, geralmente, maio, junho e julho, e os meses mais secos outubro, novembro e dezembro - INMET (Instituto... 2005). Com base em um estudo prévio sobre a morfologia de plântulas (M.C.J.L. Alves, dados não publicados), realizado na fisionomia florestal da restinga de Maracaípe, foram selecionadas nove espécies lenhosas que apresentaram cotilédones do tipo cripto-hipógeo-armazenador (CHR) (ver Tabela 1). Estas nove espécies vegetais são bem representadas (Almeida Junior et al. 2009) na RPPN de Maracaípe, e foram selecionadas por serem de difícil identificação na fase de plântula.

Das espécies selecionadas, foram obtidas 100 sementes oriundas de frutos maduros coletados manualmente e de maneira aleatória de, no mínimo, três indivíduos de cada uma das espécies, sendo todas as sementes beneficiadas, ou seja despulpadas, e levadas para germinar em bandejas contendo solo arenoso, proveniente da restinga estudada.

Foram consideradas germinadas as sementes que elevaram o epicótilo acima do nível do solo (Brown 1992). A fase de plântula foi considerada aquela em que os eófilos estiveram totalmente formados (Feliciano 1989).

As características morfológicas descritas foram às mesmas sugeridas por Roderjan (1983) e Oliveira (1993), para tanto foram

Tabela 1. Famílias e espécies lenhosas com cotilédones CHR da restinga da RPPN de Maracaípe, Pernambuco, Brasil. Classificação em ordem alfabética por família e espécie seguindo APG III (Angiosperm... 2009).

Table 1. Families and woody species with cotyledons CHR in restinga RPPN Maracaípe, Pernambuco, Brazil. Rating alphabetically by family and species following APG III (Angiosperm... 2009).

Família	Espécie
Anonaceae	<i>Annona pickelii</i> (Diels) H. Rainer
Burseraceae	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand
Celastraceae	<i>Maytenus obtusifolia</i> Mart.
Fabaceae	<i>Andira fraxinifolia</i> Benth.
Lauraceae	<i>Ocotea notata</i> (Nees) Mez
Lecythidaceae	<i>Eschweilera ovata</i> (Cambess.) Miers
Myrtaceae	<i>Eugenia hirta</i> O. Berg
Olacaceae	<i>Ximena americana</i> L.
Salicaceae	<i>Casearia javitensis</i> Kunth

selecionados cinco indivíduos. As terminologias empregadas para a morfologia geral das plântulas, tais como o tipo de indumento, forma dos eofilos, tipo de ápice e de base, se basearam em Radford et al. (1974). Durante um ano, diariamente as características morfológicas das plântulas foram observadas, anotadas e registradas a partir de fotografias (com câmera fotográfica digital Cannon modelo A - 410).

As espécies foram classificadas de acordo com o APG III (Angiosperm... 2009) e para a confecção da chave de identificação dicotômica, foram utilizados caracteres dos eofilos juntamente com a filotaxia e morfologia geral do limbo foliar e do metafilo.

Resultados

Importantes características morfológicas foram observadas durante a fase de plântula de algumas das espécies analisadas, tais como, *Andira fraxinifolia*, *Protium heptaphyllum*, *Maytenus obtusifolia*, *Eugenia hirta*, *Casearia javitensis* e *Ximenia americana*, quando comparadas aos indivíduos adultos das mesmas.

As plântulas de *Andira fraxinifolia* apresentaram eofilos com 3 a 5 folíolos, diferindo da fase adulta, onde apresenta 9 a 11 folíolos. A textura foliar também foi variável, onde nas folhas totalmente expandidas a textura era membranácea enquanto plântulas e cartácea nos indivíduos adultos. Nesta espécie, pode-se observar algumas variações na morfologia foliar dos folíolos durante o desenvolvimento dos indivíduos, nos quais os dois folíolos basais apresentavam-se ovados e os três folíolos terminais elípticos.

Em *Protium heptaphyllum*, além da mudança na quantidade dos folíolos entre o estágio de plântula e os indivíduos adultos, houve uma variação no tipo de margem foliar, tendo sido observado nas plântulas eofilos com 3 folíolos e com margem serrada, diferindo dos indivíduos adultos que possuem folhas com 5 a 7 folíolos e margem inteira.

Já em *Maytenus obtusifolia* a mudança ocorreu apenas no tipo margem foliar, observando-se eofilos com margem serrada nas plântulas e margem inteira na fase adulta.

Em *Eugenia hirta*, a textura foliar também foi modificada durante o seu desenvolvimento inicial, com folhas totalmente expandidas membranáceas na plântula e folhas totalmente expandidas cartáceas nos indivíduos adultos. Já na espécie *Ximenia americana* foi evidenciado, inicialmente, que os eofilos apresentavam forma oblanceolada, porém, posteriormente, ao surgir o primeiro metafilo, houve uma alteração nessa característica e os eofilos adquiriram a forma obovada.

Levando em consideração a importância de identificar qual o padrão de distribuição das folhas no caule para identificação dos grupos taxonômicos, e considerando que esse padrão pode ser variável durante o desenvolvimento inicial de algumas espécies, ressaltam-se os tipos de filotaxia encontrados nas espécies analisadas: (i) alterna para *Andira fraxinifolia*, *Ocotea notata*, *Eschweilera ovata*, *Maytenus obtusifolia*, *Annona pickelii* e *Ximenia americana*; (ii) oposta para *Casearia javitensis*, *Eugenia hirta* e *Protium heptaphyllum*. Com exceção das espécies *C. javitensis* e *E. hirta* (que passaram de filotaxia oposta para alterna e de oposta para oposta cruzada, respectivamente), não foram observadas nas demais espécies distinção morfológica e alterações na filotaxia na fase plântula em comparação à adulta.

Descrições morfológicas das plântulas de nove espécies lenhosas

1. *Annona pickelii* (Diels) H.Rainer (Annonaceae)

A elevação do epicótilo (Figura 1A) caracterizando a germinação ocorreu entre a 33ª e a 35ª semanas de sementeira. Após dois dias

da elevação do epicótilo, observou-se que a plântula possuía raiz axial com algumas raízes secundárias delgadas e terciárias curtas, marrom-claras, sem odor e sem nodulações. O coleto e hipocótilo não foram evidentes. Cotilédones do tipo CHR. Epicótilo curto (ca. 0,3 cm), cilíndrico, densamente piloso, verde, com três entrenós curtos. Cada entrenó apresentava dois catafilos opostos. Primeiro eofilo (Figura 1B) séssil, estipulado; simples, alterno (Figura 1C), 2,8 × 1,3 cm, elíptico, ápice agudo, base atenuada, membranácea, margem ciliada. Venação penínervia, puberulento nas faces adaxial e abaxial, discolor, inodoro e sem exsudação.

2. *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand (Burseraceae)

A elevação do epicótilo caracterizando a germinação (Figura 1D) ocorreu entre a segunda e a quarta semanas de sementeira. Após 45 dias da elevação do epicótilo a plântula apresentava raiz axial, levemente sinuosa, branca, sem raízes secundárias, coleto pouco evidente (ca. 0,2 cm), ligeiramente intumescido, glabro, verde-claro, hipocótilo não evidente. Cotilédones do tipo CHR. Epicótilo longo com 2,9-7,9 cm (Figura 1E), cilíndrico, piloso, verde-claro. Primeiro par de eofilos (Figura 1F) peciolados; compostos, opostos, trifoliolados, com 3,3-4,6 × 0,9-1,7 cm. O folíolo é elíptico, ápice agudo, base obtusa, cartácea, margem serrada. Venação cladódroma, faces adaxial e abaxial glabras, inodoro e sem exsudação.

3. *Maytenus obtusifolia* Mart. (Celastraceae)

A elevação do epicótilo (Figura 1G) caracterizando a germinação ocorreu entre a primeira e a terceira semanas de sementeira. Após 15 dias da elevação do epicótilo a plântula apresentava raiz axial, levemente sinuosa, marrom-clara, zona pilifera bem desenvolvida, coleto evidente, ligeiramente intumescido, glabro, marrom-claro, hipocótilo não evidente, cotilédones do tipo CHR. Epicótilo de tamanho curto (Figura 1H), com 1,5-1,8 cm, cilíndrico, glabro, verde-claro. O primeiro par de eofilos (Figura 1I) peciolados, estipulados na base; simples, opostos, 0,9-1,1 × 3,0-5,0cm, elípticos, ápice arredondado, base aguda, cartáceos, margem serrilhada. Metafilos alternos. Venação craspedódroma, face adaxial e abaxial glabras, inodoro e sem exsudação.

4. *Andira fraxinifolia* Benth. (Fabaceae)

A elevação do epicótilo (Figura 2A) caracterizando a germinação ocorreu entre a segunda e a quarta semanas após a sementeira. Após 20 dias da elevação do epicótilo a plântula apresentava raiz axial espessa, longa, sem nodulação. As poucas raízes secundárias eram delgadas, marrom-claras, coleto e hipocótilo pouco evidentes, de coloração marrom-escura, glabros. Cotilédones do tipo CHR. Epicótilo longo ca. 9,5 cm (Figura 2B), cilíndrico, glabro, marrom-escuro, com dois a quatro entrenós curtos (ca. 0,4 cm) possuindo um catafilo alterno cada. Primeiro par de eofilo (Figura 2C) peciolados, estipulados, compostos, alternos, imparipinados, 6,7-9,2 × 3,0-3,2 cm, com 3 a 5 folíolos, ovados (2 folíolos basais) e estreitamente elípticos (3 folíolos terminais), avermelhados no início do desenvolvimento. Ápice do eofilo caudado, base arredondada nos 2 folíolos basais e oblíqua nos 3 folíolos terminais, membranáceos, margem inteira. Venação craspedódroma, glabro em ambas as faces, inodoro e sem exsudação. O primeiro metafilo (Figura 2C) apresentou os mesmos caracteres do eofilo.

5. *Ocotea notata* (Nees) Mez (Lauraceae)

A elevação do epicótilo (Figura 2D) caracterizando a germinação ocorreu entre a 11ª e a 12ª semanas de sementeira. Após nove dias da elevação do epicótilo a plântula apresentava raiz axial delgada, levemente sinuosa, marrom-clara, com poucas raízes secundárias,

Descrição morfológica para identificação das plântulas de espécies nove lenhosas

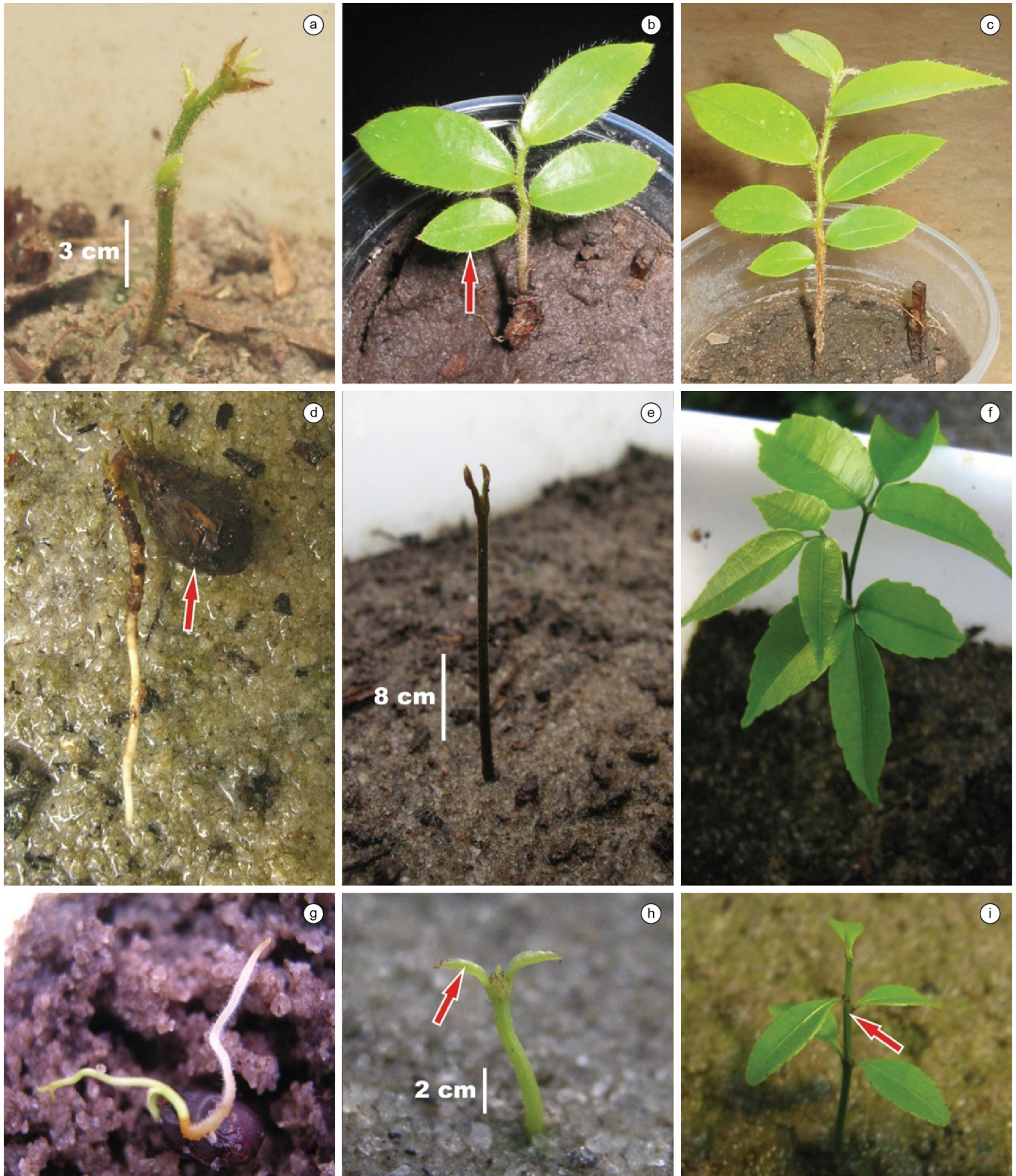


Figura 1. Aspecto geral das plântulas das espécies: *Annona pickelii* (Diels.) H.Rainer: **a** (elevação do epicótilo), **b** (destaque para o primeiro eofilo), **c** (planta jovem com filotaxia alternata); *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand.: **d** (germinação, destaque para o cotilédono cripto-hipógeo-armazenador), **e** (elevação do epicótilo), **f** (primeiro par de eofilo composto trifoliolado); *Maytenus obtusifolia* Mart.: **g** (germinação), **h** (epicótilo e destaque para o primeiro par de eofilo, com filotaxia oposta), **i** (planta jovem, destaque para metafílos com filotaxia alternata). Os destaques são apontados com seta vermelha.

Figure 1. General appearance of the seedlings of the species the species: *Annona pickelii* (Diels.) H.Rainer: **a** (elevation epicotyl), **b** (especially the first eophyll), **c** (young plant with alternate phyllotaxy); *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand.: **d** (germination, especially the cotyledon crypto-hypogeal-reserve), **e** (elevation epicotyl), **f** (first pair of eophyll compound three sheets); *Maytenus obtusifolia* Mart.: **g** (germination), **h** (epicotyl and especially the first couple of eophyll with opposite phyllotaxy), **i** (young plant, especially metaphylls with alternating phyllotaxy). The highlights are pointed with red arrow.

curtas, sem odor, sem nodulações, coleto e hipocótilo não evidentes. Apresentou alça epicotilar emergindo com dois a cinco catafilos alternos pré-formados, glabros e de coloração branca. Cotilédones do tipo CHR. Epicótilo curto, medindo ca. de 2,0 cm, verde a avermelhado, delgado, cilíndrico, puberulento. Eofilo (Figura 2E) curto-peciolado, sem estípulas; simples, alterno (Figura 2F), 0,9-1,0 × 2,0-3,0 cm, estreitamente elíptico, ápice acuminado, base

atenuada, membranácea, margem inteira. Venação penínervia, glabro em ambas as faces, discolor, inodoro, sem exsudação.

6. *Eschweilera ovata* (Cambess.) Miers (Lecythidaceae)

A elevação do epicótilo (Figura 2G) caracterizando a germinação ocorreu na quarta semana após a sementeira. Aos seis dias após a elevação do epicótilo a plântula apresentava uma raiz axial longa,

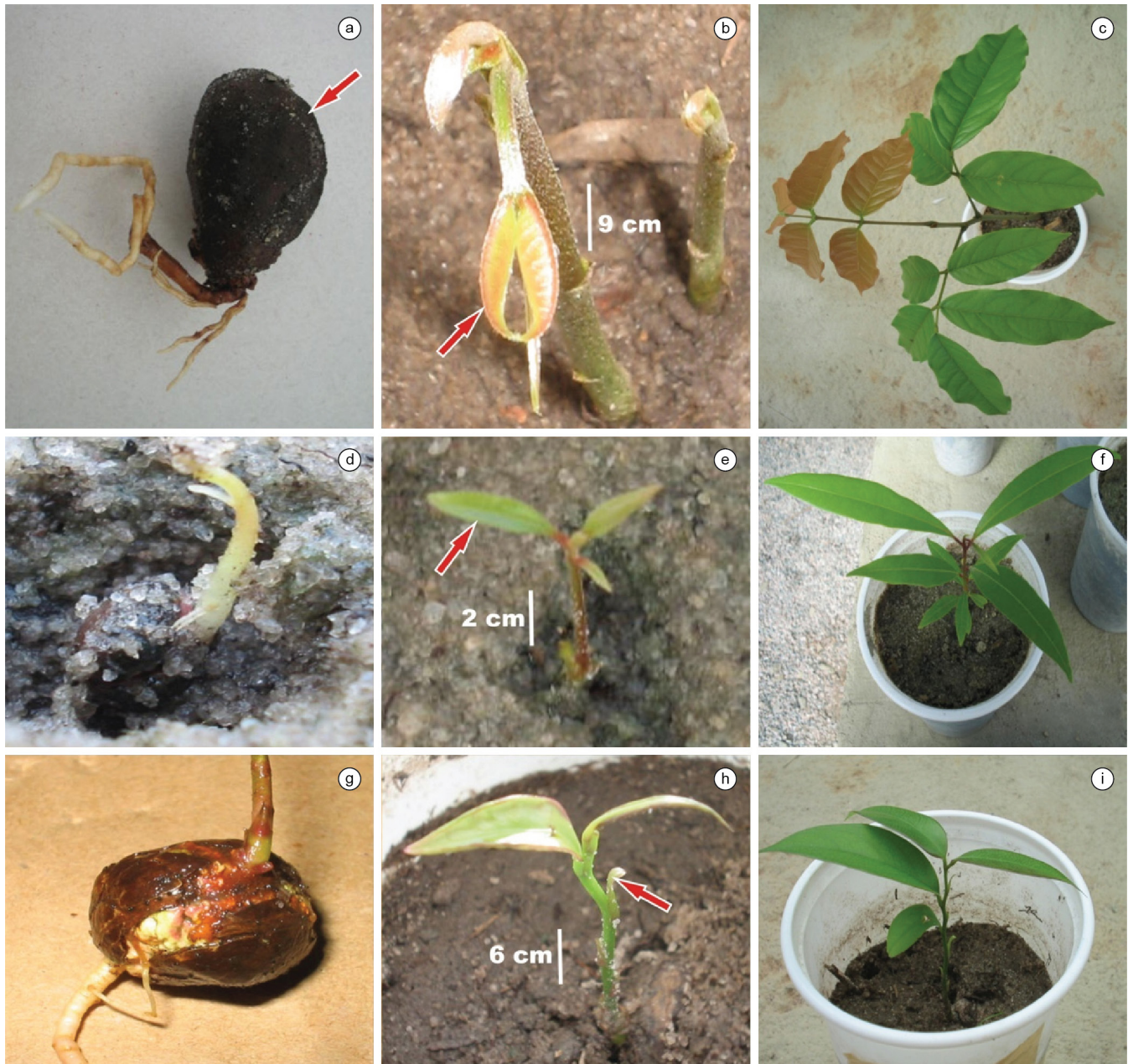


Figura 2. Aspecto geral das plântulas das espécies: *Andira fraxinifolia* Benth.: **a** (germinação e destaque para o cotilédono hipógeo criptocotiledonar armazenador), **b** (epicotilo e destaque para o surgimento do primeiro eofilo composto), **c** (planta jovem com filotaxia alterna); *Ocotea notata* (Nees) Mez.: **d** (elevação do epicótilo), **e** (destaque para o primeiro eofilo), **f** (planta jovem com filotaxia alterna); *Eschweilera ovata* (Cambess.) Miers.: **g** (cotilédono cripto-hipógeo-armazenador), **h** (elevação do epicótilo e destaque para a formação de catafilos), **i** (planta jovem com filotaxia alterna). Os destaques são apontados com seta vermelha.

Figure 2. General appearance of the seedlings of the species the species: *Andira fraxinifolia* Benth.: **a** (germination and especially the hypogean cotyledon cryptocotyledonary storer), **b** (epicotyl and especially the emergence of the first eophyll compound), **c** (young plant with alternate phyllotaxy); *Ocotea notata* (Nees) Mez.: **d** (elevation epicotyl), **e** (especially the first eophyll), **f** (young plant with alternate phyllotaxy); *Eschweilera ovata* (Cambess.) Miers.: **g** (cotyledon crypto-hypogean-reserve), **h** (high epicotyl and particularly for the formation of cataphylls), **i** (young plant with alternate phyllotaxy). The highlights are pointed with red arrow.

marrom-clara, sem odor e nodulações e com muitas raízes secundárias delgadas. Coleto e hipocótilo não evidentes. Cotilédones do tipo CHR. Epicótilo longo (ca. 6,5 cm) (Figura 2H), cilíndrico, glabro, verde, com seis entrenós curtos e com um catafilo alterno cada. Eofilo (Figura 2I) curto-peciolado, sem estípulas; simples, alterno, 2,0-2,2 × 1,0-1,2 cm, elíptico, ápice acuminado, base atenuada, membranáceo, margem inteira e glabra. Venação peninérvea, glabro em ambas as faces, verde-claro, inodoro e sem exsudação.

7. *Eugenia hirta* O. Berg (Myrtaceae)

A elevação do epicótilo (Figura 3A) caracterizando a germinação ocorreu entre a 17^a e 25^a semanas de semeadura. Após cinco dias da elevação do epicótilo a plântula apresentava raiz axial, levemente sinuosa e de coloração marrom-clara. Coleto e hipocótilo não evidentes. Cotilédones do tipo CHR. Epicótilo mediano, aproximadamente 3,95 cm, cilíndrico, verde-claro e com três pares de catafilos opostos. Primeiro par de eofilos (Figura 3B) sésseis, sem estípulas, simples, opostos, 1,2-1,4 × 1,0-1,1 cm, obovados, ápice obtuso, base subcordada, membranáceos, margem inteira e ciliada. Venação cladódroma, face adaxial pilosa e abaxial glabra, inodoro, sem exsudação. No segundo nó, aos 27 dias de germinação, houve a formação do primeiro metafilo com características semelhantes ao primeiro par de eofilos passando a filotaxia a ser oposta cruzada (Figura 3C).

8. *Ximения americana* L. (Olacaceae)

A elevação do epicótilo (Figura 3D) caracterizando a germinação ocorreu entre a primeira e a segunda semanas após a semeadura. Após 12 dias da elevação do epicótilo a plântula apresentava raiz axial, pouco sinuosa, de coloração branca. As poucas raízes secundárias eram espessas, curtas, com pêlos evidentes, sem odor, sem nodulações. O coleto era pouco evidente, levemente intumescido, glabro e branco. Hipocótilo curto (ca. 0,1 cm), glabro, branco. A alça epicotilar emergiu com 7 a 9 catafilos alternos pré-formados. Cotilédones do tipo CHR. Epicótilo (Figura 3E) longo (ca. 6,7 cm), entrenó curto (ca. 0,2 cm), puberulento e verde. Primeiro eofilo (Figura 3F) sésseis, sem estípulas; simples, alterno, 0,9 × 0,2 cm, oblanceolado, ápice mucronado, base atenuada, membranáceo e margem inteira. Venação peninérvea, glabro em ambas as faces, verde-claro, inodoro, sem exsudação. Primeiro metafilo membranáceo, curto-peciolado, 2,5-2,6 × 1,6 cm, simples, obovado, ápice oblíquo, peninérveo, faces adaxial brilhante e abaxial opaca, e demais caracteres semelhantes ao primeiro eofilo (Figura 3F).

9. *Casearia javitensis* Kunth (Salicaceae)

A elevação do epicótilo caracterizando a germinação ocorreu aproximadamente na 13^a semana após a semeadura. Após cinco dias da elevação do epicótilo a plântula apresentava raiz axial levemente intumescida (Figura 3G), sinuosa, branca a marrom-clara, com poucas raízes secundárias, curtas, sem odor, sem nodulações, coleto evidente, branco, glabro. Hipocótilo pouco evidente (ca. 0,1 cm), delgado, branco a verde-claro, cotilédones do tipo CHR. Epicótilo curto (ca. 3,0 cm), puberulento, verde-claro. Primeiro par de eofilos (Figura 3H) curto-peciolados, com duas pequenas estípulas, simples, opostos, 2,8-3,0 × 8,-1,0 cm, ovados, ápice acuminado, base atenuada, membranáceos, margem inteira, peninérveos, glabros em ambas as faces, inodoros, sem exsudação. No segundo nó, aos dez dias da germinação, houve a formação do primeiro metafilo (Figura 3H) com características semelhantes as do primeiro par de eofilos, diferindo apenas na filotaxia, que passou a ser alterna, como pode ser visto na planta jovem (Figura 3I).

Discussão

A caracterização morfológica de plântulas tem sido bastante utilizada como uma ferramenta útil na sistemática de diversos grupos vegetais (Garwood 1995), pois estudos que abordam os aspectos taxonômicos dessa fase de vida da planta tendem a revelar a presença de estruturas importantes para identificação dos táxons, os quais nem sempre permanecem evidentes nos indivíduos adultos (Amorim et al. 2006). Tais estruturas transitórias permitem ampliar o conhecimento das estruturas essenciais da plântula ao longo do seu desenvolvimento e possibilitam a caracterização da espécie, especialmente aquelas de ecossistemas florestais (Gurgel et al. 2012).

Dentre as variações estruturais ocorrentes na fase pós-seminal a heterofilia é um fator comum em espécies florestais durante a fase de plântula, onde as primeiras folhas podem apresentar morfologia distinta das folhas adultas (Duke & Polhill 1981, Montoro 2008). Esta mudança na morfologia foliar pode ser observada de acordo com Duke (1969), em espécies das famílias Anacardiaceae, Bignoniaceae, Caesalpinaceae, Fabaceae, Meliaceae, Mimosaceae e Sapindaceae. De fato, as plântulas de diferentes grupos taxonômicos, especialmente aquelas de espécies ocorrentes em florestas tropicais, podem exibir uma grande diversidade morfológica, com variações na altura, arranjo e forma das folhas, além da variação dos cotilédones dentro e entre táxons (Garwood 1995, 1996, Lopes et al. 2012).

A variação na forma das folhas juvenis apesar de ser comum a muitas espécies, nem sempre ocorre de forma gradual (Andreato 1980). A sequência de diferenciação foliar pode ser abrupta, como em muitas espécies da família Mimosaceae, ou lenta e gradual, como em muitas espécies lenhosas das famílias Fabaceae, Meliaceae e Sapindaceae (Paoli & Santos 1998). Isto corrobora os resultados encontrados, neste estudo, para *Andira fraxinifolia* (Fabaceae) que apresentou mudança lenta e gradual no seu desenvolvimento foliar.

Em alguns estudos, como o de Lima et al. (2008), também foi possível verificar a diferenciação foliar na fase de plântula. Segundo esses autores, a espécie *Abarema filamentosa* (Benth.) Pittier apresenta um par de eofilos opostos no estágio de plântula, com mudança posterior da filotaxia para alterna. Alguns estudos mencionam a variação morfológica existente para as plântulas do grupo das Fabaceae (Oliveira 2001, Gates 1951), sendo, portanto, imprescindível aumentar o esforço no direcionamento de estudos com plântulas e plantas jovens para fins taxonômicos para esta família (Braz et al. 2009). Por ser bastante representativa na flora de diversos ecossistemas, inclusive em áreas de restinga (Gurgel et al. 2012), a caracterização morfológica das plântulas de espécies arbóreas de Fabaceae tem sido utilizada como uma ferramenta confiável para o reconhecimento das espécies em campo (Gurgel et al. 2012, Braz et al. 2009, Rodrigues & Tozzi 2007).

Dentre as variações morfológicas observadas durante o desenvolvimento das espécies analisadas, a transição da textura foliar entre as plântulas e indivíduos adulto foi evidenciada nas espécies *Eugenia hirta* e *Andira fraxinifolia*, com folhas variando de membranáceas (plântula) a cartáceas (indivíduo adulto). Pesquisas evidenciam que algumas características morfológicas ou morfo-anatômicas podem também ter relação com as características abióticas do meio em que estão inseridas. Segundo Boeger & Wisniewski (2003) plantas que se desenvolvem em solos arenosos, como em ambientes de restinga, por exemplo, possuem folhas mais espessas como estratégia de sobrevivência nessas áreas, auxiliando na redução da perda de água, resistência ao período de maior incidência luminosa e herbivoria. Nesse contexto, os indivíduos que apresentam cotilédones do tipo CHR podem investir lentamente na formação de eofilos mais complexos e eficientes para o aproveitamento da luz difusa de ambientes sombreados (Cavichiolo 2006). O que explica a

variação de tamanho e de formas das folhas das espécies estudadas, que cresceram e se estabeleceram em áreas sombreadas da restinga.

Porém, cabe ressaltar também, que essa mudança na textura foliar pode representar apenas uma característica transitória ao longo do ciclo de vida da planta. De acordo com Andreatta & Pereira (1990), essa mudança na textura das folhas juvenis é um fenômeno comum, pois as folhas tendem a se tornar gradualmente mais espessas, passando de membranácea à cartácea ou ainda à coriácea ao longo do desenvolvimento da planta.

Conclusão

A análise dos caracteres morfológicos das plântulas das nove espécies estudadas constatou a existência de variação nas características foliares (tais como: forma dos eofilos, consistência e filotaxia) tanto entre as espécies analisadas quanto no próprio indivíduo (em relação ao indivíduo adulto), permitindo, desta forma, sua identificação a nível específico na comunidade vegetal. Ressalta-se ainda a importância da realização de outros estudos

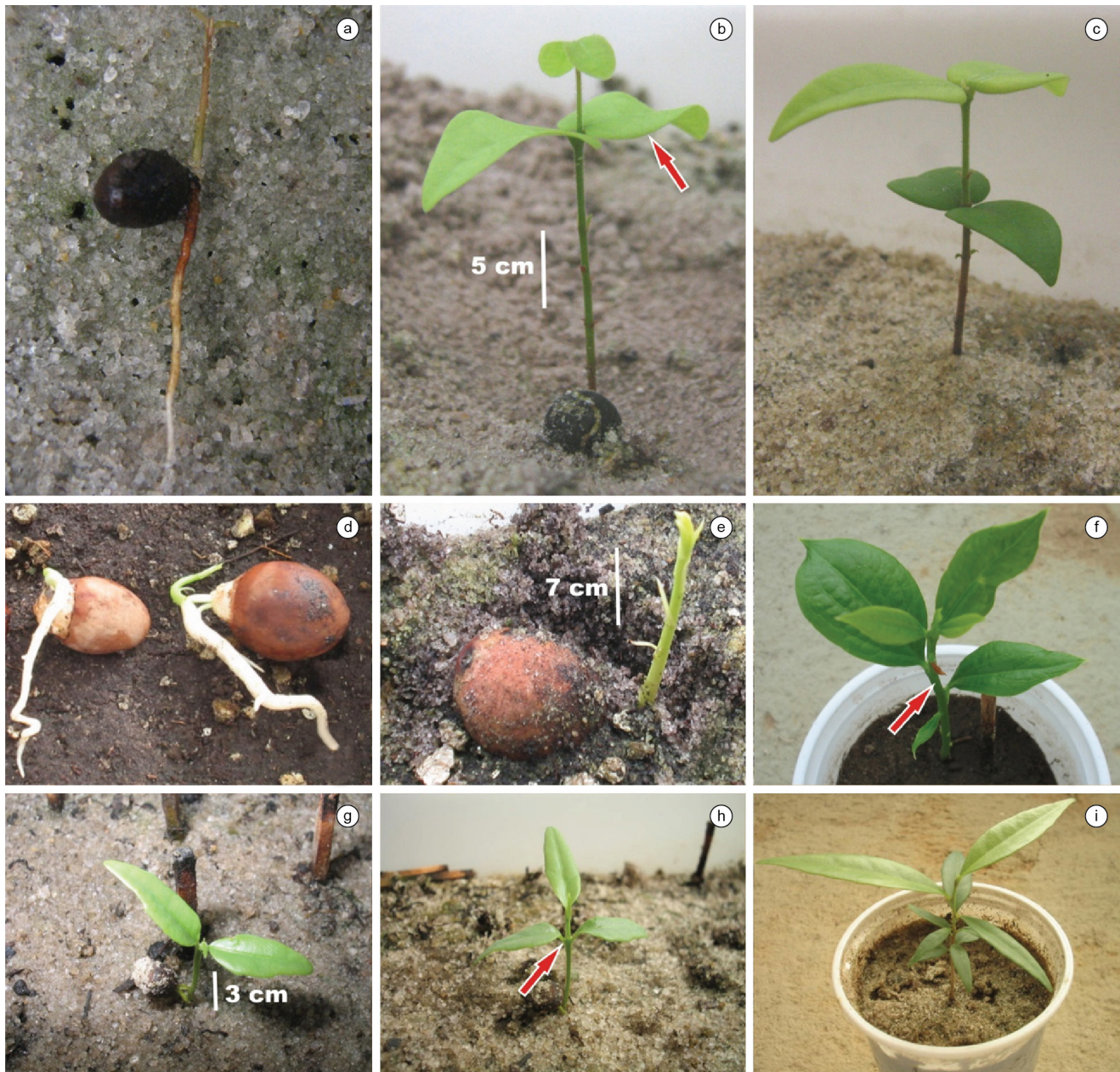


Figura 3. Aspecto geral das plântulas das espécies: *Eugenia hirta* O. Berg.: **a** (germinação e cotilédone cripto-hipógeo-armazenador), **b** (destaque para eofilos opostos), **c** (filotaxia oposta-cruzada); *Ximenia americana* L.: **d** (germinação e cotilédone cripto-hipógeo-armazenador), **e** (elevação do epicótilo), **f** (planta jovem com destaque para filotaxia alternata); *Casearia javitensis* Kunth.: **g** (elevação do epicótilo), **h** (destaque para os eofilos opostos) e **i** (planta jovem com eofilos opostos e metafílos alternos). Os destaques são apontados com seta vermelha.

Figure 3. General appearance of the seedlings of the species the species: *Eugenia hirta* O. Berg.: **a** (germination and cotyledon crypto-hypogeal-reserve), **b** (especially eophylls opposite), **c** (cross-opposite phyllotaxi); *Ximenia americana* L.: **d** (germination and cotyledon crypto-hypogeal-reserve), **e** (elevation epicotyl), **f** (especially young plant phyllotaxi switches); *Casearia javitensis* Kunth.: **g** (elevation epicotyl), **h** (especially eophylls opposite) and **i** (young plant with eophylls opposite and metaphylls alternating). The highlights are pointed with red arrow.

com o mesmo enfoque para que seja possível ampliar o conjunto de dados ou mesmo descobrir caracteres taxonômicos potencialmente informativos para delimitação dos táxons, bem como, auxiliar nos trabalhos ecológicos que necessitem da correta identificação das plântulas (ver apêndice em anexo).

Agradecimentos

A Capes pelo auxílio financeiro. Ao Dr. Eduardo Almeida pela ajuda na identificação das espécies e pelas críticas na finalização deste trabalho. A Dra. Simone Lira e Msc. Edson Moura pelo valioso apoio nas coletas de material botânico.

Referências Bibliográficas

- ALMEIDA JUNIOR, E.B., OLIVO, M.A., ARAUJO, E.L. & ZICKEL, C.S. 2009. Caracterização da vegetação de restinga da RPPN de Maracaípe, PE, Brasil, com base na fisionomia, flora, nutrientes do solo e lençol freático. *Acta Bot. Bras.* 23(1):36-48. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062009000100005>
- AMORIM, I.L., FERREIRA, R.A., DAVIDE, A.C. & FERREIRA CHAVES, M.M. 2006. Aspectos morfológicos de plântulas e mudas de Trema. *Rev. Bras. Sementes.* 28(1):86-91. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222006000100012>
- ANDREATA, R.H.P. 1980. *Smilax linnaeus* (Smilacaceae):ensaio para uma revisão das espécies brasileiras. *Arq. Jard. Bot. Rio J.* 24:179-301.
- ANDREATA, R.H.P. & PEREIRA, T.S. 1990. Morfologia das plântulas de algumas espécies de *Smilax* L. *Arq. Jard. Bot. Rio J.* 41:7-34.
- ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP - APG III. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Bot. J. Linnean Soc.* 161:105-121. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8339.2009.00996.x>
- BATTILANI, J. L., SANTIAGO, E.F., & SOUZA A, L.T. 2006. Morfologia de frutos, sementes e desenvolvimento de plântulas e plantas jovens de *Maclura tinctoria* (L.) D. Don. ex Steud. (Moraceae). *Acta Bot. Bras.* 20(3):581-589. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062006000300008>
- BOEGER, M.R.T. & WISNIEWSKI, C. 2003. Comparação da morfologia foliar de espécies arbóreas de três estádios sucessionais distintos de floresta ombrófila densa (Floresta Atlântica) no Sul do Brasil. *Rev. Bras. Bot.* 26(1):61-72. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042003000100007>
- BRAZ, M.S.S., SOUZA, V.C., ANDRADE, L.A., BRUNO, R.L.A., OLIVEIRA, L.S.B. & SILVA, J.M. 2009. Caracterização morfológica de frutos, sementes e plântulas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All.ex.Benth) Leguminosae-Papilionoideae. *Rev. Bras. Ciênc. Agrárias* 4(1):67-71.
- BROWN, D. 1992. Estimating the composition of a forest seed bank: a comparison of the seed extraction and seedling emergence methods. *Can. J. Bot.* 70(8):1603-1612. <http://dx.doi.org/10.1139/b92-202>
- CAVICHIOLO, L.S. 2006. Aspectos morfológicos e ecológicos dos principais tipos morfofuncionais de plântulas ocorrentes na Ilha do Mel, PR. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- DUKE, J.A. 1965. Keys for the identification of seedlings of some prominent woody species in eight forest types in Puerto Rico. *Ann. Mis. Bot. Garden* 52(3):314-350. <http://dx.doi.org/10.2307/2394796>
- DUKE, J.A. 1969. On tropical seedlings. In *Seeds, seedlings, systems and systematics.* *Ann. Mis. Bot. Garden* 56(2):125-161. <http://dx.doi.org/10.2307/2394836>
- DUKE, J.A. & POLHILL, R.M. 1981. Seedlings of Leguminosae. In *Advances in legumes systematic* (R.M. Polhill & P.H. Raven, eds.). Kew: Royal Bot. Gardens, p.941-949.
- FELICIANO, A. L. P. 1989. Estudo de germinação de sementes e desenvolvimento da muda, acompanhado de descrições morfológicas de dez espécies arbóreas ocorrentes no semi-árido nordestino. Dissertação de mestrado, Universidade de Viçosa, Viçosa.
- GARWOOD, N.C. 1995. Studies in Annonaceae. XX. Morphology and ecology of seedlings, fruits and seeds of selected Panamanian species. *Bot. Jah. Systematik* 117:1-152.
- GARWOOD, N.C. 1996. Functional morphology of tropical tree seedlings. In: *The ecology of tropical forest tree seedlings* (M.D. Swaine Ed.). The Parthenon Publishing Group, New York, p.59-129.
- GARWOOD, N.C. 2009. Seedlings of Barro Colorado Island and the Neotropics. Ithaca, Comstock Publishing Associates.
- GATES, R.R. 1951. Epigeal germination in the Leguminosae. *Bot. Gazette*, 113:151-157. <http://dx.doi.org/10.1086/335703>
- GURGEL, E.S.C., SANTOS, J.U.M., LUCAS, F.C.A. & BASTOS, M.N. C. 2012. Morfologia de plântulas de Leguminosae e o potencial sistemático. *Rodriguésia* 63(1):065-073. <http://dx.doi.org/10.1590/S2175-78602012000100006>
- HENRIQUES, R.P.B., ARAÚJO, D.S.D. & HAY, J.D. 1986. Descrição e classificação dos tipos de vegetação da restinga de Carapebus, Rio de Janeiro. *Rev. Bras. Bot.* 9:173-189.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. 2005. www.inmet.gov.br (último acesso em: 10/01/2005).
- KLEIN, A.S.; CITADINI-ZANETTE, V.; SANTOS, S. 2007. Florística e estrutura comunitária de restinga herbácea no município de Araranguá, Santa Catarina. *Biotemas* 20(3):15-26.
- KÖPPEN, W. 1948. *Climatologia: com un estudio de los climas de la tierra.* Fondo de Cultura Economica, Mexico
- LIMA, P.B., LIMA, L.F., MEDEIROS, D.P.W., & ZICKEL, C.S. 2008. Caracterização Morfológica do Fruto, da Semente e da plântula e Morfofuncionalidade da Plântula de *Abarema filamentosa* (Benth.) Pittier - Mimosoideae. In: *Biodiversidade, Potencial Econômico e Processos Eco-Fisiológicos em Ecossistemas Nordestinos* (A. N. Moura, E. L. Araújo & U. P. Albuquerque, orgs.). COMUNIGRAF, Recife, v.1, p. 39-56.
- LOPES, A., ROSA-OSMAN, S.M. & PIEDADE, M.T.F. 2012. Caracterização morfológica das plântulas de cinco espécies arbóreas da floresta estacional semidecidual, Brasil. *Floresta* 42(1):105-114.
- MONTORO, G.R. 2008. Morfologia de plântulas de espécies lenhosas do cerrado. Dissertação de mestrado, Universidade de Brasília, Brasília.
- NG, F.S.P. 1973. Germination of fresh of Malaysian tress. *Malaysian For.* 36(2):54-65.
- NG, F.S.P. 1978. Strategies of establishment in Malayan forest trees. In *Tropical trees as living systems* (P.B.P. Tomlinson & M.H. Zimmermann, eds.). Cambridge University Press, London, p.129-162.
- OLIVEIRA, E.C. 1993. Morfologia de plântulas. In *Sementes florestais tropicais* (I. B. Aguiar, F. M. C. Piña-Rodrigues & M. B. Figliolia, coords). ABRATES, Brasília, p.175-213. PMID:8161251.
- OLIVEIRA, D.M.D. 2001. Morfologia comparada de plântulas e plantas jovens de leguminosas arbóreas nativas: espécies de *Phaseoleae*, *Sophoreae*, *Swartzieae* e *Tephrosieae*. *Rev. Bras. Bot.* 24(1):85-97. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042001000100010>
- PAOLI, A.A.S. & SANTOS, M.R.O. 1998. Caracterização morfológica de frutos, sementes e plântulas de *Sapindus saponaria* L. (Sapindaceae). *Rev. Bras. Sementes* 20(2):147-153.
- RADFORD, A.E., DICKISON, W.C., MASSEY, J.R. & BELL, C.R. 1974. *Vascular plants systematics.* Harper and Row, New York, p.877.
- RESSEL, K., GUILHERME, F.A.G. & SCHIAVINI, I. 2004. Ecologia morfofuncional de plântulas de espécies arbóreas da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. *Rev. Bras. Bot.* 27(2):311-323. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042004000200010>
- RODERJAN, C.V. 1983. Morfologia do estágio juvenil de 24 espécies arbóreas de uma floresta com araucária. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- RODRIGUES, R.S. HIRT, A.P.M. & FLORES, A.S. 2012. Morfologia de plântulas das espécies de *Rhynchosia* (Leguminosae, Papilionoideae) de Roraima, Brasil. *Acta Bot. Bras.* 26(3):585-592. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062012000300008>

- RODRIGUES, R.S & TOZZI, A.M.G.A. 2007. Morfologia de plântulas de cinco leguminosas genistóides arbóreas do Brasil (Leguminosae-Papilionoideae). Acta Bot. Bras. 21(3):599-607. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062007000300007>
- SCHIAVINI, I., RESENDE, J.C.F. & AQUINO, F.G. 2001. Dinâmica de populações de espécies arbóreas em mata de galeria e mata mesófila na margem do Ribeirão do Panga, MG. In: Cerrado: Caracterização e Recuperação de Matas de Galeria. (J.F. Ribeiro, C.E.L. Fonseca & J.C. Sousa-Silva, Eds.). Embrapa-CPAC, Brasília, p.267-299.
- SILVA, L.L. 2001. Morfologia, anatomia e desenvolvimento dos frutos, sementes e plântulas de *Zanthoxylum rhoifolium* Lam., *Esenbeckia grandiflora* Mart., *Dictyoloma vandellianum* Adr. Juss. e *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler (Rutaceae). Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

Recebido em 23/08/2012

Versão reformulada recebida em 29/08/2013

Publicado em 11/09/2013

Apêndice

Chave de identificação

Chave de identificação dicotômica de plântulas de nove espécies lenhosas com cotilédones cripto-hipógeo-armazenador (CHR) da restinga de Maracaípe, Pernambuco.

1. Eofilos compostos	3
2. Eofilos simples	4
3. Eofilos compostos trifoliolado	<i>Protium heptaphyllum</i>
3'. Eofilos compostos pinado (imparipinado)	<i>Andira fraxinifolia</i>
4. Eofilo oposto	5
4'. Eofilo alterno.....	6
5. Margem inteira	<i>Casearia javitensis</i>
5'. Margem ciliada	<i>Eugenia hirta</i>
6. Eofilo elíptico	7
6'. Eofilo de obovado a oblanceolado	<i>Ximenia americana</i>
7. Peciolada	8
7'. Séssil	<i>Annona pickelii</i>
8. Ausência de estípulas.....	9
8'. Presença de estípulas na base dos eofilos.....	<i>Maytenus obtusifolia</i>
9. Catafilos bem desenvolvidos (6 alternos).....	<i>Eschweilera ovata</i>
9'. Catafilos curtos (2-5 alternos).....	<i>Ocotea notata</i>

Anuros da Estação Ecológica de Santa Bárbara, um remanescente de formações abertas de Cerrado no estado de São Paulo

Cybele de Oliveira Araujo^{1,4}, Décio Tadeu Corrêa² & Selma Maria de Almeida Santos³

¹Seção de Animais Silvestres, Instituto Florestal, Rua do Horto, 931, Horto Florestal, CEP 02377-000, São Paulo, SP, Brasil

²Programa de Pós-graduação em Ecologia, Departamento de Biologia Animal, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, CP 6109, CEP 13083-862, Campinas, SP, Brasil

³Laboratório de Ecologia e Evolução, Instituto Butantan, Avenida Dr. Vital Brasil, 1500, CEP 05503-900, São Paulo, SP, Brasil

⁴Autor para correspondência: Cybele de Oliveira Araujo, e-mail: cyaraujo@if.sp.gov.br

ARAUJO, C.O., CORRÊA, D.T. & ALMEIDA-SANTOS, S.M. **Anurans of the Estação Ecológica de Santa Bárbara, a remnant of open Cerrado formations in the state of São Paulo.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?inventory+bn01613032013>

Abstract: Although São Paulo is the state with the most knowledge about anurans from Brazil, it still has important knowledge gaps about this group especially in the remnants of the Cerrado Biome. Only 0.5% of this biome is protected by conservation units in the state and remaining fragments suffer threats that include isolation, risk of fire and invasion by exotic plant species. The aim of this study was to obtain information on anurans species recorded at Estação Ecológica de Santa Bárbara, one of the few remnants in Middle Paranapanema river basin that has a predominance of open Cerrado formations. The inventory was conducted monthly from October/2008 to March/2009, totaling 30 sampling days. Surveys were conducted using pitfall traps with drift fences, incidental encounters and acoustic and visual searches. We recorded 33 anuran species, belonging to 14 genera and six families (Bufonidae, Cycloramphidae, Hylidae, Leiuperidae, Leptodactylidae e Microhylidae). Although species richness was not different between open and forest vegetation types, there was a greater abundance of anurans in the open formations, reflecting the largest association of individuals to water bodies present in open phytophysiognomies during the reproductive period. This research is an important contribution to expanding the knowledge about anurans species in the Cerrado, one of the priority global hotspots for biodiversity conservation.

Keywords: *amphibians, Anura, conservation, inventory, Águas de Santa Bárbara.*

ARAUJO, C.O., CORRÊA, D.T. & ALMEIDA-SANTOS, S.M. **Anuros da Estação Ecológica de Santa Bárbara, um remanescente de formações abertas de Cerrado no estado de São Paulo.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?inventory+bn01613032013>

Resumo: Apesar de São Paulo ser o estado do país que possui o maior conhecimento sobre sua fauna de anuros, ainda persistem consideráveis vazios amostrais, sobretudo nos remanescentes de Cerrado do estado. Somente 0,5% deste bioma encontram-se protegidos por unidades de conservação no estado e os fragmentos remanescentes sofrem ameaças que incluem o isolamento, risco de incêndios e invasão por espécies vegetais exóticas. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi gerar informações sobre as espécies de anuros presentes na Estação Ecológica de Santa Bárbara, um dos poucos remanescentes com formações abertas de Cerrado da bacia hidrográfica do Médio Paranapanema. O levantamento das espécies foi realizado mensalmente entre outubro/2008 a março/2009, totalizando 30 dias de inventário. A amostragem foi realizada por meio de armadilhas de interceptação e queda, encontro ocasional, procura auditiva e procura visual. Registramos 33 espécies pertencentes a 14 gêneros e seis famílias (Bufonidae, Cycloramphidae, Hylidae, Leiuperidae, Leptodactylidae e Microhylidae). Embora a riqueza de espécies não tenha sido diferente entre as formações vegetais abertas e florestais, registrou-se uma maior abundância de anuros nas formações savânicas, refletindo a maior associação dos indivíduos aos corpos d'água presentes nas fitofisionomias abertas durante o período reprodutivo. Este estudo é uma importante contribuição para ampliar o conhecimento sobre a fauna de anuros no Cerrado, um dos *hotspots* mundiais prioritários para a conservação biológica.

Palavras-chave: *anfíbios, Anura, conservação, inventário, Águas de Santa Bárbara.*

Introdução

Apesar da fauna de anuros do estado de São Paulo ser considerada a mais conhecida no país, com 230 espécies descritas, ainda existem consideráveis lacunas amostrais no nordeste e sudeste do estado (Rossa-Feres et al. 2011). Embora tenha ocorrido nos últimos anos um aumento significativo no número de trabalhos publicados sobre a diversidade de anuros em localidades da bacia hidrográfica do Médio Paranapanema (Ribeiro-Júnior & Bertoluci 2009, Araujo & Almeida-Santos 2011, Maffei et al. 2011a, b), o conhecimento sobre este grupo faunístico nesta região continua restrito quando comparado a outras regiões do estado (Rossa-Feres et al. 2011). A anurofauna do estado pode ser dividida entre as espécies distribuídas nas fitofisionomias de floresta ombrófila da encosta litorânea e serras do Mar, Mantiqueira e Bocaina e as associadas às formações de Cerrado e floresta estacional que ocorrem predominantemente no Planalto Ocidental Paulista (Rossa-Feres et al. 2008).

O Cerrado é o segundo maior domínio neotropical e o único dos 34 *hotspots* mundiais prioritários para a conservação biológica em que predomina a vegetação savânica (Myers et al. 2000, Mittermeier et al. 2004). A vegetação que possuía originalmente dois milhões de km² de extensão (23% do território nacional) compreende uma extensa área contínua nos estados de Goiás, Bahia, Minas Gerais e Mato Grosso e algumas penínsulas e áreas disjuntas que se estendem por outros estados (Eiten 1972). Sua heterogeneidade ambiental, que inclui planaltos, depressões e planícies dominadas por formações campestres e savânicas e em menor proporção matas de galeria e floresta estacional (Oliveira-Filho & Ratter 2002, Silva & Bates 2002, Ab'Sáber 2005, Ribeiro & Walter 2008), está refletida em sua biota reconhecida mundialmente como uma das mais ricas em espécies e endemismos e severamente ameaçada pelas atividades humanas (Colli et al. 2002, Mittermeier et al. 2004, Klink & Machado 2005, Diniz-Filho et al. 2008). Estudo recente aponta uma elevada riqueza de espécies e endemismos de anfíbios no Cerrado, com 209 espécies de anuros, sendo 51,7% endêmicas deste domínio (Valdujo et al. 2012). Aproximadamente 40% da cobertura vegetal do Cerrado foram devastadas e a porção mais ao sul deste domínio é a mais severamente impactada, apresentando apenas 15% de sua vegetação original (Sano et al. 2010). É justamente nas regiões sul e sudoeste deste domínio, que a riqueza de espécies de anuros tende a ser mais elevada (Diniz-Filho et al. 2008, Valdujo 2011).

As características ecológicas, fisiológicas e reprodutivas dos anuros levam este grupo a uma forte associação aos ambientes úmidos (Duellman & Trueb 1986, Pough et al. 2004). Em regiões de Cerrado, a maior parte destas espécies ocorre em ambientes abertos e úmidos, como nas fitofisionomias campo limpo úmido e veredas, e os endemismos concentram-se nos campos limpos e campos rupestres (Brandão & Araújo 2002, Colli et al. 2002, Eterovick & Sazima 2004, Brasileiro et al. 2005, Araujo et al. 2009, Valdujo 2011, Valdujo et al. 2011). É importante destacar que as fisionomias campestres e savânicas são as formações vegetais mais vulneráveis e sujeitas ao desaparecimento no estado de São Paulo (Durigan et al. 2003, Durigan et al. 2004, Durigan & Ratter 2006, Durigan et al. 2007), restando poucas unidades de conservação de proteção integral que ainda abrigam áreas significativas destas fitofisionomias no estado como as estações ecológicas de Itirapina e Santa Bárbara (Kronka et al. 2005). Análises da cobertura vegetal em fragmentos considerados como prioritários para a conservação do Cerrado no estado demonstraram que as formações savânicas ocorrem em 35% dos fragmentos e as formações campestres em apenas 3,5%, sendo o restante dominado pelas formações florestais (Durigan et al. 2003). Somente 0,5% deste domínio encontra-se protegido por unidades de conservação no estado e os fragmentos remanescentes sofrem ameaças que incluem o isolamento, risco de incêndios e invasão por espécies vegetais exóticas (Pivello et al. 1999, Durigan et al. 2004, Durigan et al. 2007).

Considerando que estudos realizados no Cerrado prevêem, em um cenário de mudanças climáticas, alterações na disponibilidade de áreas adequadas para ocorrência de muitas espécies de anuros, em especial as endêmicas e especialistas no uso do hábitat (Silvano 2011), torna-se imperativo a realização de inventários e estudos padronizados de monitoramento dos anuros em localidades que se mantêm como lacunas amostrais neste domínio fitogeográfico. Os dados obtidos neste tipo de pesquisa podem contribuir para uma avaliação mais adequada do *status* de conservação das espécies, declínios populacionais e extinções locais, informações estas indispensáveis para a elaboração de medidas efetivas de manejo e conservação das espécies (Verdade et al. 2012). Possivelmente, as populações de anuros registradas na Estação Ecológica de Santa Bárbara representam o limite de distribuição mais austral destas espécies neste domínio (Diniz-Filho et al. 2008, Valdujo 2011). Antes deste estudo, só eram conhecidas três espécies para o município de Águas de Santa Bárbara (C. Nogueira, dados não publicados). Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi fornecer informações sobre a composição, riqueza, abundância e distribuição dos anuros nesta unidade de conservação. Adicionalmente, considerando que vários estudos apontaram que as formações abertas abrigam uma maior diversidade de anuros em relação às formações florestais de Cerrado (Brandão & Araújo 2002, Brasileiro et al. 2005, Araujo et al. 2009, Valdujo 2011, Valdujo et al. 2011), testou-se nesta localidade a proposição que os ambientes com fisionomias abertas apresentam uma maior riqueza e abundância de espécies quando comparados às fisionomias florestais.

Material e Métodos

1. Local de estudo

A Estação Ecológica de Santa Bárbara (22° 46' -22° 41' S, 49° 16' -49° 10' O; 600-680 m) localiza-se no município de Águas de Santa Bárbara (Médio Paranapanema), estado de São Paulo e apresenta área total de 2.712 ha (Melo & Durigan 2011) (Figura 1). O clima da região é do tipo Cwa de Köppen, com uma estação seca e outra chuvosa (Peel et al. 2007). A temperatura média nos meses mais quentes (janeiro e fevereiro) oscila entre 24 e 24,5 °C e nos meses mais frios (junho e julho) ao redor de 17 °C (Melo & Durigan 2011). A precipitação média anual é de aproximadamente 1.400 mm, com a maior média de precipitação mensal ocorrendo no mês de dezembro (206 mm) e a menor em agosto (44 mm) (Melo & Durigan 2011). A cobertura vegetal predominante é de Cerrado, sendo composta sobretudo por formações campestres e savânicas, como cerrado típico (34,4%), cerrado denso (10,2%), cerrado ralo (7%) e campo limpo úmido (6,5%) (Durigan et al. 2011). As fisionomias florestais naturais são o cerradão (11,9%), mata de galeria (4%) e mata seca semidecídua (0,7%) (Durigan et al. 2011). As fitofisionomias foram classificadas *sensu* Ribeiro e Walter (2008), na qual o cerrado sentido restrito é subdividido em cerrado denso, cerrado típico e cerrado ralo.

2. Coleta e análise dos dados

O inventário das espécies foi realizado em seis etapas de campo mensais, com duração de cinco dias cada, totalizando 30 dias de amostragem (outubro/2008 a março/2009). Foram utilizadas armadilhas de interceptação e queda (*pitfall traps*) interligadas por cercas-guia (*drift-fences*) (Corn 1994) em um ambiente com formações florestais (cerradão e mata seca semidecídua) e em dois ambientes com formações savânicas (cerrado típico e cerrado ralo) (Figura 2, Apêndice 1). Adicionalmente, foram realizadas amostragens por meio dos métodos de procura auditiva, procura visual e encontro ocasional (Crump & Scott Junior 1994, Scott Junior & Woodward 1994) nos ambientes descritos acima e nos sítios reprodutivos, especialmente em brejos formados no campo limpo

úmido (Figura 2, Apêndice 1). Também foram considerados alguns registros de espécies obtidos em inventário realizado após o término deste estudo (2011/2012).

Foram instaladas 18 linhas de armadilhas (unidades amostrais) compostas por quatro baldes plásticos de 60 litros, totalizando

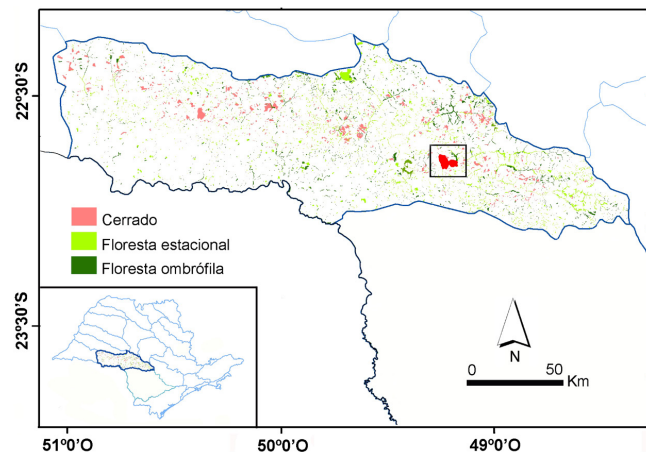


Figura 1. Remanescentes de vegetação natural da bacia hidrográfica do Médio Paranapanema, SP. O fragmento em vermelho representa a Estação Ecológica de Santa Bárbara. No detalhe à esquerda, estão representadas as bacias hidrográficas do estado de São Paulo, com destaque para o Médio Paranapanema.

Figure 1. Natural vegetation remnants of the Middle Paranapanema river basin, São Paulo state, Brazil. The fragment in focus (in red) represents the Estação Ecológica de Santa Bárbara. The detail on the left side depicts the river basins of São Paulo state, highlighting the Middle Paranapanema.

72 armadilhas, com uma distância mínima de 500 m entre linhas (Figura 2, Apêndice 1). Os baldes foram inseridos em buracos cavados no solo, sendo dispostos em linha reta (espaçados 15 metros entre si) e interligados por cercas-guia de aproximadamente 50 cm de altura. As armadilhas permaneceram abertas por cinco dias consecutivos (primeira ou segunda semana do mês), em um total de 30 dias de amostragem (esforço amostral = 2.160 armadilhas/dia). Com o intuito de minimizar a predação dos anuros capturados nas armadilhas por vertebrados e invertebrados foram realizadas inspeções a cada 24 horas, sempre no período da manhã. Foram depositados abrigos em cada uma das armadilhas durante todo o período de amostragem para evitar a morte de indivíduos por dessecação e afogamento (Cechin & Martins 2000). Foram coletados no máximo 10 indivíduos por espécie. Os demais espécimes capturados foram identificados, marcados pela amputação da falange distal do terceiro artelho do membro anterior direito (*toe-tipping*) (Lüddecke & Amézquita 1999, Phillott et al. 2007) e liberados próximos ao local de captura (licenças IBAMA/RAN 10423-1 e 13706-2). Este tipo de marcação (*batch mark*) foi utilizado para que os indivíduos recapturados nas armadilhas não fossem recontados nas amostragens subsequentes. A relevância deste método de marcação de anuros em estudos populacionais foi apresentada recentemente por Corrêa et al. (2013).

A procura auditiva e visual consistiu em censos efetuados no período noturno, sendo examinados os microhabitats acessíveis (e.g. bromélias, folhiço, tronco de árvores) e os sítios reprodutivos utilizados pelas espécies (e.g. brejos, córregos, lagoas, várzeas). A amostragem variou entre três e seis horas por noite, resultando em um esforço total de aproximadamente 120 horas de procura e esforço empregado de 60 horas-homem. Grande parte dos ambientes aquáticos utilizados pelos anuros durante a reprodução nesta localidade foi inspecionado ao longo dos 14 dias de amostragem ativa (Figura 2, Apêndice 1). O número de sítios aquáticos vistoriados e a

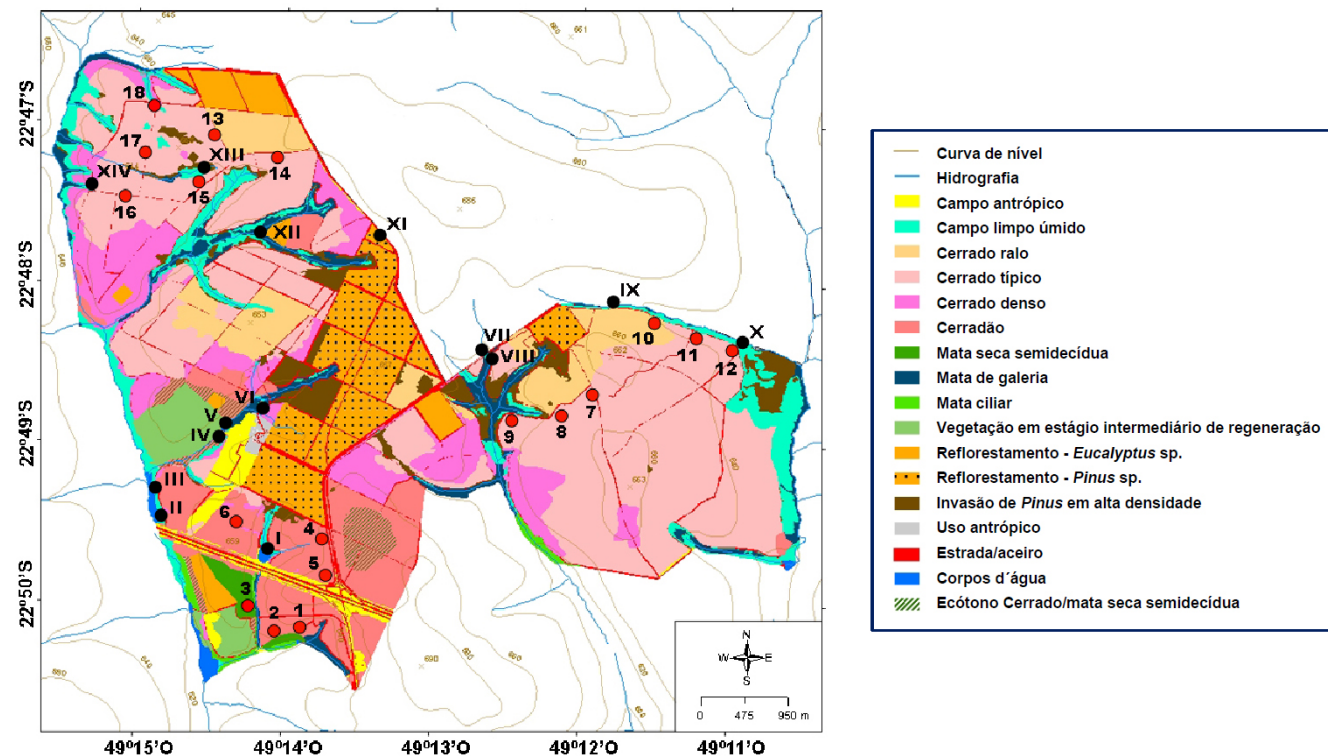


Figura 2. Cobertura vegetal da Estação Ecológica de Santa Bárbara, SP e locais de amostragem (pontos em vermelho = linhas de armadilhas de interceptação e queda; pontos em preto = ambientes aquáticos). Fonte: modificado de Melo & Durigan (2011).

Figure 2. Vegetation of the Estação Ecológica de Santa Bárbara, São Paulo state, Brazil and sampled areas (red dots = pitfall trap lines; black dots = aquatic sites). Source: modified from Melo & Durigan (2011).

distância percorrida em cada noite não foram padronizados, no entanto manteve-se o compromisso de amostrar todos os sítios reprodutivos em cada etapa mensal. O método de encontro ocasional consistiu no registro de espécimes encontrados vivos ou mortos, quando não estava sendo executado nenhum tipo de procura. Os espécimes testemunho foram depositados na Coleção de Anfíbios do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista, Rio Claro (CFBH) e Coleção Herpetológica do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP) (Apêndice 2).

A eficiência da amostragem foi avaliada por meio de curvas de rarefação (Gotelli & Colwell 2001) geradas a partir dos dados de incidência dos anuros durante o período de inventário. O número total de espécies registradas em cada dia foi considerado como uma amostra, totalizando 14 amostras obtidas pela procura auditiva e visual e 30 amostras pelas linhas de armadilhas. Considerando os diversos estimadores de riqueza disponíveis, optou-se pela utilização do algoritmo Jackknife de primeira ordem (Magurran 2004, Walther & Moore 2005, Hortal et al. 2006). Apesar de alguns autores apontarem que os estimadores não-paramétricos apresentam uma grande dependência da riqueza de espécies observada e, portanto, do número e tamanho das amostras (Melo & Froehlich 2001, Melo 2004), ainda assim a riqueza estimada neste inventário pode fornecer uma base para comparações com outros levantamentos realizados em localidades do interior do estado que utilizaram este estimador de riqueza (e.g. Ribeiro-Júnior & Bertoluci 2009, Santos et al. 2009, Brassaloti et al. 2010, Araujo & Almeida-Santos 2011, Valdujo et al. 2011, Araujo & Almeida-Santos 2013). Para averiguar se existem diferenças na riqueza de espécies entre os ambientes abertos e florestais foram avaliados apenas os dados obtidos pelas armadilhas. Para tal, curvas de rarefação foram construídas baseadas no número de indivíduos registrados e comparou-se a riqueza de espécies considerando o ambiente que apresentou o menor número de anuros capturados, que no caso foi o ambiente florestal (Gotelli & Colwell 2001). Todas as análises foram realizadas no programa EstimateS v.8.2.0 com 10.000 aleatorizações (Colwell 2009). Devido à dificuldade na diferenciação taxonômica dos juvenis, as espécies *Physalaemus centralis* e *P. cuvieri* foram consideradas conjuntamente para a determinação da riqueza de espécies e contagem de indivíduos.

Apesar da existência de um sistema de classificação mais recente para os anuros (Pyrón & Wiens 2011), optou-se pela utilização da nomenclatura taxonômica mais consagrada apresentada por Frost (2013). O *status* de conservação das espécies foi obtido na lista vermelha internacional de espécies ameaçadas de extinção (International... 2013), livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção (Machado et al. 2008) e lista de anfíbios ameaçados do estado de São Paulo (Garcia et al. 2009).

Resultados e Discussão

1. Composição e distribuição das espécies

Registraram-se na Estação Ecológica de Santa Bárbara 33 espécies de anuros distribuídas em seis famílias: Bufonidae (3 espécies), Cycloramphidae (1 espécie), Hylidae (15 espécies), Leiuperidae (5 espécies), Leptodactylidae (7 espécies) e Microhylidae (3 espécies) (Figura 3, Tabela 1). Deste total, 30 espécies representam novos registros para o município de Águas de Santa Bárbara, duas espécies já haviam sido observadas nesta localidade (*Leptodactylus mystacinus* e *Elachistocleis cesarii*) e apenas a espécie *Odontophrynus cf. cultripes* foi encontrada exclusivamente na Coleção Herpetológica do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP) (Tabela 1). Contudo, o registro de *O. cf. cultripes* deve ser visto com cautela, pois apesar de constar no livro de registros da referida coleção, o indivíduo não foi localizado no acervo. A captura de *Pseudopaludicola cf. murundu* neste estudo representou o primeiro registro da espécie para a bacia hidrográfica do Médio Paranapanema. Nenhuma das

espécies estudadas encontra-se nas listas de anfíbios ameaçados de extinção (International... 2013, Machado et al. 2008, Garcia et al. 2009). Entretanto, as populações de anuros desta localidade podem representar o limite de distribuição mais austral das espécies neste domínio fitogeográfico (Diniz-Filho et al. 2008, Valdujo 2011) e a conservação e conexão destes remanescentes de Cerrado contribuem para a manutenção da diversidade genética destas espécies.

Parte das espécies (27%) apresentam uma ampla distribuição geográfica, sendo comumente encontradas em várias regiões do Brasil como *Dendropsophus minutus*, *D. nanus*, *Hypsiboas albopunctatus*, *Leptodactylus fuscus*, *L. mystacinus*, *Physalaemus cuvieri*, *Rhinella schneideri*, *Scinax fuscomarginatus* e *S. fuscovarius* (Haddad et al. 2008, Frost 2013). No entanto, uma parcela significativa (30%) está fortemente associada ao domínio do Cerrado como *Hypsiboas lundii*, típica das formações florestais e *Chiasmocleis albopunctata*, *Dendropsophus elianae*, *D. jimi*, *Eupemphix nattereri*, *Leptodactylus furnarius*, *L. jolyi*, *Odontophrynus cf. cultripes*, *Physalaemus centralis* e *P. marmoratus* que apresentam uma grande dependência das formações vegetais abertas presentes neste domínio (Toledo et al. 2007, Uetanabaro et al. 2008, Valdujo 2011).

Das espécies registradas, *Leptodactylus mystaceus* e *Rhinella ornata* não foram avistadas em atividade de vocalização (Tabela 1). Grande parte dos anuros (18 espécies; 54%) foi observada em atividade reprodutiva restrita aos ambientes aquáticos presentes nas formações abertas, sendo que somente *Aplastodiscus perviridis*, *Hypsiboas lundii*, *Itapotihyla langsdorffii* e *Phyllomedusa tetraploidea* foram encontradas vocalizando exclusivamente nos ambientes aquáticos florestais (Tabela 1, Apêndice 1). A maior associação das espécies aos corpos d'água presentes nas formações abertas durante o período reprodutivo já foi demonstrada em outros estudos que compararam a riqueza de espécies em formações campestres, savânicas e florestais em regiões de Cerrado (e.g. Brandão & Araujo 2002, Brasileiro et al. 2005, Araujo et al. 2009, Valdujo et al. 2011). Apenas *Hypsiboas lundii* foi observada vocalizando em corpos d'água lóticos (e.g. riachos), sendo a maior parte das espécies (79%) encontrada em atividade de vocalização unicamente em corpos d'água léticos (e.g. brejos, charcos, lagoas). Somente *Aplastodiscus perviridis*, *Hypsiboas albopunctatus*, *H. caingua*, *Itapotihyla langsdorffii* e *Physalaemus cuvieri* foram encontradas em ambos os tipos de ambiente aquático (17%) (Tabela 1, Apêndice 1). Padrão semelhante no uso do hábitat para a reprodução foi verificado em outras localidades que apresentam formações de Cerrado (e.g. Brasileiro et al. 2005, Araujo et al. 2009, Araujo & Almeida-Santos 2011, Valdujo et al. 2011).

2. Riqueza e abundância das espécies

A riqueza de espécies observada na Estação Ecológica de Santa Bárbara mostrou-se superior às registradas em outras unidades de conservação que apresentam predomínio de formações de Cerrado no estado de São Paulo como as estações ecológicas de Assis (27 espécies; Araujo & Almeida-Santos 2011) e Itirapina (28 espécies; Brasileiro et al. 2005) e áreas de proteção integral no interior do estado que apresentam ecótono entre o Cerrado e a Mata Atlântica como as estações ecológicas de Angatuba (31 espécies; Araujo & Almeida-Santos 2013) e Jataí (27 espécies; D. T. Corrêa, comunicação pessoal).

As curvas de rarefação para 14 dias de amostragem por procura auditiva e visual e 30 dias por armadilhas de interceptação e queda não atingiram uma assintota. Contudo, no caso da procura ativa, as curvas apresentaram tendência à estabilização, indicando que possivelmente a maior parte das espécies foi registrada durante o estudo (Figura 4). O estimador de riqueza Jackknife I não indicou diferenças entre as riquezas de anuros estimadas e observadas obtidas pelos diferentes métodos de amostragem (Figura 4). Grande parte das espécies (29 espécies, 90%), incluindo a observação de *Itapotihyla langsdorffii* após o término deste estudo, foi amostrada por meio da procura auditiva e visual nos ambientes aquáticos utilizados



Figura 3. Espécies de anuros amostradas na Estação Ecológica de Santa Bárbara, SP. a = *Rhinella ornata*; b = *Rhinella schneideri*; c = *Aplastodiscus perviridis*; d = *Dendropsophus elianae*; e = *Dendropsophus jimi*; f = *Dendropsophus minutus*; g = *Dendropsophus nanus*; h = *Hypsiboas albopunctatus*; i = *Hypsiboas caingua*; j = *Hypsiboas lundii*; k = *Itapotihyla langsdorffii*; l = *Phyllomedusa tetraploidea*; m = *Scinax berthae*; n = *Scinax fuscocomarginatus*; o = *Scinax fuscovarius*; p = *Scinax similis*; q = *Scinax squalirostris*; r = *Eupemphix nattereri*; s = *Physalaemus centralis*; t = *Physalaemus cuvieri*; u = *Physalaemus marmoratus*; v = *Pseudopaludicola cf. murundu*; w = *Leptodactylus furnarius*; x = *Leptodactylus fuscus*; y = *Leptodactylus jolyi*; z = *Leptodactylus labyrinthicus*; a1 = *Leptodactylus latrans*; b1 = *Leptodactylus mystaceus*; c1 = *Leptodactylus mystacinus*; d1 = *Chiasmocleis albopunctata*; e1 = *Elachistocleis bicolor*; f1 = *Elachistocleis cesarii*. Todos os indivíduos são da localidade estudada (fotos: Cybele O. Araujo).

Figure 3. Anuran species sampled at the Estação Ecológica de Santa Bárbara, São Paulo state, Brazil. a = *Rhinella ornata*; b = *Rhinella schneideri*; c = *Aplastodiscus perviridis*; d = *Dendropsophus elianae*; e = *Dendropsophus jimi*; f = *Dendropsophus minutus*; g = *Dendropsophus nanus*; h = *Hypsiboas albopunctatus*; i = *Hypsiboas caingua*; j = *Hypsiboas lundii*; k = *Itapotihyla langsdorffii*; l = *Phyllomedusa tetraploidea*; m = *Scinax berthae*; n = *Scinax fuscocomarginatus*; o = *Scinax fuscovarius*; p = *Scinax similis*; q = *Scinax squalirostris*; r = *Eupemphix nattereri*; s = *Physalaemus centralis*; t = *Physalaemus cuvieri*; u = *Physalaemus marmoratus*; v = *Pseudopaludicola cf. murundu*; w = *Leptodactylus furnarius*; x = *Leptodactylus fuscus*; y = *Leptodactylus jolyi*; z = *Leptodactylus labyrinthicus*; a1 = *Leptodactylus latrans*; b1 = *Leptodactylus mystaceus*; c1 = *Leptodactylus mystacinus*; d1 = *Chiasmocleis albopunctata*; e1 = *Elachistocleis bicolor*; f1 = *Elachistocleis cesarii*. All individuals were found at the study site (photos: Cybele O. Araujo).

Tabela 1. Anuros da Estação Ecológica de Santa Bárbara, SP. Métodos de amostragem: AIQ = armadilhas de interceptação e queda; PA = procura auditiva; PV = procura visual. Locais de captura: linhas de armadilhas e ambientes aquáticos.

Table 1. Anurans from Estação Ecológica de Santa Bárbara, São Paulo state, Brazil. Sampling methods: AIQ = pitfall traps; PA = auditory encounters; PV = visual encounters. Capture sites: pitfall traps lines and aquatic sites.

Família/espécie	Método	Linha de armadilha/ambiente aquático
Bufonidae		
<i>Rhinella ornata</i> (Spix 1824)	AIQ	1, 2, 3
<i>Rhinella schneideri</i> (Werner 1894)	PA, PV	I, VI, XII
Cycloramphidae		
<i>Odontophrynus cf. cultripes</i> (Reinhardt & Lütken 1862)	-	-
Hylidae		
<i>Aplastodiscus perviridis</i> A. Lutz in B. Lutz 1950	PA, PV	VIII
<i>Dendropsophus elianae</i> (Napoli & Caramaschi 2000)	PA, PV	VI
<i>Dendropsophus jimi</i> (Napoli & Caramaschi 1999)	PA, PV	I, II, III, IX, X, XIII
<i>Dendropsophus minutus</i> (Peters 1872)	PA, PV	I, II, III, V, VI, IX, X, XIII
<i>Dendropsophus nanus</i> (Boulenger 1889)	PA, PV	I, II, III, V, VI, VII, XI
<i>Hypsiboas albopunctatus</i> (Spix 1824)	PA, PV	I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XIV
<i>Hypsiboas caingua</i> (Carrizo 1991 "1990")	PA, PV	II, III, V, VII, VIII, IX, X
<i>Hypsiboas lundii</i> (Burmeister 1856)	PA, PV	IV, VIII, XII
<i>Itapotihyla langsdorffii</i> (Duméril & Bibron 1841)	PA, PV	VIII
<i>Phyllomedusa tetraploidea</i> Pombal & Haddad 1992	PA, PV	XI
<i>Scinax berthae</i> (Barrio 1962)	PA, PV	IX, VII
<i>Scinax fuscomarginatus</i> (A. Lutz 1925)	PA, PV	I, II, III, V, VI, IX, X, XIII
<i>Scinax fuscovarius</i> (A. Lutz 1925)	PA, PV	I, VI
<i>Scinax similis</i> (Cochran 1952)	PA, PV	VI, IX, X, XIII
<i>Scinax squalirostris</i> (A. Lutz 1925)	PA, PV	X, XIII, XIV
Leiuperidae		
<i>Eupemphix nattereri</i> Steindachner 1863	AIQ, PA, PV	5, 7, 10, 11, 12, 14, 16, 17, 18, V, VI
<i>Physalaemus centralis</i> Bokermann 1962	AIQ, PA, PV	6, I, II, VI, XIII
<i>Physalaemus cuvieri</i> Fitzinger 1826	AIQ, PA, PV	1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XIII, XIV
<i>Physalaemus marmoratus</i> (Reinhardt & Lütken 1862 "1861")	AIQ, PA, PV	13, 14, 15, 16, 17, 18, VI
<i>Pseudopaludicola cf. murundu</i> Toledo, Siqueira, Duarte, Veiga-Menoncello, Recco-Pimentel & Haddad 2010	PA, PV	X
Leptodactylidae		
<i>Leptodactylus furnarius</i> Sazima & Bokermann 1978	AIQ, PA, PV	13, X, XIV
<i>Leptodactylus fuscus</i> (Schneider 1799)	AIQ, PA, PV	13, 14, 15, V, VI, VII, VIII, IX, X, XIII
<i>Leptodactylus jolyi</i> Sazima & Bokermann 1978	AIQ, PA, PV	17, X
<i>Leptodactylus labyrinthicus</i> (Spix 1824)	PA, PV	X, XIII, XIV
<i>Leptodactylus latrans</i> (Steffen 1815)	AIQ, PA, PV	17, VI, X, XIII
<i>Leptodactylus mystaceus</i> (Spix 1824)	AIQ	3
<i>Leptodactylus mystacinus</i> (Burmeister 1861)	AIQ, PA, PV	6, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, V, X, XI, XIII
Microhylidae		
<i>Chiasmocleis albopunctata</i> (Boettger 1885)	AIQ, PA, PV	7, 9, 13, 15, 18, II, XIII
<i>Elachistocleis bicolor</i> (Valenciennes in Guérin-Ménéville 1838)	AIQ	15
<i>Elachistocleis cesarii</i> (Miranda-Ribeiro 1920)	AIQ, PA, PV	8, 10, 11, 14, 15, 16, 18, II, VI, VII, VIII, IX, X, XIII, XIV

pelos anuros durante o período reprodutivo, sendo que as espécies da família Hylidae (15 espécies) foram observadas exclusivamente por estes métodos (Tabela 1). Nas armadilhas de interceptação e queda, considerando o registro posterior de *Elachistocleis bicolor*, foram capturadas 14 espécies (44%) (Tabela 1). As armadilhas de interceptação e queda são mais apropriadas para o registro de espécies de hábitos terrestres como anuros das famílias Bufonidae, Cycloramphidae, Leiuperidae, Leptodactylidae e Microhylidae, especialmente as espécies subterrâneas e criptozóicas, que são mais difíceis de serem detectadas pelos métodos tradicionais de

procura visual (Cechin & Martins 2000). Considerando os anuros inventariados pertencentes a estas famílias, apenas três espécies não foram capturadas por este método (*Leptodactylus labyrinthicus*, *Pseudopaludicola cf. murundu* e *Rhinella schneideri*) (Tabela 1).

É importante destacar que existem limitações inerentes a cada método e apenas a utilização de métodos complementares (amostragem ativa e passiva) propicia a obtenção de listas de espécies mais completas (Silva 2010, Silveira et al. 2010). Embora os custos financeiros e o esforço empregado na instalação e manutenção das armadilhas de interceptação e queda sejam mais elevados que os

necessários para a realização da procura auditiva e visual (Corn 1994, Cechin & Martins 2000) é desejável que a amostragem passiva seja empregada em inventários da herpetofauna. Isto porque, além de permitir a amostragem simultânea de diversos locais, este método permite a obtenção de dados padronizados de riqueza e abundância

das espécies, o que favorece comparações mais confiáveis entre diferentes localidades (Silveira et al. 2010).

Entre outubro de 2008 a março de 2009, foram capturados nas armadilhas 352 indivíduos de anuros pertencentes a 12 espécies (Figura 5). No ambiente com formações florestais foram registradas

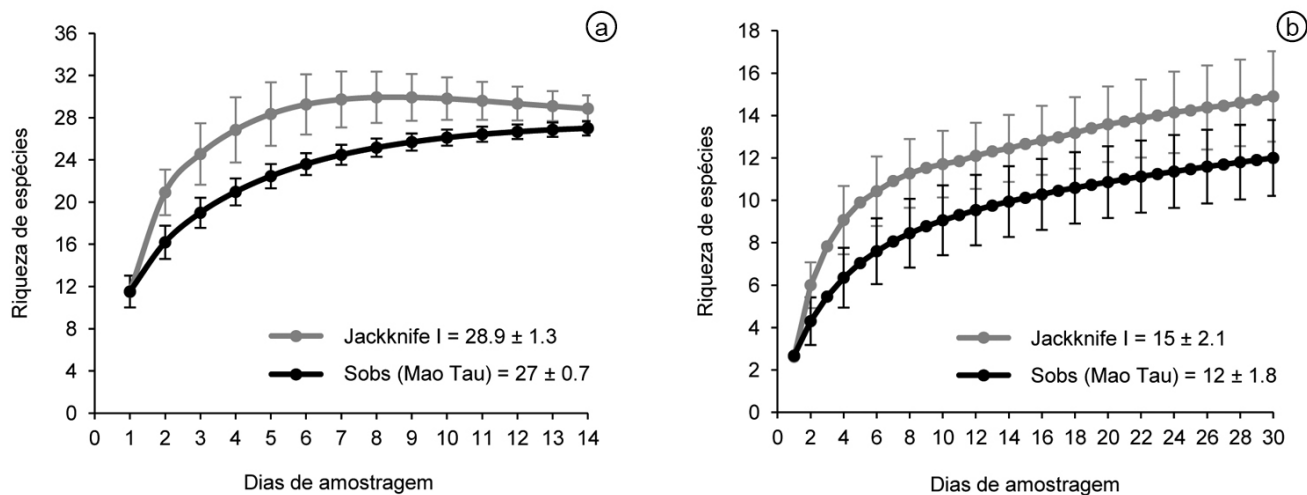


Figura 4. Curvas de rarefação representando a riqueza observada (linha preta) e estimada pelo estimador Jackknife I (linha cinza) para 14 dias de amostragem por procura auditiva e visual (a) e 30 dias por armadilhas de interceptação e queda (b) na Estação Ecológica de Santa Bárbara, SP. As barras verticais correspondem aos desvios padrão da riqueza de espécies observada e estimada.

Figure 4. Rarefaction curves representing the species richness observed (black line) and estimated by Jackknife I estimator (gray line) for 14 sampling days using acoustic and visual searches (a) and 30 days using pitfall traps (b) at the Estação Ecológica de Santa Bárbara, São Paulo state, Brazil. Vertical bars represent the standard deviations of species richness observed and estimated.

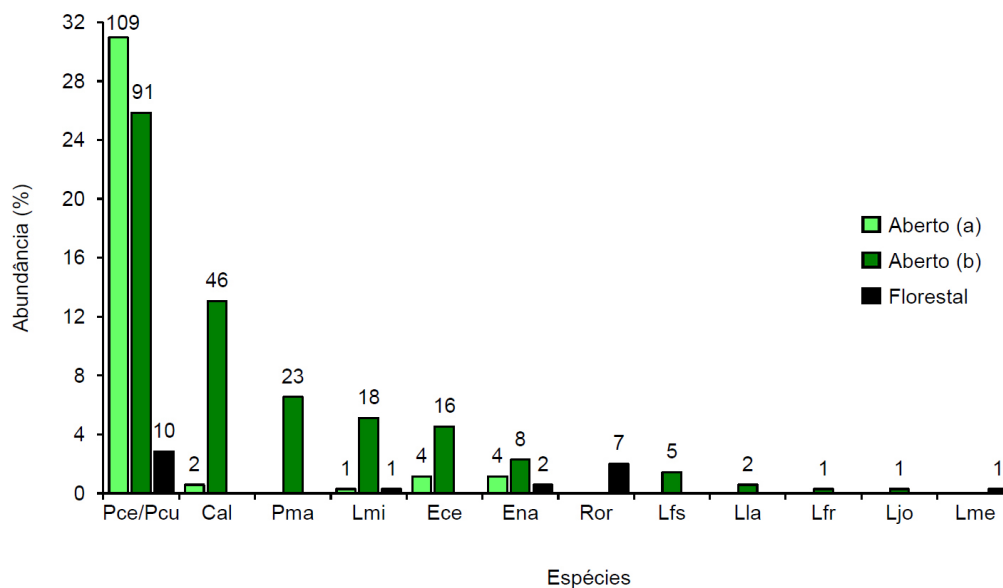


Figura 5. Abundância relativa das espécies de anuros amostradas por armadilhas de interceptação e queda nos três ambientes da Estação Ecológica de Santa Bárbara, SP. Cal = *Chiasmocleis albopunctata*; Ece = *Elachistocleis cesarii*; Ena = *Eupemphix nattereri*; Lfr = *Leptodactylus furnarius*; Lfs = *Leptodactylus fuscus*; Ljo = *Leptodactylus jolyi*; Lla = *Leptodactylus latrans*; Lme = *Leptodactylus mystaceus*; Lmi = *Leptodactylus mystacinus*; Pce = *Physalaemus centralis*; Pcu = *Physalaemus cuvieri*; Pma = *Physalaemus marmoratus*; Ror = *Rhinella ornata*. Os valores sobre as barras representam o número de indivíduos registrados para cada espécie.

Figure 5. Relative abundance of anuran species sampled by pitfall traps in the three environments of the Estação Ecológica de Santa Bárbara, São Paulo state, Brazil. Cal = *Chiasmocleis albopunctata*; Ece = *Elachistocleis cesarii*; Ena = *Eupemphix nattereri*; Lfr = *Leptodactylus furnarius*; Lfs = *Leptodactylus fuscus*; Ljo = *Leptodactylus jolyi*; Lla = *Leptodactylus latrans*; Lme = *Leptodactylus mystaceus*; Lmi = *Leptodactylus mystacinus*; Pce = *Physalaemus centralis*; Pcu = *Physalaemus cuvieri*; Pma = *Physalaemus marmoratus*; Ror = *Rhinella ornata*. The values on the bars represent the number of individuals recorded for each species.

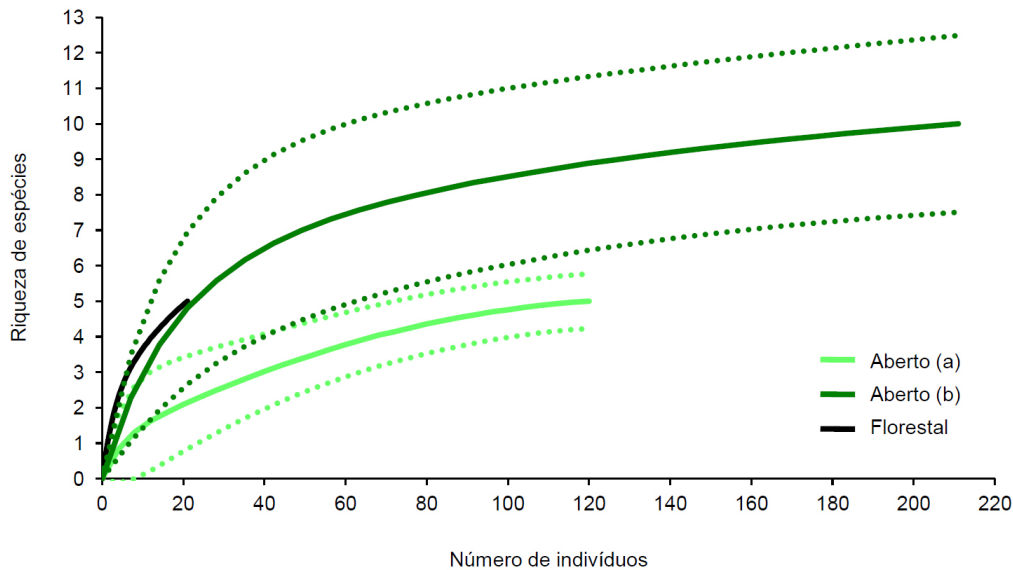


Figura 6. Curvas de rarefação dos anuros amostrados por armadilhas de interceptação e queda nos três ambientes da Estação Ecológica de Santa Bárbara, SP. As linhas pontilhadas representam os intervalos de confiança de 95%.

Figure 6. Rarefaction curves of anurans sampled by pitfall traps in the three environments of the Estação Ecológica de Santa Bárbara, São Paulo state, Brazil. The dotted lines represent the confidence intervals of 95%.

cinco espécies (21 indivíduos) e nos ambientes com formações abertas (a e b) foram registradas cinco espécies (120 indivíduos) e dez espécies (211 indivíduos), respectivamente (Figura 5, Figura 6). *Physalaemus centralis* e *P. cuvieri*, consideradas conjuntamente nas análises, foram as espécies mais abundantes, correspondendo a 60% do total de indivíduos amostrados (Figura 5). Considerando-se a rarefação pelo mesmo número de indivíduos capturados (21) não foi detectada diferença na riqueza de espécies entre os três ambientes (Figura 6). No entanto, foi observada diferença na riqueza de espécies quando os dois ambientes abertos foram comparados entre si para o mesmo número de indivíduos registrados (120) (Figura 6). É possível que esta diferença esteja relacionada ao fato destes ambientes abertos apresentarem históricos distintos de perturbações, sendo que um deles (aberto b) apresenta a ocorrência de eventos de fogo no passado e pastoreio de gado pouco intensivo. Adicionalmente, é provável que os ambientes abertos também possuam diferenças na disponibilidade de sítios aquáticos adequados para a reprodução das espécies.

Apesar de vários autores terem demonstrado que as espécies de anuros presentes no Cerrado apresentam uma maior associação às formações abertas deste domínio (e.g. Brandão & Araújo 2002, Colli et al. 2002, Eterovick & Sazima 2004, Brasileiro et al. 2005, Araujo et al. 2009, Valdujo et al. 2011), o presente estudo não detectou diferença na riqueza de espécies entre as formações abertas e florestais. No entanto, registrou-se uma maior abundância de anuros nas formações savânicas, o que reflete a maior procura dos indivíduos por corpos d'água presentes em fitofisionomias abertas durante o período reprodutivo (e.g. Brasileiro et al. 2005, Araujo et al. 2009, Araujo & Almeida-Santos 2011, Valdujo et al. 2011). Deve-se ressaltar que as formações florestais são importantes ambientes méxicos, sendo utilizados por adultos e juvenis como locais de refúgio, forrageio, hibernação e migração, principalmente durante os períodos de seca (Brandão & Araújo 2002, Silva & Rossa-Feres 2007). Diante do exposto, nossos resultados apontam que o mosaico de formações abertas e florestais é importante para a manutenção das populações de anuros presentes na Estação Ecológica de Santa Bárbara.

Agradecimentos

Somos gratos ao gestor Adauto Fiorucci e aos funcionários da Estação Ecológica de Santa Bárbara pelo suporte logístico ao longo dos trabalhos de campo, em especial ao José Rodrigues do Prado Filho e Carlos Roberto da Silva pelo grande apoio durante a amostragem das espécies; ao Fábio Maffei e Guilherme Marson Moya pelo auxílio nas coletas efetuadas após este estudo; ao Célio Fernando Baptista Haddad e Luís Felipe Toledo pela contribuição na identificação dos espécimes e ao Instituto Florestal pelo suporte financeiro. Décio Tadeu Corrêa agradece a FAPESP, CAPES e UNESP/Assis e Selma Maria de Almeida Santos ao CNPq e a FAPESP pelo apoio financeiro.

Referências Bibliográficas

- AB'SÁBER, A.N. 2005. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. Ateliê Editorial, São Paulo.
- ARAUJO, C.O. & ALMEIDA-SANTOS, S.M. 2011. Herpetofauna de um remanescente de Cerrado no estado de São Paulo, sudeste do Brasil. *Biota Neotrop.* 11(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n3/pt/abstract?article+bn00511032011> (último acesso em 06/06/2012).
- ARAUJO, C.O. & ALMEIDA-SANTOS, S.M. 2013. Composição, riqueza e abundância de anuros em um remanescente de Cerrado e Mata Atlântica no estado de São Paulo. *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?inventory+bn02613012013> (último acesso em 06/06/2013).
- ARAUJO, C.O., CONDEZ, T.H. & SAWAYA, R.J. 2009. Anfíbios anuros do Parque Estadual das Furnas do Bom Jesus, sudeste do Brasil, e suas relações com outras taxocenoses no Brasil. *Biota Neotrop.* 9(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v9n2/pt/abstract?article+bn011109022009> (último acesso em 13/02/2010).
- BRANDÃO, R.A. & ARAÚJO, A.F.B. 2002. A herpetofauna associada a matas de galeria no Distrito Federal. In *Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria* (J.F. Ribeiro, C.E.L. Fonseca & J.C. Sousa-Silva, orgs.). Embrapa/CPAC, Planaltina, p.560-604.
- BRASILEIRO, C.A., SAWAYA, R.J., KIEFER, M.C. & MARTINS, M. 2005. Amphibians of an open Cerrado fragment in southeastern Brazil. *Biota Neotrop.* 5(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v5n2/pt/abstract?article+BN00405022005> (último acesso em 16/07/2010).

- BRASSALOTI, R.A., ROSSA-FERES, D.C. & BERTOLUCI, J. 2010. Anurofauna da Floresta Estacional Semidecidual da Estação Ecológica dos Caetetus, sudeste do Brasil. *Biota Neotrop.* 10(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v10n1/pt/abstract?inventory+bn01810012010> (último acesso em 16/07/2010).
- CECHIN, S.Z. & MARTINS, M. 2000. Eficiência de armadilhas de queda (Pitfall traps) em amostragens de anfíbios e répteis no Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 17(3):729-749. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752000000300017>
- COLLI, G.R., BASTOS, R.P. & ARAÚJO, A.F.B. 2002. The character and dynamics of the Cerrado herpetofauna. In *The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a Neotropical Savanna* (P.S. Oliveira & R.J. Marquis, eds.). Columbia University Press, New York, p.223-241.
- COLWELL, R.K. 2009. EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. versão 8.2.0. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates> (último acesso em: 10/07/2010).
- CORN, P.S. 1994. Straight-line drift-fences and pitfall traps. In *Measuring and monitoring biological diversity. Standard methods for amphibians* (W.R. Heyer, M.A. Donnelly, R.W. McDiarmid, L.C. Hayek & M.S. Foster, eds.). Smithsonian Institution Press, Washington, London, p.109-117.
- CORRÊA, D.T., GUIMARÃES, M., OLIVEIRA, T.A.L., MARTINS, M. & SAWAYA, R.J. 2013. Population declines: Toe-clipping vital to amphibian research. *Nature* 493:304-305. PMID:23325205. <http://dx.doi.org/10.1038/493305e>
- CRUMP, M.L. & SCOTT JUNIOR, N.J. 1994. Visual encounter surveys. In *Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for amphibians* (W.R. Heyer, M.A. Donnelly, R.W. McDiarmid, L.C. Hayek & M.S. Foster, eds.). Smithsonian Institution Press, Washington, London, p.84-92.
- DINIZ-FILHO, J.A.F., BINI, L.M., VIEIRA, C.M., BLAMIRE, D., TERRIBILE, L., BASTOS, R., OLIVEIRA, G. & BARRETO, B. 2008. Spatial patterns of terrestrial vertebrate species richness in the Brazilian Cerrado. *Zool. Stud.* 47(2):146-157.
- DUELLEMAN, W.E. & TRUEB, L. 1986. *Biology of amphibians*. McGraw-Hill Publishing Company, New York. PMID:3766684.
- DURIGAN, G. & RATTER, J.A. 2006. Successional changes in Cerrado and Cerrado/forest ecotonal vegetation in Western São Paulo State, Brazil, 1962-2000. *Edinburgh J. Bot.* 63(1):119-130. <http://dx.doi.org/10.1017/S0960428606000357>
- DURIGAN, G., FRANCO, G.A.D.C. & SIQUEIRA, M.F. 2004. A vegetação dos remanescentes de Cerrado no Estado de São Paulo. In *Viabilidade da conservação dos remanescentes de Cerrado no Estado de São Paulo* (M.D. Bittencourt & R.R. Mendonça, orgs.). Annablume, FAPESP, São Paulo, p.29-56.
- DURIGAN, G., PINHEIRO, E.S. & GUERIN, N. 2011. Vegetação. In *Plano de manejo da Estação Ecológica de Santa Bárbara* (A.C.G., Melo & G. Durigan, orgs.). Instituto Florestal/SEMA, São Paulo, p.73-82.
- DURIGAN, G., SIQUEIRA, M.F. & FRANCO, G.A.D.C. 2007. Threats to the Cerrado remnants of the State of São Paulo, Brazil. *Braz. Sci. Agric.* 64(4):355-363.
- DURIGAN, G., SIQUEIRA, M.F., FRANCO, G.A.D.C., BRIDGEWATER, S. & RATTER, J.A. 2003. The vegetation of priority areas for Cerrado conservation in São Paulo State, Brazil. *Edinburgh J. Bot.* 60(2):217-241. <http://dx.doi.org/10.1017/S0960428603000155>
- EITEN, G. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. *Bot. Rev.* 38:201-341. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02859158>
- ETEROVICK, P.C. & SAZIMA, I. 2004. Anfíbios da Serra do Cipó, Minas Gerais - Brasil. PUC-Minas, Belo Horizonte.
- FROST, D.R. 2013. Amphibian species of the world: an online reference. version 5.6. American Museum of Natural History, New York. <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html> (último acesso em 06/02/2013).
- GARCIA, P.C.A., SAWAYA, R.J., MARTINS, I.A., BRASILEIRO, C.A., VERDADE, V.K., JIM, J., SEGALLA, M.V., MARTINS, M., ROSSA-FERES, D.C., HADDAD, C.F.B., TOLEDO, L.F., PRADO, C.P.A., BERNECK, B.M. & ARAÚJO, O.G.S. 2009. Anfíbios. In *Fauna ameaçada de extinção no estado de São Paulo: vertebrados* (M. Bressan, M.C.M. Kierulff & A.M. Sugieda, orgs.). Fundação Parque Zoológico de São Paulo/SEMA, São Paulo, p.329-347.
- GOTELLI, N.J. & COWELL, R.K. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecol. Lett.* 4(4):379-391. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1461-0248.2001.00230.x>
- HADDAD, C.F.B., TOLEDO, L.F. & PRADO, C.P.A. 2008. Anfíbios da Mata Atlântica: guia dos anfíbios anuros da Mata Atlântica. Neotropica, São Paulo.
- HORTAL, J., BORGES, P.A.V. & GASPARE, C. 2006. Evaluating the performance of species richness estimators: sensitivity to sample grain size. *J. Anim. Ecol.* 75(1):274-287. PMID:16903065. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2656.2006.01048.x>
- INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE - IUCN. 2013. The IUCN red list of threatened species. version 2013.1. <http://www.iucnredlist.org> (último acesso em: 12/07/2013).
- KLINK, C.A. & MACHADO, R.B. 2005. Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conserv. Biol.* 19(3):707-713. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00702.x>
- KRONKA, F.J.N., NALON, M.A. & MATSUKUMA, C.K. 2005. Inventário florestal da vegetação natural do estado de São Paulo. Instituto Florestal/SEMA, São Paulo.
- LÜDDECKE, H. & AMÉZQUITA, A. 1999. Assessment of disc clipping on the survival and behavior of the Andean Frog *Hyla labialis*. *Copeia* 1999(3):824-830. <http://dx.doi.org/10.2307/1447623>
- MACHADO, A.B.M., DRUMMOND, G.M. & PAGLIA, A.P. 2008. Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção. Fundação Biodiversitas/MMA, Belo Horizonte.
- MAFFEI, F., UBAID, F.K. & JIM, J. 2011a. Anfíbios: Fazenda Rio Claro, Lençóis Paulista, SP, Brasil. Canal 6, Bauru.
- MAFFEI, F., UBAID, F.K. & JIM, J. 2011b. Anurofauna em área de cerrado aberto no município de Borebi, estado de São Paulo, Sudeste do Brasil: uso do habitat, abundância e variação sazonal. *Biota Neotrop.* 11(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n2/pt/abstract?article+bn04011022011> (último acesso em 06/10/2012).
- MAGURRAN, A.E. 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing Company, Oxford.
- MELO, A.C.G. & DURIGAN, G. 2011. Plano de manejo da Estação Ecológica de Santa Bárbara. Instituto Florestal/SEMA, São Paulo.
- MELO, A.S. & FROEHLICH, C.G. 2001. Evaluation of methods for estimating macroinvertebrate species richness using individual stones in tropical streams. *Freshwater Biol.* 46:711-721. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2427.2001.00709.x>
- MELO, A.S. 2004. A critique of the use of jackknife and related non-parametric techniques to estimate species richness. *Community Ecol.* 5(2):149-157. <http://dx.doi.org/10.1556/ComEc.5.2004.2.1>
- MITTERMEIER, R.A., GIL, P.R., HOFFMAN, M., PILGRIM, J., BROOKS, T., MITTERMEIER, C.G., LAMOREUX, J. & FONSECA, G.A.B. 2004. Hotspots revisited: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. CEMEX & Agrupacion Sierra Madre, Cidade do México.
- MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., FONSECA, G.A.B. & KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-858. PMID:10706275. <http://dx.doi.org/10.1038/35002501>
- OLIVEIRA-FILHO, A.T. & RATTER, J.A. 2002. Vegetation physiognomies and woody flora of the Cerrado biome. In *The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a Neotropical Savanna* (P.S. Oliveira & R.J. Marquis, orgs.). Columbia University Press, New York, p.91-120.

- PEEL, M.C., FINLAYSON, B.L. & McMAHON, T.A. 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 11:1633-1644. <http://dx.doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>
- PYRON, R.A. & WIENS, J.J. 2011. A large-scale phylogeny of Amphibia including over 2800 species, and a revised classification of extant frogs, salamanders, and caecilians. *Mol. Phylogenet. Evol.* 61(2):543-583. PMID:21723399. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ympev.2011.06.012>
- PHILLOTT, A.D., SKERRATT, L.F., McDONALD, K.R., LEMCKERT, F.L., HINES, H.B., CLARKE, J.M., ALFORD, R.A. & SPEARE, R. 2007. Toe-clipping as an acceptable method of identifying individual anurans in mark recapture studies. *Herpetol. Rev.* 38(3):305-308.
- PIVELLO, V.R., CARVALHO, V.M.C., LOPES, P.F., PECCININI, A.A. & ROSSO, S. 1999. Abundance and distribution of native and alien grasses in a Cerrado (Brazilian savanna) biological reserve. *Biotropica* 31(1):71-82.
- POUGH, F.H., ANDREWS, R.M., CADLE, J.E., CRUMP, M.L., SAVITZKY, A.H. & WELLS, K.D. 2004. *Herpetology*. Pearson Prentice-Hall, New Jersey.
- RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. 2008. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In *Cerrado: ecologia e flora* (S.M. Sano, S.P. Almeida & J.F. Ribeiro, eds.). Embrapa, Planaltina, p.153-212.
- RIBEIRO-JÚNIOR, J.W. & BERTOLUCI, J. 2009. Anuros do cerrado da Estação Ecológica e da Floresta Estadual de Assis, sudeste do Brasil. *Biota Neotrop.* 9(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v9n1/pt/abstract?inventory+bn02709012009> (último acesso em 16/07/2011).
- ROSSA-FERES, D.C., MARTINS, M., MARQUES, O.A.V., MARTINS, I.A., SAWAYA, R.J. & HADDAD, C.F.B. 2008. Herpetofauna. In *Diretrizes para a conservação e restauração da biodiversidade no estado de São Paulo* (R.R. Rodrigues & V.L.R. Bononi, orgs.). Instituto de Botânica/SEMA, São Paulo, p.82-94.
- ROSSA-FERES, D.C., SAWAYA, R.J., FAIVOVICH, J., GIOVANELLI, J.G.R., BRASILEIRO, C.A., SCHIESARI, L., ALEXANDRINO, J. & HADDAD, C.F.B. 2011. Anfíbios do Estado de São Paulo, Brasil: Conhecimento Atual e Perspectivas. *Biota Neotrop.* 11(1a): <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1a/pt/abstract?inventory+bn0041101a2011> (último acesso em 22/02/2012).
- SANO, E.E., ROSA, R., BRITO, J.L.S. & FERREIRA, L.G. 2010. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. *Environ. Monit. Assess.* 166:113-124. PMID:19504057. <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-009-0988-4>
- SANTOS, T.G., VASCONCELOS, T.S., ROSSA-FERES, D.C. & HADDAD, C.F.B. 2009. Anurans of a seasonally dry tropical forest: Morro do Diabo State Park, São Paulo state, Brazil. *J. Nat. Hist.* 43(15-16):973-993. <http://dx.doi.org/10.1080/00222930802702498>
- SCOTT JUNIOR, N.J., WOODWARD, B.D. 1994. Surveys at breeding sites. In *Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for amphibians* (W.R. Heyer, M.A. Donnelly, R.W. McDiarmid, L.C. Hayek & M.S. Foster, eds.). Smithsonian Institution Press. Washington and London, p.118-125.
- SILVA, F.R. 2010. Evaluation of survey methods for sampling anuran species richness in the Neotropics. *SAJH* 5(3):212-220. <http://dx.doi.org/10.2994/057.005.0307>
- SILVA, F.R. & ROSSA-FERES, D.C. 2007. Uso de fragmentos florestais por anuros (Amphibia) de área aberta na região noroeste do Estado de São Paulo. *Biota Neotrop.* 7(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v7n2/pt/abstract?article+bn03707022007> (último acesso em 06/06/2012).
- SILVA, J.M.C. & BATES, J.M. 2002. Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: a tropical savanna hotspot. *BioScience* 52(3):225-233. [http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0225:BPACIT\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0225:BPACIT]2.0.CO;2)
- SILVANO, D. 2011. Distribuição e conservação de anfíbios no Cerrado em cenários atuais e futuros. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Brasília.
- SILVEIRA, L.F., BEISIEGEL, B.M., CURCIO, F.F., VALDUJO, P.H., DIXO, M., VERDADE, V.K., MATTOX, G.M.T. & CUNNINGHAM, P.T.M. 2010. Para que servem os inventários de fauna? *Estudos avançados* 68:173-207. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142010000100015>
- TOLEDO, L.F., GIOVANELLI, J.G.R., GIASSON, L.O.M., PRADO, C.P.A., GUIMARÃES, L.D., BASTOS, R.P. & HADDAD, C.F.B. 2007. Guia interativo dos anfíbios anuros do Cerrado, Campos Rupestres e Pantanal. Neotrópica, São Paulo. CD-ROM.
- UETANABARO, M., PRADO, C.P.A., RODRIGUES, D.J., GORDO, M. & CAMPOS, Z. 2008. Guia de campo dos anuros do Pantanal e planaltos de entorno. UFMS, Campo Grande, UFMT, Cuiabá. PMID:17713858.
- VALDUJO, P.H. 2011. Diversidade e distribuição de anfíbios no Cerrado: o papel dos fatores históricos e dos gradientes ambientais. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- VALDUJO, P.H., CAMACHO, A., RECODER, R.S., TEIXEIRA JUNIOR, M., GHELLERE, J.M.B., MOTT, T., NUNES, P.M.S., NOGUEIRA, C. & RODRIGUES, M.T. 2011. Anfíbios da Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins, região do Jalapão, Estados do Tocantins e Bahia. *Biota Neotrop.* 11(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1/pt/abstract?article+bn03511012011>. (último acesso em 22/07/2012).
- VALDUJO, P.H., SILVANO, D.L., COLLI, G. & MARTINS, M. 2012. Anuran species composition and distribution patterns in Brazilian Cerrado, a neotropical hotspot. *S. A. J. H.* 7(2):63-78. <http://dx.doi.org/10.2994/057.007.0209>
- VERDADE, V.K., VALDUJO, P.H., CARNAVAL, A.C., SCHIESARI, L., TOLEDO, L.F., MOTT, T., ANDRADE, G.V., ETEROVICK, P.C., MENIN, M., PIMENTA, B.V.S., NOGUEIRA, C., LISBOA, C.S., PAULA, C.D. & SILVANO, D.L. 2012. A leap further: the Brazilian Amphibian Conservation Action Plan. *Alytes* 29(1-4):28-43.
- WALTHER, B.A. & MOORE, J.L. 2005. The concepts of bias, precision and accuracy, and their use in testing the performance of species richness estimators, with a literature review of estimator performance. *Ecography* 28(6):815-829. <http://dx.doi.org/10.1111/j.2005.0906-7590.04112.x>

Recebido em 28/12/2012

Versão reformulada recebida em 12/06/2013

Publicado em 02/08/2013

Apêndice 1. Linhas de armadilhas de interceptação e queda e ambientes aquáticos amostrados na Estação Ecológica de Santa Bárbara, SP.

Appendix 1. Pitfall traps lines and aquatic sites sampled at the Estação Ecológica de Santa Bárbara, São Paulo state, Brazil.

Linha de armadilha/ ambiente aquático	Fitofisionomia	Tipo de ambiente	Coordenada geográfica (SAD 69)
1	cerradão	florestal	22° 50' 11" S e 49° 13' 56" O
2	cerradão	florestal	22° 50' 13" S e 49° 14' 04" O
3	mata seca semidecídua	florestal	22° 50' 04" S e 49° 14' 15" O
4	cerradão	florestal	22° 49' 37" S e 49° 13' 45" O
5	cerradão	florestal	22° 49' 52" S e 49° 13' 44" O
6	cerradão	florestal	22° 49' 31" S e 49° 14' 21" O
7	cerrado típico	aberto (a)	22° 48' 42" S e 49° 11' 57" O
8	cerrado típico	aberto (a)	22° 48' 50" S e 49° 12' 09" O
9	cerrado típico	aberto (a)	22° 48' 51" S e 49° 12' 30" O
10	cerrado típico/cerrado ralo	aberto (a)	22° 48' 13" S e 49° 11' 30" O
11	cerrado típico	aberto (a)	22° 48' 18" S e 49° 11' 14" O
12	cerrado típico	aberto (a)	22° 48' 23" S e 49° 10' 59" O
13	cerrado ralo	aberto (b)	22° 47' 06" S e 49° 14' 29" O
14	cerrado ralo	aberto (b)	22° 47' 13" S e 49° 14' 05" O
15	cerrado típico	aberto (b)	22° 47' 24" S e 49° 14' 37" O
16	cerrado típico	aberto (b)	22° 47' 30" S e 49° 15' 07" O
17	cerrado típico	aberto (b)	22° 47' 13" S e 49° 14' 59" O
18	cerrado típico	aberto (b)	22° 46' 56" S e 49° 14' 56" O
I - lago	cerradão alterado	aberto	22° 49' 39" S e 49° 14' 10" O
II - brejo	campo limpo úmido	aberto	22° 49' 30" S e 49° 14' 51" O
III - brejo	campo limpo úmido	aberto	22° 49' 17" S e 49° 14' 53" O
IV - riacho	ecótono Cerrado/mata seca semidecídua	florestal	22° 48' 57" S e 49° 14' 27" O
V - lago	ecótono Cerrado/mata seca semidecídua	florestal	22° 48' 55" S e 49° 14' 26" O
VI - lagoa	mata de galeria alterada	aberto	22° 48' 49" S e 49° 14' 10" O
VII - charco	mata de galeria alterada	aberto	22° 48' 25" S e 49° 12' 39" O
VIII - brejo/riacho	campo limpo úmido/mata de galeria	aberto/fechado	22° 48' 27" S e 49° 12' 38" O
IX - brejo	campo limpo úmido	aberto	22° 48' 07" S e 49° 11' 49" O
X - brejo	campo limpo úmido	aberto	22° 48' 22" S e 49° 10' 56" O
XI - poça temporária	reflorestamento de <i>Pinus</i> sp.	florestal	22° 47' 43" S e 49° 13' 22" O
XII - riacho	mata de galeria	florestal	22° 47' 42" S e 49° 14' 09" O
XIII - brejo	campo limpo úmido	aberto	22° 47' 19" S e 49° 14' 35" O
XIV - brejo	campo limpo úmido	aberto	22° 47' 25" S e 49° 15' 21" O

Apêndice 2. Anuros coletados na Estação Ecológica de Santa Bárbara, SP e depositados na Coleção de Anfíbios do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista, Rio Claro (CFBH) e Coleção Herpetológica do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo (MZUSP).

Appendix 2. Anuran species collected at the Estação Ecológica de Santa Bárbara, São Paulo state, Brazil and deposited in the Coleção de Anfíbios do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista, Rio Claro (CFBH) and Coleção Herpetológica do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo (MZUSP).

CFBH: *Scinax berthae* (22335-42).

MZUSP: *Aplastodiscus perviridis* (151012); *Chiasmocleis albopunctata* (151024-28); *Dendropsophus elianeae* (151058-61); *Dendropsophus jimi* (151018-23); *Dendropsophus minutus* (151056-57); *Dendropsophus nanus* (151098-102); *Elachistocleis bicolor* (151013); *Elachistocleis cesarii* (151041-49); *Eupemphix nattereri* (151070-73); *Hypsiboas albopunctatus* (151031-32); *Hypsiboas caingua* (151010-11); *Hypsiboas lundii* (151077-78); *Itapotihyla langsdorffii* (151063); *Leptodactylus furnarius* (151088-89); *Leptodactylus fuscus* (151004-09); *Leptodactylus jolyi* (151034-35); *Leptodactylus labyrinthicus* (151096); *Leptodactylus latrans* (151039-40); *Leptodactylus mystaceus* (151033); *Leptodactylus mystacinus* (151066-69); *Phyllomedusa tetraploidea* (151074-76); *Physalaemus centralis* (151079-82); *Physalaemus cuvieri* (151014-17); *Physalaemus marmoratus* (151062-65); *Pseudopaludicola* cf. *murundu* (151097); *Rhinella ornata* (151036-37); *Rhinella schneideri* (151038); *Scinax fuscomarginatus* (151050-55); *Scinax fuscovarius* (151029-30); *Scinax similis* (151090-95); *Scinax squalirostris* (151084-87).

Seasonal variation of consumption of the species used as fruit source by brown howler monkeys (*Alouatta clamitans*) in southern Brazil

Gisele Aparecida da Silva Doratti dos Santos^{1,2}, Edmilson Bianchini¹ & Nelio Roberto dos Reis¹

¹Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas, Departamento de Biologia Animal e Vegetal, Universidade Estadual de Londrina – UEL, CP 6001, CEP 86051-970, Londrina, PR, Brasil

²Corresponding author: Gisele Aparecida da Silva Doratti dos Santos, e-mail: gidoratti@hotmail.com

SANTOS, G.A.S.D., BIANCHINI, E. & REIS, N.R. **Seasonal variation of consumption of the species used as fruit source by brown howler monkeys (*Alouatta clamitans*) in southern Brazil.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?article+bn03513032013>

Abstract: Considering the seasonal variation of fruits availability in seasonal semideciduous forests, this study analyzed whether the richness of fruit species exploited by *Alouatta clamitans* is higher in the rainy period rather than the dry one. Plant species consumed were investigated by visualization and feces analysis, from July 2005 to June 2006, in a seasonal semideciduous forest fragment in Paraná state, Brazil. Ten species of fruits were consumed during the rainy period and 13 during the dry period: three were consumed exclusively during the rainy period; six exclusively during the dry period; and seven in months that covered both dry and rainy periods. The number of fruit species consumed during the rainy period was considerably lower than the expected richness. Moreover, among fruit species consumed during the rainy period, only four bear fruits mainly in this period of the year, the other species bear fruits in great part of it. Therefore, the selectivity of *A. clamitans* was mainly directed to species capable of providing fruits along the year, prioritizing these species even when other fruit sources are available.

Keywords: diet, frugivory, fruiting phenology, guariba, seasonal semideciduous forests.

SANTOS, G.A.S.D., BIANCHINI, E. & REIS, N.R. **Variação sazonal do consumo das espécies utilizadas como fonte de frutos pelo bugio-ruivo (*Alouatta clamitans*) no Sul do Brasil.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?article+bn03513032013>

Resumo: Em face da variação sazonal na disponibilidade de frutos nas florestas estacionais semidecíduais, este trabalho analisou se a riqueza de espécies de frutos exploradas por *Alouatta clamitans* é maior no período chuvoso do que no seco. As espécies vegetais consumidas foram investigadas por visualização e análise de fezes, entre julho de 2005 e junho de 2006, em um fragmento de floresta estacional semidecidual no estado do Paraná, Brasil. Dez espécies de frutos foram consumidas durante o período chuvoso e 13 durante o período seco: três foram consumidas exclusivamente durante o período chuvoso; seis exclusivamente durante o período seco; e sete em meses que abrangeram tanto o período seco quanto o chuvoso. O número de espécies de frutos consumidas durante o período chuvoso foi consideravelmente menor do que a riqueza esperada. Além disso, entre as espécies de frutos consumidas durante o período chuvoso, apenas quatro apresentam frutos principalmente nesse período do ano, as outras espécies apresentam frutos em grande parte do ano. Assim sendo, a seletividade de *A. clamitans* foi direcionada principalmente para espécies capazes de fornecer frutos ao longo do ano, priorizando essas espécies mesmo quando outras opções de frutos estão disponíveis.

Palavras-chave: dieta, frugivoria, fenologia da frutificação, guariba, floresta estacional semidecidual.

Introduction

The primates of genus *Alouatta* Lacépède, 1799 (howler monkeys) are the most folivorous in the Neotropics (Strier 1992). Nevertheless, they are characterized as folivorous-frugivorous (Crockett & Eisenberg 1987), due to an important contribution to their diet of ripe and unripe fruits, besides young and mature leaves. To a lesser extent, they also ingest petioles, buds, flowers, seeds and stems (Neville et al. 1988). Their diet is seasonally variable, with constant consumption of mature leaves, and consumption of fruits, flowers and young leaves according to environmental availability (Bicca-Marques & Calegari-Marques 1995, Queiroz 1995). In fact, fruit intake may reach more than half the consumption during the greatest abundance period of this resource (Prates et al. 1990, Aguiar et al. 2003).

Since the resource distribution and supply in forests affect the abundance, displacement (Levey 1994) and reproductive success of many vertebrates (Powlesland et al. 1997), maintaining the resource supply throughout the year is essential to the conservation of these species (Reys et al. 2005, França et al. 2009). The concern with the resources provision must be even higher in fragmented landscapes, such as the northern region of Paraná state, Brazil. Although howlers are known for their ability to persist in both conserved and disturbed conditions, they are negatively affected by high levels of habitat loss, fragmentation and degradation. Patch size appears to be the main factor constraining populations in fragmented habitats, probably because patch size is positively related to food availability, and negatively related to anthropogenic pressures, physiological stress and parasite loads. In general, food availability decreases with patch size, not only due to habitat loss, but also because the density of big trees, plant species richness and howlers' home range size are lower in smaller patches, where howlers' population densities are commonly higher (Arroyo-Rodríguez & Dias 2010).

Most tropical forest communities, especially those in seasonal environments, display seasonal variation in the presence of young leaves, flowers, and fruits (Van Schaik et al. 1993). In seasonal semideciduous forests in Paraná state the availability of zoochorous fruits is higher during the rainy period in comparison to the dry period (Carmo & Morellato 2000, Novaes 2007, Perina 2011). Due to the seasonal variation of resource availability, this study aimed to analyze the species' fruiting period and consumption by brown howler monkey, *A. clamitans* Cabrera, 1940, in a forest fragment in northern Paraná state and to test the hypothesis that the richness of fruit-producing species exploited by *A. clamitans* is higher during the rainy period rather than the dry period.

Material and Methods

The study was conducted in Doralice Farm (23° 16'S and 51° 03'W – farm headquarters) located in the municipality of Ibiporã, Paraná state, Brazil. The farm is adjacent to the Tibagi River at 484 m of altitude. Approximately 100 ha are covered by continuous forest vegetation classified as seasonal semideciduous forest (Soares-Silva et al. 1992), surrounded by pastures, and by palm and soybean cultivation, bordering the Tibagi river on south and east.

The climate is humid subtropical (Köppen climate classification *Cfa*). The average annual temperature is 21.9 °C and the average pluvial precipitation is 1570 mm. There is a drop in temperature and precipitation from March to September, characterizing the autumn and winter as a colder and drier period (Soares-Silva et al. 1992), July being the coldest month and February the hottest month (Costa et al. 2011). During dry period 20 to 50% of the trees drop totally or partially their leaves (Instituto... 1992) and flowers and zoochorous fruits become less available (Carmo & Morellato 2000, Novaes 2007, Perina 2011).

The fieldwork took place from July 2005 to June 2006, counting with direct observations totalizing 24 hours per month in the autumn and winter and 27 hours in spring and summer, corresponding to two days from sunrise to sunset. The group of *A. clamitans* observed had five individuals at the beginning of the work (one adult male, one subadult male, two adult females and one juvenile I) and three at the end (one adult male and two adult females) (according to age and sex classification proposed by Mendes 1989).

The fruit species consumed were observed directly (visualization) and indirectly (fecal analyzes).

During direct observations the species consumed were recorded *ad libitum*. Infrutescences, and immature and mature fruits were generically called as "fruits". Plant material was collected, herborized, identified by experts, and deposited in the Herbarium of Universidade Estadual de Londrina - FUEL. The species and name spelling of corresponding authors are in accordance with the species list of Brazil's flora (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>).

Indirect observations consisted of feces collection during or after the direct observations or during the animal search. Feces collected were washed in running water over a network mesh of 0.5 mm, placed on absorbent paper to dry and screened with tweezers and magnifying glass, for further seeds identification with the assistance of experts. The difference in the number of species per fecal sample among seasons was compared with the Kruskal-Wallis test, using the BioEstat 4.0 software with significance level of 5%.

Rarefaction curves were generated by EstimateS 9.1.0 software (Colwell 2013), after 100 randomizations on the sampling order with 95% confidence intervals in order to examine whether the species richness observed was greater than, equal to, or lower than the species richness estimated by nonparametric richness estimators ICE and Chao2.

Information about species fruiting period in the region was gathered from the literature (Barneby 1975, Carmo & Morellato 2000, Mikich & Silva 2001, Emmerick 2007, Novaes 2007, Pereira et al. 2007, Perina 2011), and from personal observation during the fieldwork.

Results

Sixteen plant species were identified as fruit source for *A. clamitans*: eleven were identified through visualization and fecal analyses, whereas five were found only in feces (Table 1). In addition to those, six seed species found in feces could not be identified.

Forty-six fecal samples were collected, of which 15 were collected in the winter, 10 in the spring, 9 in the summer and 12 in the autumn. Seeds were found in 82.6% of fecal samples; in the remaining fecal samples only vegetable fibers were found. The species number per fecal sample ranged from zero to six, with an average of 1.8, with no difference among seasons ($H = 3.1726$, $p = 0.3658$).

According to phenology data seven species present fruits all year: *Ficus eximia*, *F. guaranitica*, *F. insipida*, *Guarea kunthiana*, *Cecropia glaziovi*, *Syagrus romanzoffiana* and *Euterpe edulis*; four mainly in the rainy period (spring and summer): *Annona sylvatica*, *Jacaratia spinosa*, *Maclura tinctoria* and *Phytolacca dioica*; three mainly in the dry period (autumn and winter): *Pereskia aculeata*, *Ocotea silvestris* and *Psidium sartorianum*; and one in the end of the rainy period and in the early dry period: *Hyperbaena domingensis* (Table 1). A phenological study of *F. trigonata* has not been found for the region, however, it can be inferred from *A. clamitans* feeding data that the species presents fruits in the dry period. Considering the main period of fruiting, the same number of species provides fruits in both rainy and dry periods. However, 13 species present fruits in

at least one month of the rainy period and 15 species present fruits in at least one month of the dry period (Table 1).

Three fruit species were consumed exclusively during the rainy period: *A. sylvatica*, *J. spinosa* and *P. dioica*; six exclusively during the dry period: *E. edulis*, *P. aculeata*, *O. silvestris*, *P. sartorianum*, *H. domingensis* and *F. trigonata*; and seven in months covering both the dry and the rainy period: *F. eximia*, *F. guaranitica*, *F. insipida*, *G. kunthiana*, *C. glaziovii*, *S. romanzoffiana* and *M. tinctoria* (Table 1). In total, 10 species were consumed during the rainy period and 13 during the dry period.

The rarefaction curves depicted in Figure 1 reflect the richness of fruit species consumed in rainy and dry periods. The number of fruit species consumed during the dry period was close to that expected by ICE and Chao2 estimators, whereas the number of fruit species consumed during the rainy period was considerably lower than the estimated richness.

The fruit species consumed in most months were *F. eximia* (whose fruits were consumed in eight months of the year), *F. guaranitica* and *F. insipida* (whose fruits were consumed in five months of the year). Most fruit species were consumed only during one or two months.

Table 1. Presence of fruits (light gray) or dispersal (dark gray) for the species with a record in the region, and consumption of fruits by *Alouatta clamitans* in the forest fragment of Doralice Farm (Ibiporã, Paraná, Brazil) from July/2005 to June/2006, according to the information source (V = visualization; F = feces analysis). R = record in the Herbarium FUEL. Autumn: April, May and June; Winter: July, August and September; Spring: October, November and December; Summer: January, February and March. ¹Perina (2011); ²Mikich & Silva (2001); ³Emmerick (2007); ⁴Pereira et al. (2007).

Species	R	Autumn			Winter			Spring			Summer		
		A	M	J	Jl	Au	S	O	N	D	J	F	M
<i>Ficus eximia</i> Schott ³	41865	F	F	-	V/F	V/F	F	-	-	F	F	-	V/F
<i>F. guaranitica</i> Chodat ⁴	41861	V/F	-	-	-	V/F	-	F	-	-	V/F	-	F
<i>F. insipida</i> Willd. ³	41863	F	V/F	F	F	-	-	V/F	-	-	-	-	-
<i>Guarea kunthiana</i> A. Juss. ¹	41882	-	-	-	-	F	F	F	-	-	-	-	-
<i>Cecropia glaziovii</i> Sneathl. ²	41862	-	-	V	-	-	-	-	F	-	-	-	-
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman ¹	41870	-	F	F	-	F	-	-	-	-	-	-	F
<i>Euterpe edulis</i> Mart. ¹	41869	F	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Annona sylvatica</i> A.St.-Hil. ¹	41221	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	V/F
<i>Jacaratia spinosa</i> (Aubl.) A. DC. ¹	41220	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	V/F
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud ²	41886	F	-	-	-	-	-	-	V/F	-	-	-	-
<i>Phytolacca dioica</i> L. ²	41880	-	-	-	-	-	-	-	F	-	-	-	-
<i>Pereskia aculeata</i> Mill. ²	41894	-	-	V/F	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ocotea silvestris</i> Vattimo-Gil ²	41887	-	-	-	V/F	F	-	-	-	-	-	-	-
<i>Psidium sartorianum</i> (O. Berg) Nied.	41889	-	-	F	V/F	V/F	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hyperbaena domingensis</i> (DC.) Benth.	41878	-	-	F	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>F. trigonata</i> L.	41864	-	-	F	V	-	-	-	-	-	-	-	-

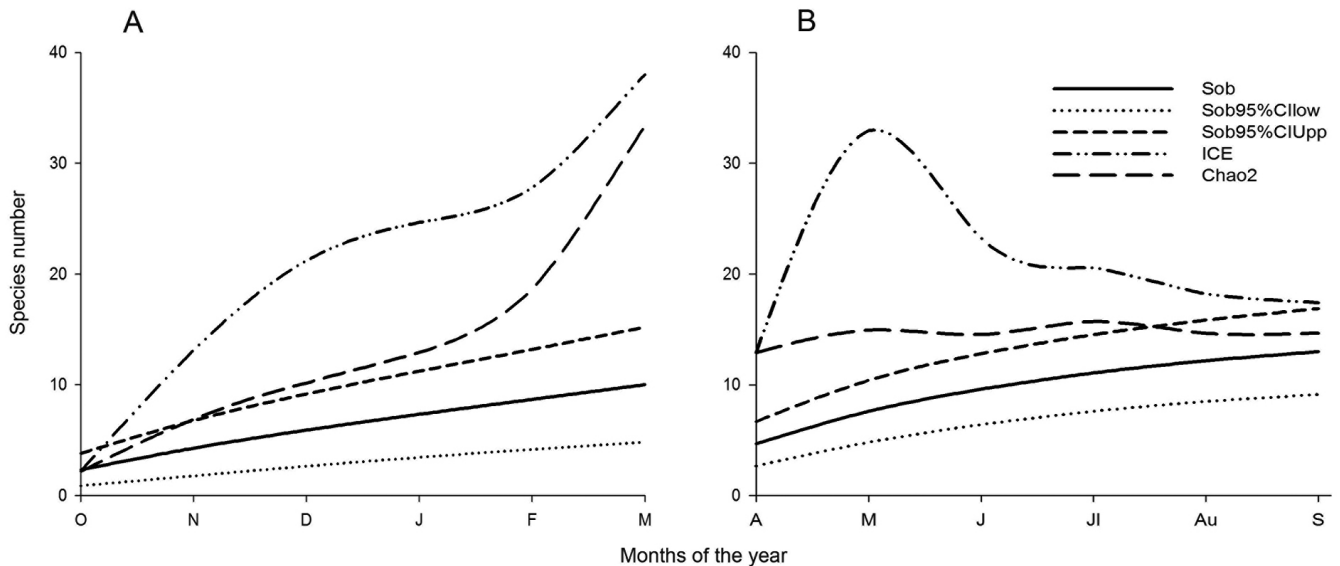


Figure 1. Number of fruit species consumed by *Alouatta clamitans* in the forest fragment of Doralice Farm (Ibiporã, Paraná, Brazil) from July/2005 to June/2006. Rarefaction curves for species richness observed (Sob) during (A) rainy period (October to March) and (B) dry period (April to September) with 95% confidence intervals and species richness estimated by nonparametric richness estimators ICE and Chao2.

Discussion

Feces collection was extremely important, since one third of fruit sources was exclusively known by this method, in addition to six seed species not identified. Although the sampling effort has remained the same throughout the year, the number of fecal samples collected was lower in the spring and summer because the incidence of rain dismantled the feces. Difference in the number of fecal samples probably did not affect the results because the proportion between species consumed in each period remains the same considering both methods or only species found exclusively in the feces.

Phenology and fruit consumption data show that there is a complementation between the fruiting periods in this community. The studied fragment provides fruits along the year, even during the dry period, when there is typically less resource supply for wildlife. The zoochorous fruits availability along the year is important for nutritional and energetic balance of *A. clamitans*, as well as other animals, especially those predominantly frugivorous that depend on this item to survive. Therefore, the forest fragment of Doralice Farm, though relatively small and having a proportionally large area occupied by edges - due to its elongated shape - preserves important features for wildlife maintenance. This complementation between fruiting periods was observed for the ornithocoric species in seasonal semideciduous forest in the state of São Paulo, although the fruit species consumed by primates *Sapajus nigritus* (Goldfuss 1809) (capuchin monkey) and *A. clamitans* showed no marked pattern of sequential fruiting (Galetti 1992).

The fruit consumption of *Ficus* spp. by *A. clamitans* during several months of the year was also reported by Prates et al. (1990) and Aguiar et al. (2003), not surprisingly, due to its known intraspecific asynchronous fruiting pattern (Milton 1991, Bicca-Marques 2003, Tweheyo & Lye 2003, Emmerick 2007). However *Ocotea* Aubl. (Miranda & Passos 2004), *S. romanzoffiana*, and *Coussapoa microcarpa* (Schott) Rizzini (Prates et al. 1990) were similarly pointed as fruit sources present in the diet of *A. clamitans* most of the year. In southern Amazon rainforest *Dialium guianense* (Aubl.) Sandwith was the main fruit source for *A. discolor* (Spix, 1823) (red-handed howler), used during six months of the year (Pinto & Setz 2004).

The consumption of most fruit species only during one or two months was also reported by Pinto & Setz (2004) for *A. discolor* and by Aguiar et al. (2003) for *A. clamitans*.

Although producing fruits during a long period, some species were consumed within a few months. However, it is possible to notice in these cases that consumption occurred mainly during the months when fruits are ripe and ready for dispersal. For instance, *E. edulis* produces fruits almost the whole year, but the fruits were only consumed in April, one of the months in which the species dispersal occurs (Perina 2011); *G. kunthiana* bears fruits all year, but its fruits were consumed only from August to October, the species dispersal period (Perina 2011); *P. dioica* bears fruits from August to March, but its fruits were only consumed in December, one of the months in which dispersal occurs (Mikich & Silva 2001).

According to Carmo & Morellato (2000), although there are zoochorous species producing ripe fruit along the year in the riparian forests of the Tibagi river, there is a higher number of species fruiting during the rainy period. Therefore, a higher number of fruit species consumed during the spring and summer was expected compared to autumn and winter. Contrary to the expectations, *A. clamitans* exploited a relatively low number of fruit species during the rainy period. In similar proportions with the present study, Ludwig et al. (2008) reported that most sources of fruits - five species - consumed by black-and-gold howler monkeys, *A. caraya* (Humboldt 1812), in riparian forest in the Upper Paraná River (mainland) were used both

in the rainy and dry period, whereas three were consumed exclusively during dry period and one exclusively in the rainy period.

Differently from our findings, Ludwig et al. (2008) studying *A. caraya* in an island in the Upper Paraná river, and Aguiar et al. (2003) studying *A. clamitans* in Doralice Farm, reported a higher richness of fruit species consumed exclusively during the rainy period, in comparison to species consumed exclusively in the dry period or those consumed in both periods. Prates et al. (1990) studying *A. clamitans* in Parque Estadual de Itapuã, southern Brazil, reported that about a half of fruit species was consumed exclusively during the rainy period, the remaining fruit species were consumed in both periods, and none was consumed exclusively in the dry period. They dismembered the fruit supplying plants into three groups: preferred perennial species - fruit throughout the year and are always consumed; preferred annual species - fruit only during certain times of the year but are widely exploited during these periods; and alternative species - plants with a long-term bearing periods, but from which fruits are eaten only occasionally. Most of the fruit species consumed by the group they studied was "preferred annual species", all fruiting and being consumed in the rainy period. These reports suggest that howlers exploit fruit species available during the dry period but expand fruit sources when there are more options to choose.

Among so many species that bear fruits during the rainy period, why only a few are present on the diet of *A. clamitans* in the forest fragment of Doralice Farm? Many consumers shift food preferences according to their environmental availability. When there is high food availability, consumers tend to focus on high-energy items and on sites with abundance. As a result, they consume fewer food options in greater quantity. In this way, they minimize time and energy spent in searching and maximize energy intake. When there is low food availability, search time is relatively high, leading the consumer to accept a higher number of species as food, even those which are not preferred food resources, rather than ignore them and continue its search for favorite items (Dajoz 2005, Begon et al. 2007). Despite the low number of fruit species consumed in the rainy period, the amount of fruits consumed did not show the same pattern. In the same period of study, summer was the season with the highest rate of fruit consumption and the only season in which time spent on fruit consumption exceeded time spent on leaves consumption (Santos 2007). Hence, the harvest of favorite fruits is probably sufficient during the rainy period, therefore *A. clamitans* does not search for other species; in the dry period, with no preferred fruits in sufficient quantity to supply its nutritional and energetic demands, a higher number of fruit species is exploited.

It is important to remember that howlers are folivorous-frugivorous (Crockett & Eisenberg 1987) and their diet is seasonally variable, with constant consumption of mature leaves, and consumption of fruits, flowers and young leaves according to environmental availability (Bicca-Marques & Calegari-Marques 1995, Queiroz 1995). Thus, in times of low food availability, when consumers tend to accept a higher number of species as food, even lower-quality items, howlers are expected to expand their diet including leaves sources, instead of continuing their search for fruits, which are scarce. The fact that *A. clamitans* expanded fruit sources during the period of low food availability is one more strong indication of the quality of the fragment where it lives.

Among the 10 fruit species consumed during the rainy period, only four bear fruits mainly in this period of the year, the other species bear fruits in great part of it. Even if the trend is the choice of a few species during the period of high food availability, *A. clamitans* could have selected other fruit species among the large number of options, different from those it uses during times of food scarcity.

Among so many species that bear fruits mainly during the rainy period, why only a few are chosen to be part of the diet of *A. clamitans* in this time of the year? In the midst of the tree species sampled in the forest fragment of Doralice Farm (Soares-Silva et al. 1992) there are more than 50 zoochorous species, among which about a third was identified as fruit sources for *A. clamitans*. According to Galetti et al. (2011) monkeys consume fruits of 41% of the 186 zoochorous species sampled in a lowland Atlantic rain forest of the Parque Estadual Intervales, southeast Brazil. Prates et al. (1990) observed that fruit species used for *A. clamitans* comprised only 15.3% of the potential food sources in an adjacent area with the same floristic formation of the Parque Estadual de Itapuã, highlighting its selective diet. The selectivity in the food choice by *Alouatta* is essential to obtain a nutritionally adequate diet (Nagy & Milton 1979). Moreover, using a limited number of plant species and individuals as food sources may allow *Alouatta* to specialize and be more efficient in the use of such resources (Serio-Silva et al. 2002). Differences in chemical and nutritional contents affect the selection of species, individuals, and feed items by *Alouatta* (Silver et al. 2000, Teaford et al. 2006, Welker et al. 2007, Behie & Pavelka 2012a, b, Luecke-Bridgeman 2012), but density, abundance and phenological patterns of plant species strongly influence food selection, since the permanent availability of resources offers the chance to use them intensively and meet their basic nutrient needs, rather than use ephemeral, nutrient-rich resources (Serio-Silva et al. 2002). It can be inferred that the selectivity of *A. clamitans* was mainly directed to species capable of providing fruits along the year, prioritizing these species even when other fruit sources are available.

According to our findings in the dry period several fruit species collaborated to nutritional and energetic balance of *A. clamitans*, whereas during the rainy period a relatively low number of fruit species was exploited, presumably those which could provide fruits in sufficient quantity to supply its nutritional and energetic demands without spending too much time and energy searching. The phenological patterns of plant species clearly influenced food choice, since *A. clamitans* prioritized species that bear fruits throughout the year instead species that bear fruits in a short period of the year.

Acknowledgments

The authors thank CNPq for the scholarship granted to the first author and CAPES for the financial support of the Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Londrina; Pedro Favoretto, Doralice Farm's owner, for the permission to work in his property; Dr. Ana Odete Santos Vieira, curator of the Herbarium of Universidade Estadual de Londrina, for plant species identification; Dr. José Marcelo Domingues Torezan and Ms. Alba L. Cavalheiro, for seed identification; Maira Posteraro Freire and Luciana Festti for the data collection support.

References

- AGUIAR, L.M., REIS, N.R., LUDWIG, G. & ROCHA, V.J. 2003. Dieta, área de vida, vocalizações e estimativas populacionais de *Alouatta guariba* em um remanescente florestal no norte do Estado do Paraná. *Neotrop. Primates*. 11(2):78-85.
- ARROYO-RODRÍGUEZ, V. & DIAS, P.A. 2010. Effects of habitat fragmentation and disturbance on howler monkeys: a review. *Am. J. Primatol.* 72:1-16. <http://dx.doi.org/10.1002/ajp.20753>
- BARNEBY, R.C. 1975. Menispermáceas. In *Flora ilustrada catarinense* (R. Reitz, ed.). Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí, p.1-40.
- BEGON, M., TOWNSEND, C.R. & HARPER, J.L. 2007. *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas*. Artmed, Porto Alegre.
- BEHIE, A.M. & PAVELKA, M.S.M. 2012a. Food selection in the black howler monkey following habitat disturbance: implications for the importance of mature leaves. *J. Trop. Ecol.* 28(2):153-160. <http://dx.doi.org/10.1017/S0266467411000678>
- BEHIE, A.M. & PAVELKA, M.S.M. 2012b. The role of minerals in food selection in a black howler monkey (*Alouatta pigra*) population in Belize following a major hurricane. *Am. J. Primatol.* 74:1054-1063. <http://dx.doi.org/10.1002/ajp.22059>
- BICCA-MARQUES, J.C. 2003. How do howler monkeys cope with habitat fragmentation? In *Primates in fragments: ecology and conservation* (L.K. Marsh, ed.). Kluwer Academic/Plenum, New York, p.283-303. http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4757-3770-7_18
- BICCA-MARQUES, J.C. & CALEGARO-MARQUES, C. 1995. *Ecologia alimentar do gênero Alouatta Lacépède, 1799* (Primates, Cebidae). *Cad. UFAC* 3:23-49.
- CARMO, M.R.B. & MORELLATO, L.P.C. 2000. Fenologia de árvores e arbustos das matas ciliares da bacia do rio Tibagi, estado do Paraná, Brasil. In *Matas Ciliares: conservação e recuperação* (R.R. Rodrigues & H.F. Leitão Filho, eds.). Editora da Universidade de São Paulo - Fapesp, São Paulo, p.125-141.
- COLWELL, R.K. 2013. EstimateS 9.1.0. Department of Ecology & Evolutionary Biology, University of Connecticut, Storrs. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates> (último acesso em 12/07/2013).
- COSTA, J.T., ESTEVAN, D.A., BIANCHINI, E. & FONSECA, I.C.B. 2011. Composição florística das espécies vasculares e caráter sucessional da flora arbórea de um fragmento de floresta estacional semidecidual no Sul do Brasil. *Rev. Brasil. Bot.* 34(3):409-420.
- CROCKETT, C.M. & EISENBERG, J.F. 1987. Howlers: variations in group size and demography. In *Primates societies* (B.B. Smuts, D.L. Cheney, R.M. Seyfarth, R.W. Wrangham & T.T. Struhsaker, eds.). The University of Chicago Press, Chicago, p.56-68.
- DAJOZ, R. 2005. *Princípios de ecologia*. Artmed, Porto Alegre.
- EMMERICK, J.M. 2007. Fenologia de *Ficus glabra* Vell. e *Ficus insipida* Willd. no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina - PR. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- FRANÇA, L.F., RAGUSA-NETTO, J. & PAIVA, L.V. 2009. Consumo de frutos e abundância de Tucano Toco (*Ramphastos toco*) em dois habitats do Pantanal Sul. *Biota Neotrop.* 9(2):125-130 <http://www.biotaneotropica.org.br/v9n2/pt/abstract?article+bn02109022009>
- GALETTI, M. 1992. Sazonalidade na dieta de vertebrados frugívoros em uma floresta semidecidual no Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- GALETTI, M., PIZO, M.A. & MORELLATO, L.P.C. 2011. Diversity of functional traits of fleshy fruits in a species-rich Atlantic rain forest. *Biota Neotrop.* 11(1):181-194 <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1/en/abstract?article+bn02811012011>
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 1992. *Manual técnico da vegetação brasileira*. DERNA, Rio de Janeiro. *Manuais Técnicos de Geociências* n. 1.
- LEVEY, D.J. 1994. Why we should adopt a broader view of neotropical migrants. *Auk* 111(1):233-236. <http://dx.doi.org/10.2307/4088533>
- LUDWIG, G., AGUIAR, L.M., SVOBODA, W.K., HILST, C.L.S., NAVARRO, I.T., VITULE, J.R.S. & PASSOS, F.C. 2008. Comparison of the diet of *Alouatta caraya* (Primates: Atelidae) between a riparian island and mainland on the Upper Parana River, southern Brazil. *Rev. Bras. Zool.* 25(3):419-426. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752008000300006>
- LUECKE-BRIDGEMAN, L. 2012. Diet of the black howler monkey (*Alouatta pigra*) in mangrove forests and the phytochemistry of mangrove plants. *Am. J. Phys. Anthropol.* 147:197.
- MENDES, S.L. 1989. Estudo ecológico de *Alouatta fusca* (Primates: Cebidae) na Estação Biológica de Caratinga, MG. *Rev. Nordestina Biol.* 6(2):71-104.

- MIKICH, S.B. & SILVA, S.M. 2001. Composição florística e fenologia das espécies zoocóricas de remanescentes de floresta estacional semidecidual no centro-oeste do Paraná, Brasil. *Acta Bot. Bras.* 15(1):89-113. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062001000100010>
- MILTON, K. 1991. Leaf change and fruit production in six Neotropical Moraceae species. *J. Ecol.* 79:1-26. <http://dx.doi.org/10.2307/2260781>
- MIRANDA, J.M.D. & PASSOS, F.C. 2004. Hábito alimentar de *Alouatta guariba* (Humboldt) (Primates, Atelidae) em Floresta de Araucária, Paraná, Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 21(4):821-826. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752004000400016>
- NAGY, K.A. & MILTON, K. 1979. Aspects of dietary quality, nutrient assimilation and water balance in wild howler monkeys (*Alouatta palliata*). *Oecologia* 39(3):249-258.
- NEVILLE, M.K., GLANDER, K.E., BRAZA, F. & RYLANDS, A.B. 1988. The howling monkeys, genus *Alouatta*. In *Ecology and behavior of neotropical primates* (R.A. Mittermeier, A.B. Rylands, A. Coimbra-Filho & G.A.B. Fonseca, eds.). Littera Maciel Ltda, Contagem, p.349-453. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00345437>
- NOVAES, T.G. 2007. Fenologia reprodutiva de espécies arbóreas da região de Londrina, PR. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- PEREIRA, R.A.S., RODRIGUES, E. & MENEZES JR, A.O. 2007. Phenological patterns of *Ficus citrifolia* (Moraceae) in a seasonal humid-subtropical region in Southern Brazil. *Plant Ecol.* 188(2):265-275. <http://dx.doi.org/10.1007/s11258-006-9161-0>
- PERINA, B.B. 2011. Fenologia de espécies arbóreas de uma floresta estacional semidecidual do Sul do Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- PINTO, L.P. & SETZ, E.Z.F. 2004. Diet of *Alouatta belzebul discolor* in an Amazonian Rain Forest of northern Mato Grosso State, Brazil. *Int. J. Primatol.* 25(6):1197-1211. <http://dx.doi.org/10.1023/B:IJOP.0000043958.75534.7f>
- POWLESLAND, R.G., DILKS, P.J., FLUX, I.A., GRANT, A.D. & TISDALL, C.J. 1997. Impact of food abundance, diet and food quality on the breeding of the fruit pigeon, *Parea Hemiphaga novaeseelandiae chathamensis*, on Chatham Island, New Zealand. *Ibis* 139(2):353-365. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1474-919X.1997.tb04634.x>
- PRATES, J.C., GAYER, S.M.P., KUNZ JUNIOR, L.F. & BUSS, G. 1990. Feeding habits of the brown howler monkey *Alouatta fusca clamitans* (Cabrera, 1940) (Cebidae, Alouattinae) in the Itapuã State Park: a preliminary report. *Acta Biol. Leopold.* 12(1):175-188.
- QUEIROZ, H.L. 1995. Preguiças e guaribas: os mamíferos folívoros arbóricolas do Mamirauá. Marigo Comunicação Visual, Rio de Janeiro.
- REYS, P., GALETTI, M., MORELLATO, L.P.C. & SABINO, J. 2005. Fenologia reprodutiva e disponibilidade de frutos de espécies arbóreas em mata ciliar no rio formoso, Mato Grosso do Sul. *Biota Neotrop.* 5(2):1-10 <http://www.biotaneotropica.org.br/v5n2/pt/abstract?short-communication+bn01205022005>
- SANTOS, G.A.S.D. 2007. Dieta e dispersão de sementes pelo “bugio-ruivo”, *Alouatta clamitans* Cabrera, 1940 (Primates, Atelidae), em um fragmento florestal no norte do Paraná, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- SILVER, S.C., OSTRO, L.E.T., YEAGER, C.P. & DIERENFELD, E.S. 2000. Phytochemical and mineral components of foods consumed by black howler monkeys (*Alouatta pigra*) at two sites in Belize. *Zoo Biol.* 19(2):95-109. [http://dx.doi.org/10.1002/1098-2361\(2000\)19:2%3C95::AID-ZOO1%3E3.0.CO;2-D](http://dx.doi.org/10.1002/1098-2361(2000)19:2%3C95::AID-ZOO1%3E3.0.CO;2-D)
- SERIO-SILVA, J.C., RICO-GRAY, V., HERNÁNDEZ-SALAZAR, L.T. & ESPINOSA-GÓMEZ, R. 2002. The role of *Ficus* (Moraceae) in the diet and nutrition of a troop of Mexican howler monkeys, *Alouatta palliata mexicana*, released on an island in southern Veracruz, Mexico. *J. Trop. Ecol.* 18:913-928.
- SOARES-SILVA, L.H., BIANCHINI, E., FONSECA, E.P., DIAS, M.C., MEDRI, M.E. & ZANGARO-FILHO, W. 1992. Composição florística e fitossociologia do componente arbóreo das florestas ciliares da bacia do rio Tibagi. 1 - Fazenda Doralice - Iporã, PR. *Rev. Inst. Flor.* 4:199-206.
- STRIER, K.B. 1992. Atelinae adaptations: behavioral strategies and ecological constraints. *Am. J. Phys. Anthropol.* 88(4):515-524. <http://dx.doi.org/10.1002/ajpa.1330880407>
- TEAFORD, M.F., LUCAS, P.W., UNGAR, P.S. & GLANDER, K.E. 2006. Mechanical defenses in leaves eaten by Costa Rican howling monkeys (*Alouatta palliata*). *Am. J. Phys. Anthropol.* 129(1):99-104. <http://dx.doi.org/10.1002/ajpa.20225>
- TWEHEYO, M. & LYE, K.A. 2003. Phenology of figs in Budongo Forest Uganda and its importance for the chimpanzee diet. *Afr. J. Ecol.* 41(4):306-316. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2028.2003.00475.x>
- VAN SCHAIK, C.P., TERBORGH, J.W. & WRIGHT, S.J. 1993. The phenology of tropical forests: adaptive significance and consequences for primary consumer. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 24:353-377. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.24.1.353>
- WELKER, B.J., KÖNIG, W., PIETSCH, M. & ADAMS, R.P. 2007. Feeding selectivity by mantled howler monkeys (*Alouatta palliata*) in relation to leaf secondary chemistry in *Hymenaea courbaril*. *J. Chem. Ecol.* 33:1186-1196. <http://dx.doi.org/10.1007/s10886-007-9292-3>

Received 03/18/2013

Revised 08/06/2013

Accepted 09/12/2013

Wing pattern diversity in Brassolini butterflies (Nymphalidae, Satyrinae)

Carla Maria Penz^{1,2} & Neda Mohammadi¹

¹Department of Biological Sciences, University of New Orleans, 2000 Lakeshore Dr., New Orleans 70148, USA

²Corresponding author: Carla Maria Penz, email: cpenz@uno.edu

PENZ, C.M. & MOHAMMADI, N. **Wing pattern diversity in Brassolini butterflies (Nymphalidae, Satyrinae).** Biota Neotrop. 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?article+bn03613032013>

Abstract: This study describes and compares the diverse dorsal and ventral wing color patterns of Brassolini butterflies. Thirty-three species are illustrated, where pattern elements of the nymphalid ground plan are labeled in color. In general, a larger number of pattern elements can be identified on the ventral than on the dorsal surface of both wings, and the forewing has a larger number of discernible pattern elements than the hind wing. The dorsal elements are broad, diffuse, and more difficult to identify against the typically brown brassoline wing background color. Species with a light colored dorsal background served as a guide for our proposal that fewer pattern elements are present dorsally, particularly on the hind wing. Colorful bands or markings generally present on the dorsal surface seem to be associated with specific pattern elements and have correspondence to the ventral pattern. We refer to these as trailing bands, and they constitute a predominant feature of the brassoline dorsal coloration. We propose a subordinate groundplan for brassolines and interpret some of the ventral pattern variation in light of their phylogeny. Dorsal color pattern variation that leads to sexual dimorphism and mimetic resemblance are also discussed.

Keywords: butterfly, wing color, nymphalid ground plan, eyespots, ocellus, Caligo.

PENZ, C.M. & MOHAMMADI, N. **Diversidade de padrão das asas em Brassolini (Nymphalidae, Satyrinae).** Biota Neotrop. 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?article+bn03613032013>

Resumo: Este estudo descreve e compara os diversos padrões de coloração dorsal e ventral das borboletas da tribo Brassolini. Com o objetivo de demarcar os elementos do padrão de base dos ninfalídeos ('pattern elements of the nymphalid ground plan'), 33 espécies são ilustradas. De maneira geral, o número de elementos-padrão identificados na face ventral é maior do que o da face dorsal em ambas as asas, e a asa anterior contém um número maior de elementos visíveis do que a posterior. Os elementos da face dorsal são mais largos e difusos, e também mais difíceis de identificar devido à usual coloração de fundo marrom escuro dos brassolíneos. Espécies que apresentam coloração de fundo clara serviram como guia para a nossa interpretação de que a superfície dorsal das asas apresenta um número reduzido de elementos-padrão, especialmente a da asa posterior. Faixas ou manchas coloridas que geralmente aparecem na superfície dorsal estão aparentemente associadas com elementos-padrão específicos, e apresentam correspondência com faixas que aparecem na face ventral. Estas faixas ('trailing bands') se alastram a partir da borda de certos elementos e constituem uma característica predominante da coloração dorsal dos brassolíneos. Nós propomos um padrão de base para os brassolíneos que é subordinado ao dos ninfalídeos, e utilizamos a filogenia do grupo para interpretar alguns aspectos da variação de elementos-padrão da superfície ventral. As variações de padrão e cor que resultam em dimorfismo sexual e mimetismo são discutidas.

Palavras-chave: borboleta, coloração das asas, padrão de base dos ninfalídeos, manchas ocelares, ocelo, Caligo.

Introduction

Wing colors play vital and diverse roles in Lepidoptera, spanning from physiology (e.g., thermoregulation) to inter and intraspecific interactions. Camouflage, large eyespots for startle or deflection, aposematism and mimicry are notable adaptations that reduce predation risk (e.g., Vane-Wright & Ackery 1984, Chai 1990). Although different in their evolutionary outcome, all of these phenotypic defenses involve impressive modifications of wing pattern elements (Nijhout 1991). For example, some nymphalid butterflies closely resemble dead leaves, a useful appearance at rest of when feeding on fallen rotting fruit (e.g., *Zaretis itys* (Cramer, 1777), Nymphalidae, Charaxinae; *Kallima inachus* (Boisduval, 1846), Nymphalidae, Nymphalinae; see <http://biology.duke.edu/nijhout/patterns2.html> for a demonstration; last accessed 7 March 2013). In contrast, brightly colored butterflies incur a predation risk that can only be defused if they are chemically protected, mimetic, or too difficult to catch. Among these, mimicry is a particularly complex defense because wing colors play a role in both predator-prey and model-mimic interactions while being also used to mediate male-female, intraspecific communication. In fact, mate-choice experiments suggest that assortative mating based on wing color led to genetic divergence and speciation of the sister taxa *Heliconius cydno* Doubleday, 1847 and *H. melpomene* (Linnaeus, 1748) (Nymphalidae, Heliconiinae), which belong to separate mimicry rings (Jiggins et al. 2001). Furthermore, instances of female-limited mimicry also demonstrate the importance of color for mate recognition in butterflies (e.g., Kunte 2008, 2009), implying a potential tradeoff between defensive coloration and mating success in the male sex.

The utility of color for intraspecific interactions likely depends on light levels in the environment. Not surprisingly, nocturnal moth wing colors do not play a role in mate location, recognition, or courtship; chemical communication is favored instead (e.g., Birch 1970), which also seems to be the case in day-flying moths (e.g., Eisner & Meinwald 1995). In contrast, butterfly wing colors are commonly used for male-male and male-female interactions, and the highly visible, territorial male *Morpho* butterflies (Nymphalidae, Satyrinae, Morphini) provide a fitting example of both. While dorsal blue colors have a role in male-male and perhaps male-female interactions (Fruhstorfer 1912, Penz & DeVries 2002, DeVries et al. 2010), the dark and camouflaged ventral wing coloration likely protects both sexes at rest. Thus, the *Morpho* dorso-ventral differentiation seems to fit the situation described by Oliver et al. (2009) for *Bicyclus* (Nymphalidae, Satyrinae, Satyrini), where the dorsal color pattern is shaped by sexual selection, while natural selection operates on the camouflaged ventral surface. Members of the Satyrinae tribe Brassolini, sister group to Morphini (Wahlberg et al. 2009), might be under similar selection regimes given the remarkable color pattern differences between their dorsal and ventral wing surfaces.

With few exceptions, Brassolini butterflies are crepuscular. While they may be found feeding or puddling during the day, reproductive activities (mating behavior and oviposition) typically occur at dawn or dusk. Most brassolines are relatively dull colored dorsally, and if their colors have a role in male-female interactions in this butterfly group, then they must be discernible at low light levels of crepuscular hours. Although pattern elements of the nymphalid ground plan are easily recognizable on the ventral surface across the tribe, they are subdued in some taxa and striking in others (e.g., *Penetes* vs. *Caligo*). Ventral ripple patterns, striations that resemble windblown sand, are common throughout the Satyrinae (Nijhout 1991), and excepting *Penetes* all brassolines have ripple patterns. Ventral eyespots also occur across the tribe exhibiting a wide range of sizes and complexity. With the wings folded at rest some brassolines are camouflaged (e.g., *Dynastor*

napoleon Doubleday, 1849 resembles a dead leaf) while others are quite visible (e.g., some *Caligo* species have conspicuous eyespots). The richness of color patterns, coupled with differing activity periods (crepuscular vs. diurnal) and flight behaviors, constitute an open field of investigation for this butterfly tribe.

This study represents the first broad survey of color pattern diversity in Brassolini. Here we provide a framework for understanding color pattern variation among genera, which constitutes a required foundation for future work on evolution, development and genetics of wing color patterns in this butterfly group. Ventral patterns are described in detail and dorsal patterns are explained here for the first time. We identify and illustrate pattern elements using the nymphalid ground plan proposed by Schwanwitsch (1924) and Süffert (1927), and modified by Nijhout (1991). We then propose a subordinate groundplan for the Brassolini that is placed in a phylogenetic context. Finally, we briefly discuss instances of sexual dimorphism and color convergence across genera.

Material and Methods

1. Specimens, species and illustrations

Appendix 1 lists locality data and museum deposition of 554 specimens from 75 species that were examined directly (73% of the Brassolini species diversity), plus sources of photographs of additional taxa. Thirty-three species are illustrated here (usually male). For economy of space, not all species mentioned in the text are included in the figures, but male and female photographs of most brassolines can be found at <http://fs.uno.edu/cpenz/Brassolini.html> (last accessed 12 August 2013). Photographs were taken with a Cannon G9 digital camera and processed in Adobe Photoshop (Adobe Systems Inc.). Figures with a color-coded key identifying wing pattern elements were prepared using either the type species or an alternative representative of each genus depending on availability of material and/or particular characteristics of their wing patterns. To document variation, multiple species of the same genus were sometimes illustrated. Although body size varies broadly within Brassolini, all images used to describe pattern elements were converted to a similar size to facilitate comparison (Figures 1-7). Images that illustrate sexual dimorphism and color resemblance across genera are scaled proportionately to life size (Figure 9).

2. Homology and the identification of pattern elements

Pattern elements of the nymphalid ground plan (NGP) are discrete components of wing color differentiation expressed on the wing surface (Nijhout 1991 and references therein). Within the comparative context of the NGP, the term 'homology' is generally used to indicate the repetition of a pattern element among cells on the same wing (serial homology), the mirror image of elements between wing surfaces (dorso-ventral homology), and the equivalence of pattern elements across species. Although the latter clearly corresponds to evolutionary homology (i.e., characters shared by common ancestry), the identification of NGP pattern elements is somewhat subjective and should therefore be considered a hypothesis of homology that might be tested through a genetic or phylogenetic framework. As such, the coding of pattern elements for species included in this study constitutes a set of working hypotheses.

Our method for the identification of NGP pattern elements followed three steps. First, we studied the pattern element variation across nymphalid subfamilies to build a framework for size and color diversity, as well as the sequential location of individual pattern elements along wing cells (topographical correspondence can be used to infer homology; e.g., DePinna 1991, Rieppel & Kearny

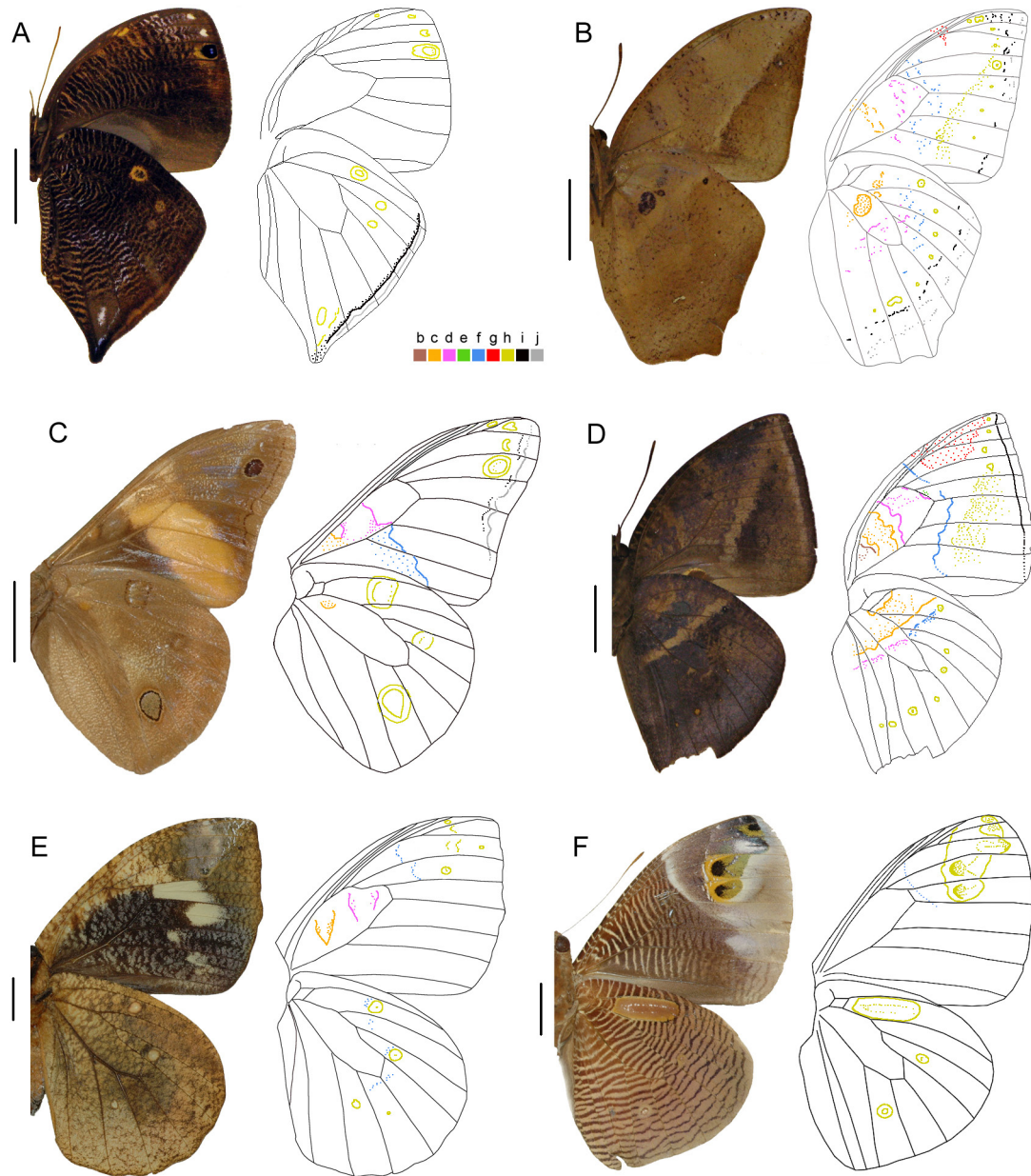


Figure 1. Male wings in ventral view plus a schematic drawing showing color-coded pattern elements. Scale bars: 1 cm. **A**, *Bia actorion*, Suriname; **B**, *Narope cyllastros*, no data; **C**, *Brassolis sophorae*, French Guiana; **D**, *Aponarope sutor*, Brazil, Rondônia; **E**, *Dynastor napoleon*, Brazil, Santa Catarina; **F**, *Dynastor macrosiris macrosiris*, French Guiana.

2002). We did this to be consistent with previous work (Nijhout 1991, 1994, 2001) that formed the basis of more recent research on evolution of development. Second, we examined and compared a large number of species, including all brassolini genera. To account for variation within species, specimens from various localities were studied whenever possible. A large sample size allowed us to use intermediate phenotypes as clues for the identification of pattern elements within and between genera (as suggested by Nijhout 1991). Finally, after pattern elements were color-coded for each species, we checked our identifications of pattern elements for consistency throughout the Brassolini.

3. Terminology and character optimization

Terms and definitions used throughout the text are listed below, including pertinent baseline information:

- *Wing background*: The background corresponds to the canvas upon which patterns elements are expressed, and background color may or may not be homogeneous across the wing surface (Nijhout 1991);
- *Nymphalid ground plan (NGP) pattern elements*: The nine pattern elements found in Brassolini are indicated by letters *b* to *j* from the wing base to the distal edge, following Nijhout (1991, p.43);
- *Pattern element h, ocelus, and eyespot*: Pattern element *h* corresponds to a series of ocelli, and given this fact, the letter *h* is used here in reference to the whole series while the terms ocelus and ocelli are used when referring to specific units (within particular cells). The term ‘eyespot’ does not necessarily correspond to NGP pattern element *h* across butterflies (Nijhout 1991) and

Brassolini wing color patterns

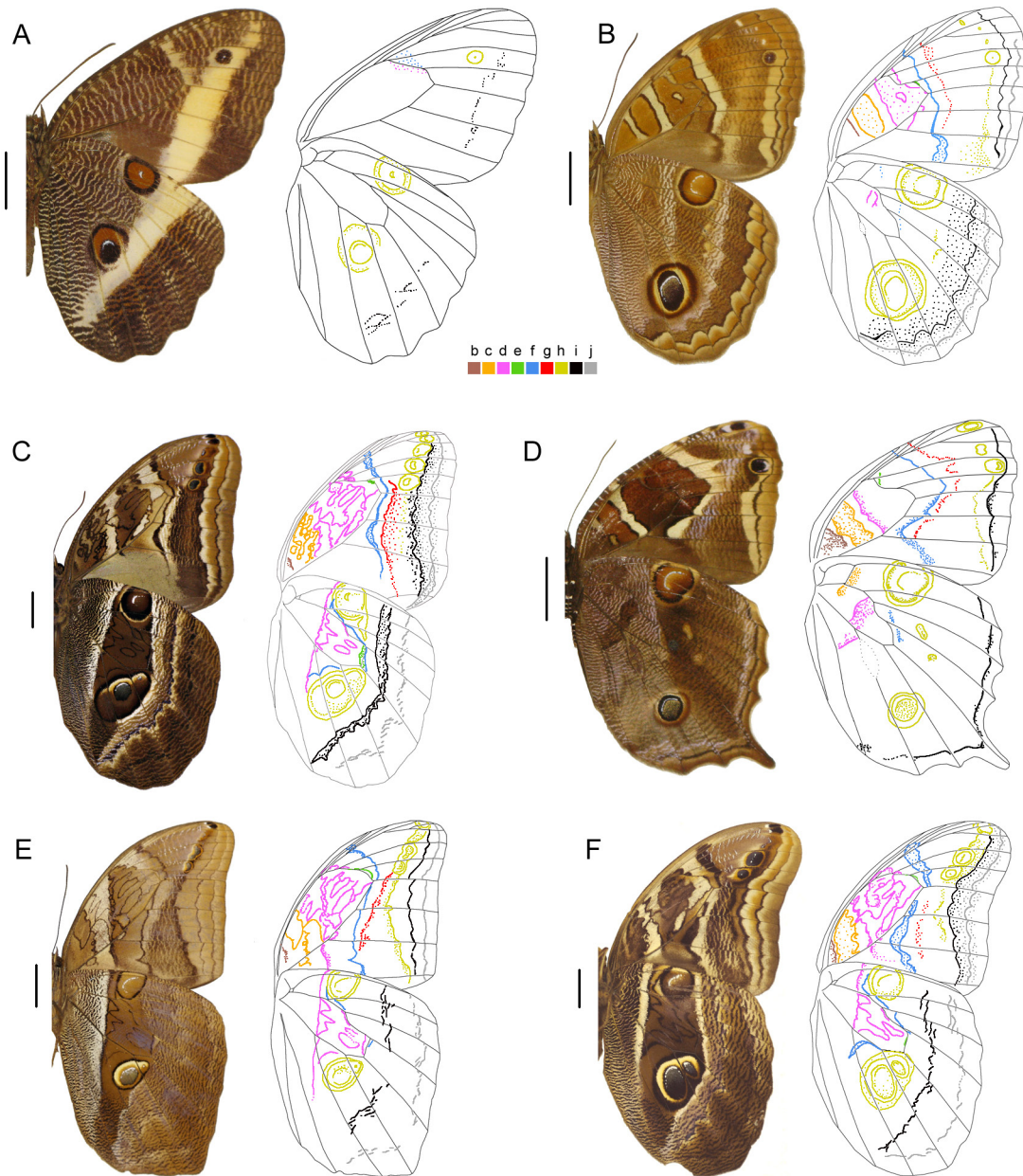


Figure 2. Male wings in ventral view plus a schematic drawing showing color-coded pattern elements. Scale bars: 1 cm. **A**, *Dasyophthalma rusina*, South Brazil; **B**, *Ooptera syme*, Brazil, São Paulo; **C**, *Caligopsis seleucida*, Peru, Madre de Dios; **D**, *Ooptera aorsa*, Brazil, Paraná; **E**, *Eryphanis automedon*, Ecuador, Sucumbios; **F**, *Eryphanis bubocula*, Costa Rica, Guanacaste.

it is not used in the descriptions below. Ocelli can be simple (one solid spot) or complex (a spot encircled by rings);

- *Ripple patterns*: These correspond to striations or granular markings typically found on the ventral wing surface of satyrines. Development of ripple patterns precedes that of NGP pattern elements (Nijhout 2001), and our descriptions and discussion take this into account;
- *Trailing bands*: The space between certain pattern elements may contain a bright band (white, cream, yellow or orange) that contrasts the dorsal or ventral wing background. We coined the term ‘trailing bands’ for these because, on the ventral surface, they are usually contiguous to one pattern element and diffuse at the opposite side (see Figures 5A for identification on the ventral and dorsal surfaces, and 8A for a

schematic representation). Nonetheless, they can also fill the entire space between two flanking elements, or be diffuse in both the distal and proximal edges. It is, therefore, possible that they are developmentally associated with various pattern elements. Dorsal and ventral trailing band homologues vary in width and color, and may be expressed in the same, or slightly offset, locations. The trailing bands differ from, and should not be confused with, “patterned background colors” described by Nijhout (1991, p.38);

- *Wing venation nomenclature* follows the Comstock-Needham system (indicated in Figure 8A).

We used MacClade (Maddison & Maddison 2005) to optimize variation of selected pattern elements onto a genus-level phylogeny (annotated from Penz 2007; the slight differences in topology between

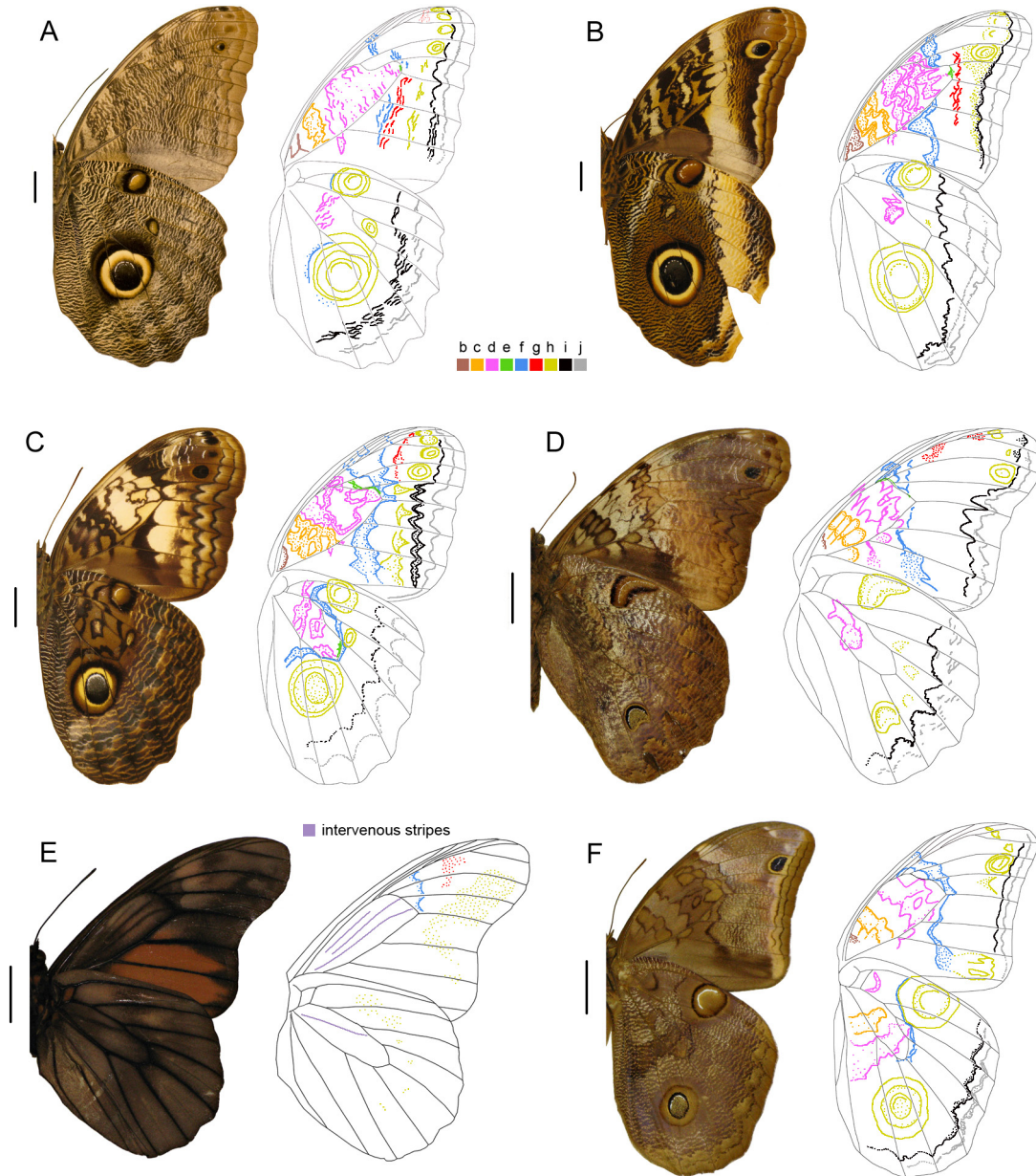


Figure 3. Male wings in ventral view plus a schematic drawing showing color-coded pattern elements. Scale bars: 1 cm. **A**, *Caligo eurilochus*, Ecuador, Sucumbios; **B**, *Caligo atreus*, Colombia, Antiochia; **C**, *Caligo martia*, Brazil, Santa Catarina; **D**, *Selenophanes cassiope*, Peru, Chanchamayo; **E**, *Penetes pamphanis*, Brazil, Paraná; **F**, *Catoblepia xanthus*, Brazil, Pará.

the tree used here and that in Penz et al. 2013 did not affect character optimization).

Results

Pattern elements of the nymphalid ground plan were easily identified in most brassolines, although some species had reduced patterns. Color-coded identification diagrams in Figures 1-7 together with Tables 1 and 2 facilitate comparison across genera. Individual pattern elements are more readily recognized on the ventral surface of the wings. Therefore, we address the ventral coloration first, and use it as a guide for the identification of dorsal pattern elements and trailing bands. Based on our comparative study of 75 species, we then propose a subordinate groundplan for Brassolini and place the variation in key characteristics in a phylogenetic context (Figure 8),

noting that some taxa depart from the groundplan. Finally, we describe instances of sexual dimorphism and color pattern convergence among genera (Figure 9).

1. Ventral wing surface

The diversity of ventral patterns within Brassolini is illustrated in Figures 1-4 and described in Table 1. The number of visible ventral pattern elements varies broadly between and sometimes within genera, and the ventral forewing (VFW) usually contains a larger number of visible elements than the ventral hind wing (VHW). The VFW typically includes elements *b* to *j*. Element *e* and *g* are usually obscured by ripple patterns, being vestigial or absent in several taxa as a result (see Figures 1-4). Two VFW submarginal bands (*i* and *j*) are visible in most species, but one or both can be absent (e.g.,

Brassolini wing color patterns

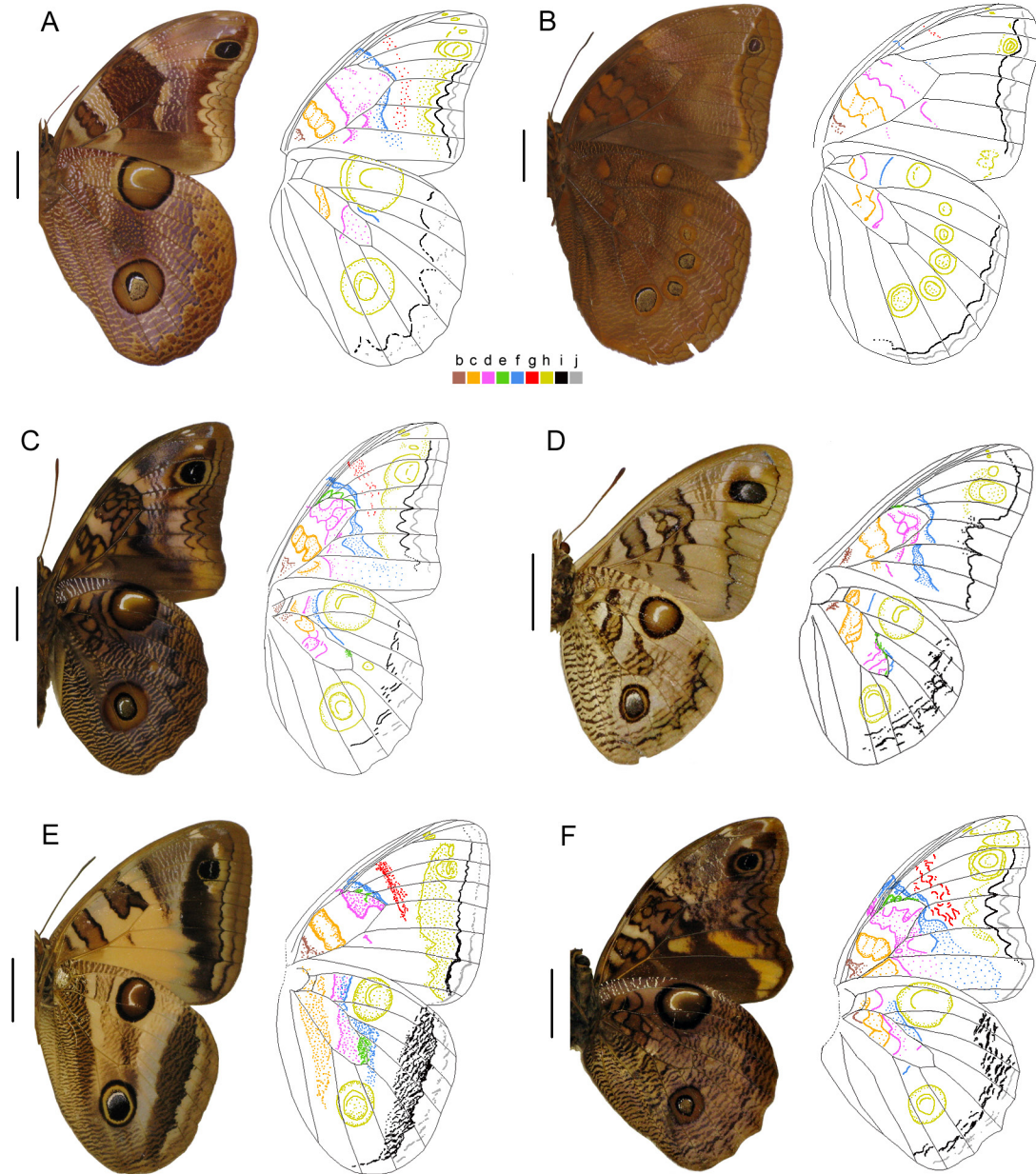


Figure 4. Male wings in ventral view plus a schematic drawing showing color-coded pattern elements. Scale bars: 1 cm. **A**, *Catoblepia orgetorix championi*, Panama, Chiriqui; **B**, *Catoblepia berecynthia*, Central Peru; **C**, *Mielkela singularis*, Mexico, Chiapas; **D**, *Orobrassolis ornamentalis*, Brazil, São Paulo; **E**, *Blepolenis bassus*, Brazil; **F**, *Opsiphanes sallei*, Peru, Pasco.

Orobrassolis ornamentalis (Stichel, 1906), Figure 4D; *Bia actorion* (Linnaeus, 1763), Figure 1A). The VHW typically includes elements *c*, *d*, *f*, *h*, *i* and *j*, and although very reduced *b* and *e* are also present in some taxa (see Figures 1-4). Element *g* is absent from the VHW of all species examined. The VHW submarginal bands (*i* and *j*) can be absent or present (e.g., absent in *Dynastor darius* (Fabricius, 1775), Figure 1E; present, sharp in *Oopoptera syme* (Hübner, 1821), Figure 2B; blurred in *Caligo eurilochus* (Cramer, 1775), Figure 3A).

The position and appearance of pattern elements varies between the VFW and VHW, as it could be expected from their different shape (Figures 1-4). The elements of the central symmetry system (*d*, *e*, *f*) and border ocelli (*h*) are located more distally on the VFW than on the VHW. Element *f* is usually more visible and expressed across a larger number of wing cells on the VFW than the VHW. The serial

expression of element *h* on the VFW usually includes simple spots anterior to vein M1 and a complex ocellus in the cell below this vein, but some taxa also have an additional ocellus in the cell below M2 (*Dynastor*, Figure 1F; *Caligopsis* and *Eryphanis*, Figure 2C, E, F). From veins M2 or M3 to the posterior portion of the VFW, *h* can be absent, fragmented, continuously diffuse, or form a uniquely broad band as in *Blepolenis* (Figure 4E).

Element *h*, suitably referred to as border ocelli, constitutes a notable and easily recognizable wing color component in satyrine butterflies. Within Brassolini, the different manifestations of *h* on the VHW can be divided in three categories: (1) *Narope* and *Aponarope* have a small spot in most cells (Figure 1B, D); (2) some *Catoblepia* have a complex ocellus of similar size in most cells (Figure 4B); and (3) the majority of brassolines have two large, usually complex ocelli

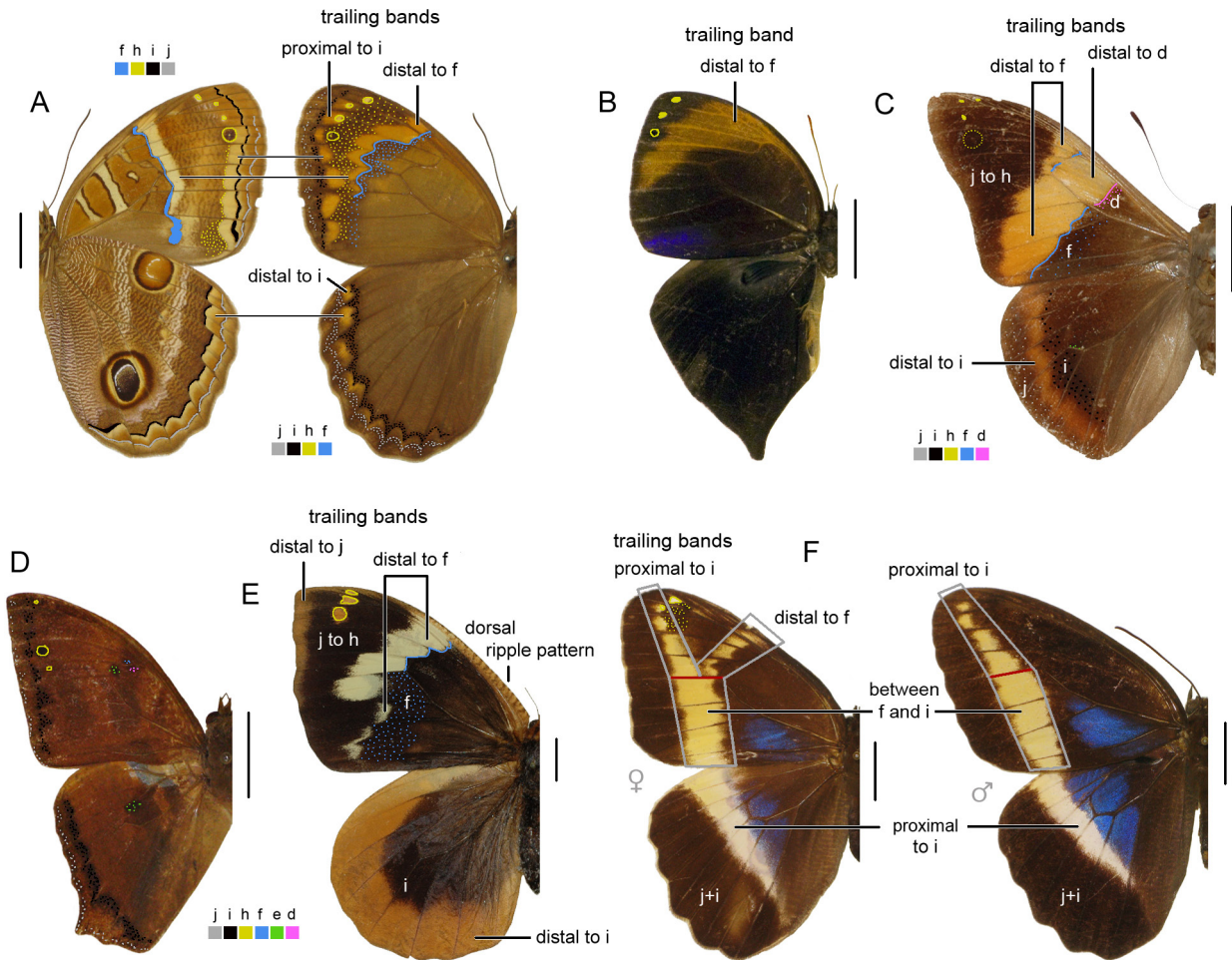


Figure 5. Wings in dorsal view (except for A, left side) indicating color-coded pattern elements and trailing bands. Mostly males, except when indicated. Scale bars: 1 cm. **A**, *Opoptera syme*, Brazil, São Paulo, ventral view on the left; **B**, *Bia actorion*, Suriname; **C**, *Brassolis sophorae*, French Guiana; **D**, *Narope cyllastros*, no data; **E**, *Dynastor napoleon*, Brazil, Santa Catarina; **F**, *Dasyophthalma rusina*, female on the left and male on the right, both from South Brazil.

located below Sc+R1 and Cu1 (anterior and posterior ocelli), which are sometimes accompanied by one or two (infrequently three) additional markings. While these markings are usually located below M1 or M2 (Figures 1C, 2E, 3A), *Caligopsis* (Figure 2C) and *Eryphanis* (Figure 2E, F) are unique in having a well-developed ocellus below M3. Within category (3) above, the anterior ocellus of the VHW may diverge from the usual, round shape (e.g., *Selenophanes cassiope* (Cramer, 1775), Figure 3D), and the posterior ocellus may be quite large, expanding across veins Cu1 and Cu2 (e.g., *Caligo*, Figure 3A-C). The location of the posterior ocellus varies in the proximal-distal axis of the Cu1 cell: it is positioned at the base of the tail near the wing margin in *Bia* (Figure 1A), very near the discal cell in *Dasyophthalma* (Figure 2A), *Caligopsis* (Figure 2C), *Eryphanis* (Figure 2E, F) and *Caligo* (Figure 3A, B, C), and approximately at mid-length of the Cu1 cell in the remaining genera. When present, the submarginal bands (*i* and *j*) are always thin and distinctive on the VFW, but those on the VHW can be either thin (e.g., *Opoptera syme*, Figure 2B), or broad and diffuse (e.g., *Caligo eurilochus*, Figure 3A).

The presence, width, color and intensity of trailing bands vary between genera (Figures 1-4). In several species, the contrast between the dark NGP pattern elements and the white trailing bands produces a striking contrast (e.g., *Eryphanis bubocula* (Butler, 1872), Figure 2F), and in others the ventral expression of such band is faint (e.g.,

Catoblepia xanthus (Linnaeus, 1758), Figure 3F). A trailing band may also be located in an area of the VFW that is not visible when the butterfly is at rest (e.g., *Penetes pamphanis* Doubleday, 1849; Figure 3E). Trailing bands constitute a key feature of the dorsal color pattern and will be addressed in more detail below.

Three attributes of the ripple patterns are worth emphasizing. First, they vary from granular (*Narope*, Figure 1B; *Aponarope*, Figure 1D; *Brassolis*, Figure 1C) to striated (e.g., *Dynastor macrosiris* (Westwood, 1851), Figure 1F), and can be well-defined or blurry (*Dynastor napoleon*, Figure 1E). Second, they can either be prevalent on both wings (Figure 2A), or be expressed on the VHW but reduced to a localized portion of the VFW, usually between *f* and *h* (Figure 4E). Although most genera are uniform in this regard, species of *Caligo* and *Catoblepia* vary in the VFW expression of ripple pattern (compare *Caligo* in Figure 3A, B, C and *Catoblepia* in Figures 3F, 4A, B). Finally, the ripple pattern can be absent from a specific region of the VHW. *Caligopsis seleucida* (Hewitson, 1877), all *Eryphanis* and some *Caligo* species lack ripple pattern in the area between the anterior and posterior ocelli, which is sometimes outlined by pale-colored trailing bands (Figures 2C, E, F and 3C). The lack of ripple pattern in that area makes element *d* clearly visible, and this dark “ripple-free” area is a prominent visual component of the VHW because it highlights the anterior and posterior ocelli. In contrast,

Brassolini wing color patterns

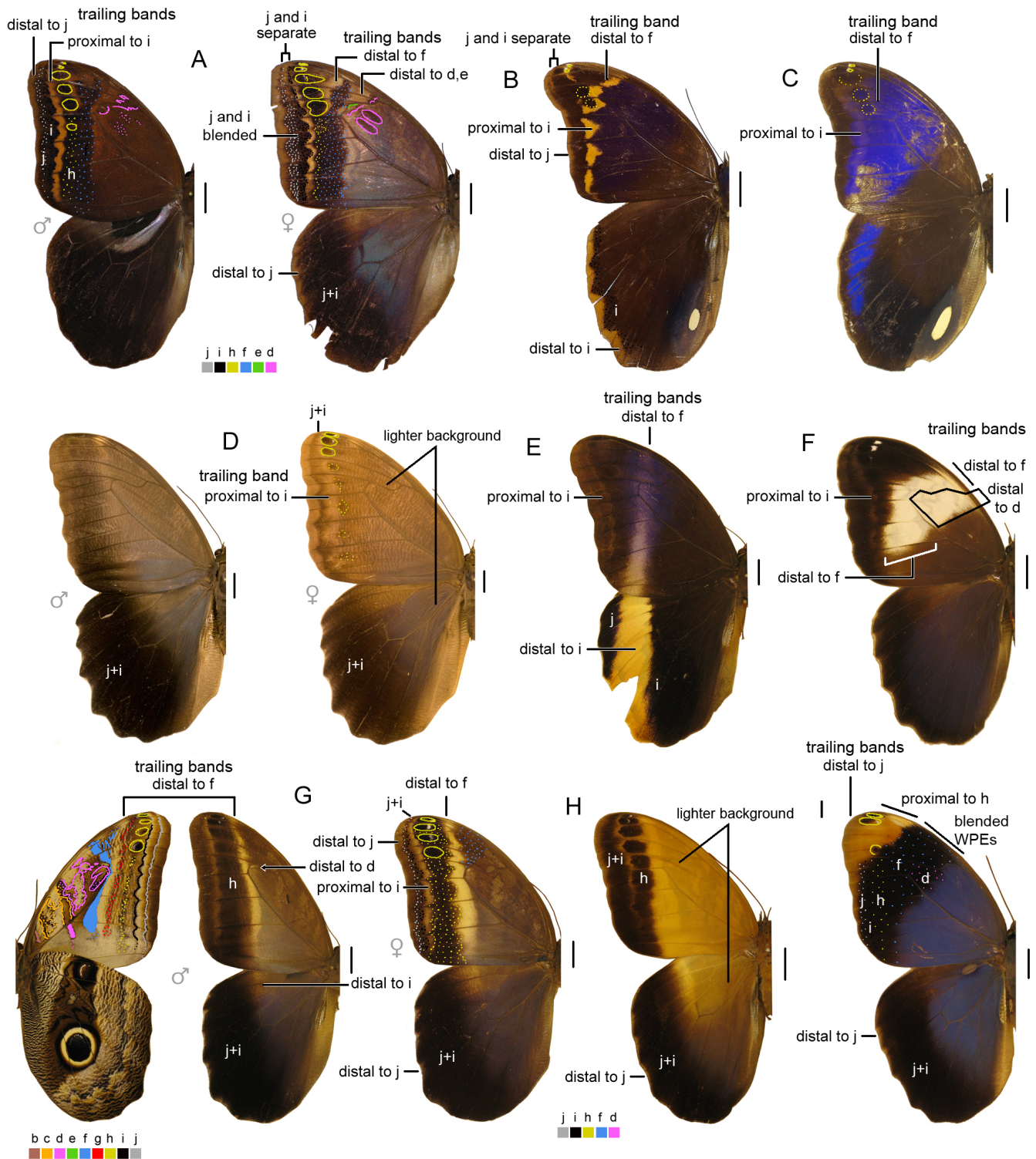


Figure 6. Wings in dorsal view (except for G, left side) indicating color-coded pattern elements and trailing bands. Mostly males, except when indicated. Scale bars: 1 cm. **A**, *Caligopsis seleucida*, male on the left and female on the right, both from Peru, Madre de Dios; **B**, *Eryphanis zolvizora*, Bolivia; **C**, *Eryphanis bubocula*, Costa Rica, Guanacaste; **D**, *Caligo eurilochus*, male on the left and female on the right, both from Ecuador, Sucumbios; **E**, *Caligo atreus*, Colombia, Antiochia; **F**, *Caligo martia*, Brazil, Santa Catarina; **G**, *Caligo oileus*, male on the left (in ventral and dorsal views) and female on the right, from Peru, Huanuco and Ayacucho, respectively; **H**, *Caligo arisbe*, Brazil; **I**, *Caligo beltrao*, Brazil, Santa Catarina.

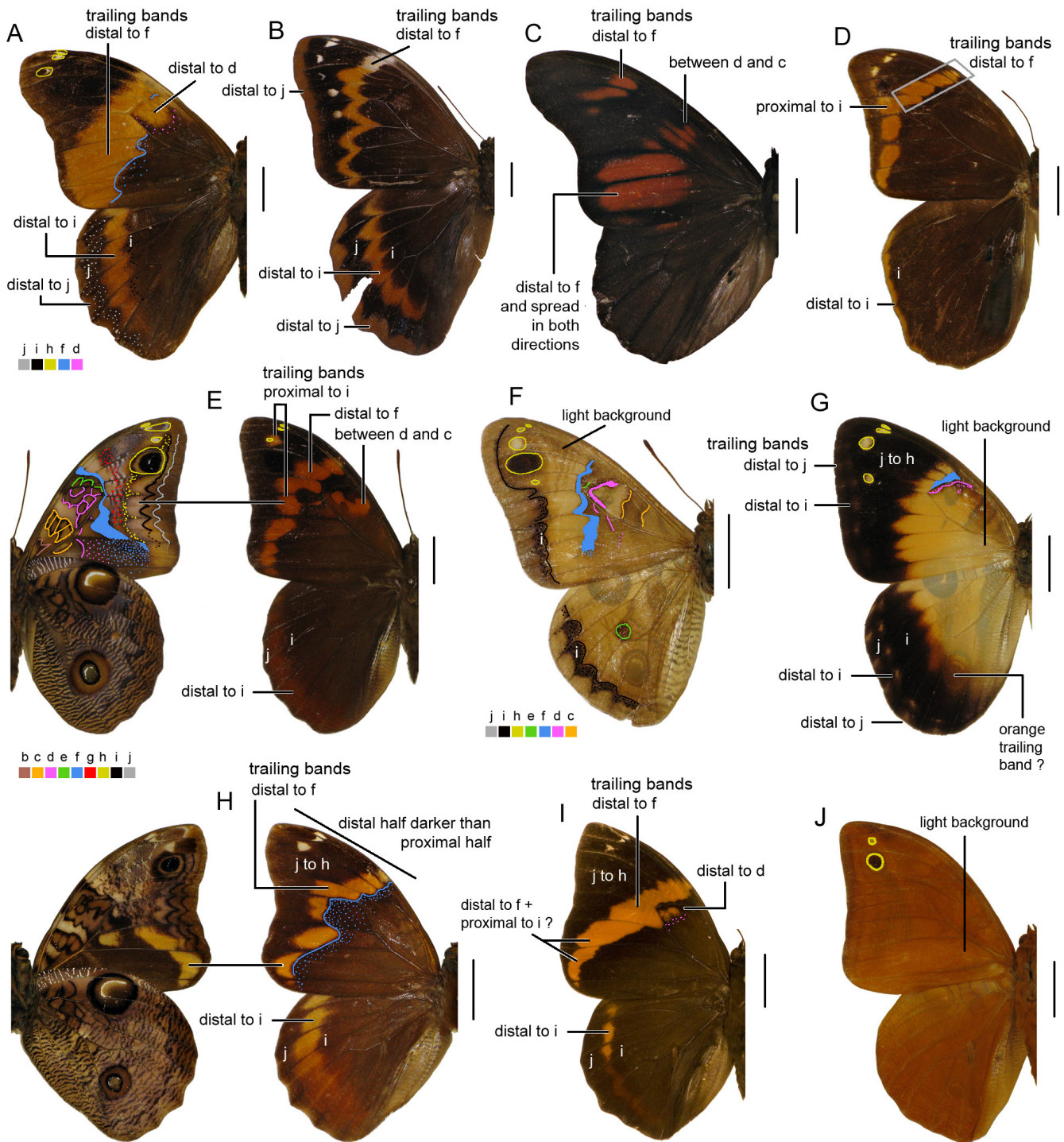


Figure 7. Male wings in dorsal view (except for E and H, left side) indicating color-coded pattern elements and trailing bands. Scale bars: 1 cm. **A**, *Selenophanes cassiope*, Peru, Chanchamayo; **B**, *Selenophanes supremus*, Peru, Chanchamayo; **C**, *Penetes pamphanis*, Brazil, Paraná; **D**, *Catoblepia xanthus*, Brazil, Pará; **E**, *Mielkela singularis*, Mexico, Chiapas, ventral view on the left; **F**, *Orobrassolis ornamentalis*, Brazil, São Paulo; **G**, *Blepolenis bassus*, Brazil; **H**, *Opsiphanes sallei*, Peru, Pasco, ventral view on the left; **I**, *Opsiphanes cassina*, Ecuador, Sucumbios; **J**, *Opsiphanes boisduvallii*, Mexico.

Brassolini wing color patterns

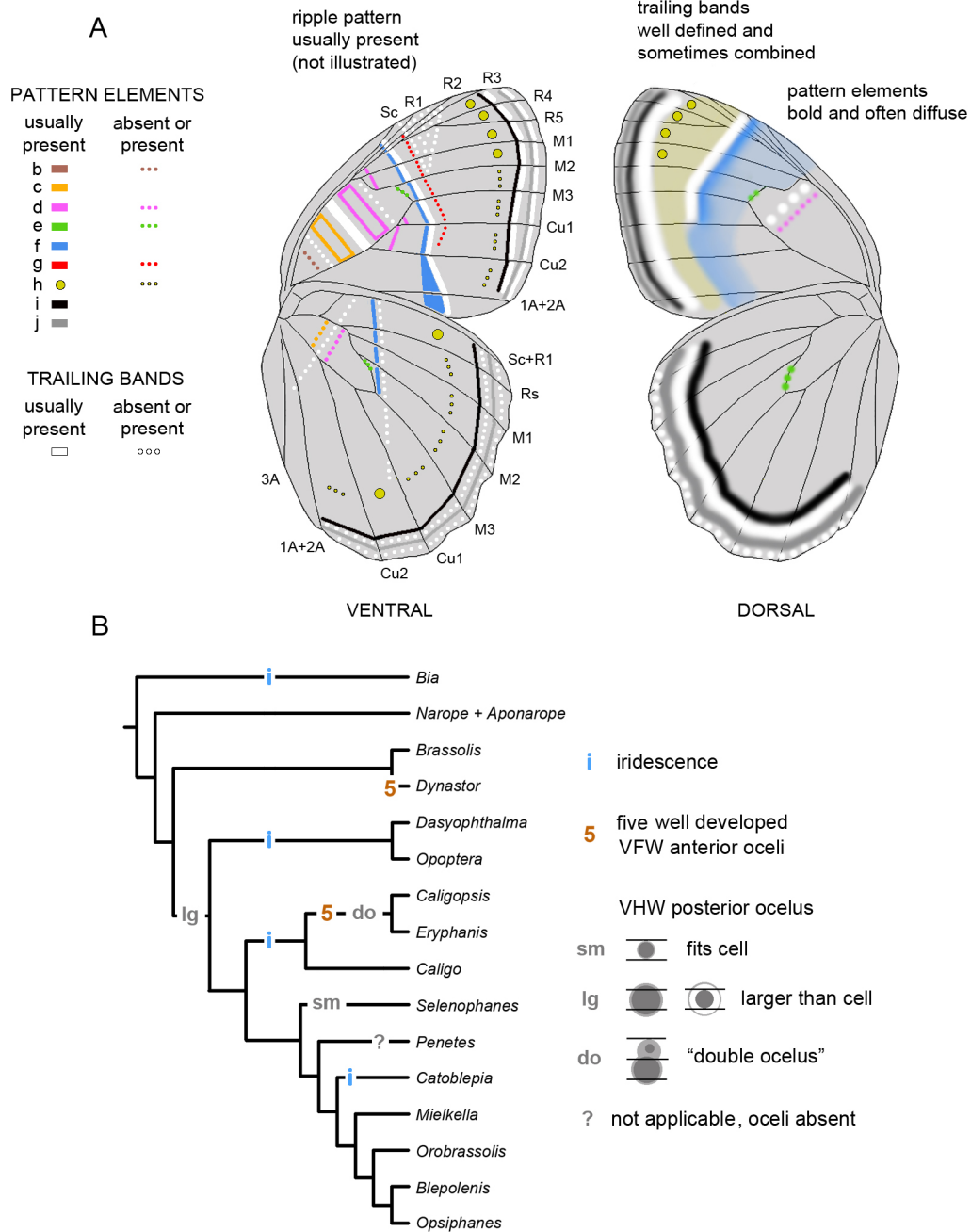


Figure 8. A, Subordinate groundplan for the Brassolini ventral and dorsal wing surfaces. Continuous lines (or a large circle for element *h*) indicate pattern elements or trailing bands that are usually present, and small dots or dotted lines denote those that are often absent. The wing outline corresponds to *Ooptera syme*. **B**, Annotated Brassolini phylogeny on which selected wing color characters have been optimized.

Mielkella singularis (Weymer, 1907) and all *Opsiphanes* have a small and inconspicuous VHW area lacking ripple patterns close to the wing base (Figure 4C, F), which is not present in *Blepolenis* or *Orobrassolis*.

2. Dorsal wing surface

The dorsal color patterns are simpler than those on the ventral surface. They typically include a reduced number of pattern elements, trailing bands, and iridescent patches that are not part of the NGP (Table 2). We selected *Ooptera syme* (Figure 5A) as a starting point for the identification of dorsal pattern elements and trailing bands

for three reasons: (1) its dorsal pale brown background allowed us to identify dark brown pattern elements, (2) its ventral color patterns are well defined and easy to recognize, and (3) dorsal pattern elements are almost perfectly aligned with their ventral homologues. The four pattern elements that can be identified on the DFW of *O. syme* are *f*, *h*, *i*, and *j* (the latter being barely visible in some specimens, absent in others), and elements *i* and *j* are visible on the DHW (Figure 5A, see also Figure 9B). Some of the ventral, pale yellow trailing bands have orange dorsal homologues. By comparing the ventral and dorsal images in Figure 5A, note that the two orange bands on the DFW correspond to VFW trailing bands distal to *f* and proximal to *i* (see

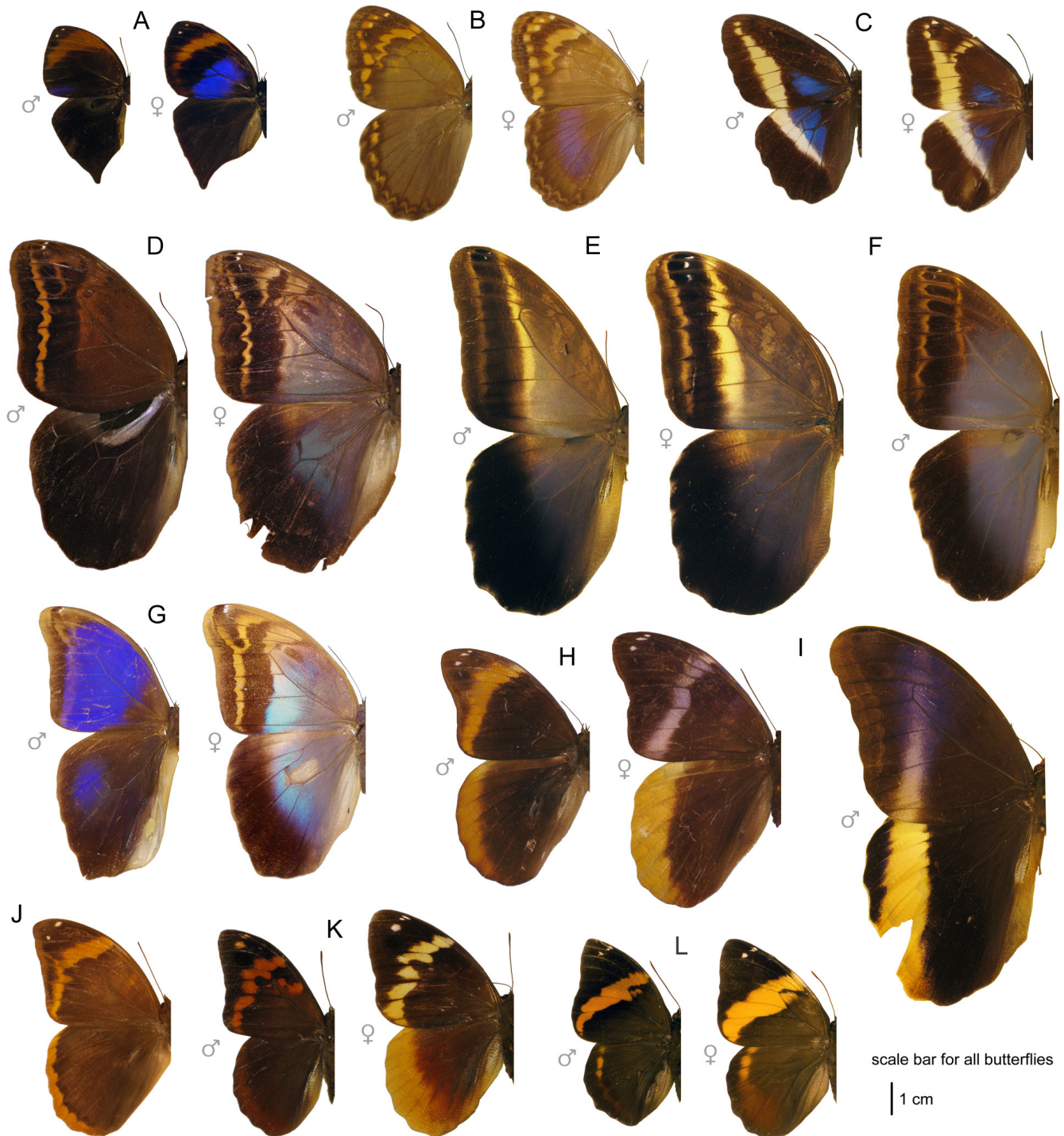


Figure 9. Sample of brassoline species showing sexual dimorphism and color convergence. Scale bar for all images: 1 cm. **A**, *Bia actorion* male, Suriname and female, Ecuador, Sucumbios; **B**, *Opoptera syme* male, Brazil, São Paulo and female (no data); **C**, *Dasyophthalma rusina* male on the left and female on the right, both from South Brazil; **D**, *Caligopsis seleucida* male on the left and female on the right, both from Peru, Madre de Dios; **E**, *Caligo oileus* male on the left and female on the right, from Peru, Huanuco and Ayacucho, respectively; **F**, *Caligo illioneus* male, Ecuador Sucumbios; **G**, *Eryphanis automedon* male on the left and female on the right, from Colombia, Cali and Paraguay, San Juan Caballero, respectively; **H**, *Catoblepia orgetorix championi* male, Panama, Chiriqui and *C. orgetorix magnalis* female Ecuador, Pastaza; **I**, *Caligo atreus* male, Colombia, Antiochia; **J**, *Opoptera staudingeri* male, Costa Rica, Heredia; **K**, *Mielkela singularis* male on the left and female on the right, both from Mexico, Chiapas; **L**, *Opsiphanes cassina* male on the left and female on the right, both from Ecuador, Sucumbios.

Table 1. General description of ventral patterns (all links last accessed 1 April 2013).

Genus	VFW pattern elements	VHW pattern elements	Trailing bands	Ripple pattern	Notes
<i>Bia</i> http://fs.uno.edu/cpenz/bia.html Figure 1A	<i>h</i> present in both sexes, usually 4 ocelli, that below M1 being the largest; females may also show <i>c</i> , <i>d</i> and <i>f</i>	<i>h</i> , <i>i</i> , <i>j</i> present in both sexes, females may also show <i>f</i> ; 3-4 ocelli, that below Cu1 elongated and near wing edge and tail	on the VFW of females between <i>i</i> and <i>j</i> ; on the VHW of both sexes between <i>i</i> and <i>j</i>	striated; widespread on both the VFW and VHW	females may have more sparse VFW ripple pattern thus showing more yellow color and visible pattern elements than males
<i>Narape</i> and <i>Aponarope</i> http://fs.uno.edu/cpenz/harope.html http://fs.uno.edu/cpenz/aponarope.html Figure 1B and D	<i>b</i> to <i>i</i> may be present in both sexes, depending on the species; 4-7 small ocelli; pattern elements usually highly fragmented or blurred, but better defined in <i>N. denticulatus</i> and <i>N. anartes</i> (not illustrated)	<i>c</i> and <i>h</i> present in both sexes; 3 ocelli, anterior and posterior slightly exceeding cell width	visible on both wings when present; variable: delicate (Figure 1B), or well-developed (Figure 1D); considering the group as a whole, most conspicuous in <i>N. nesope</i> and <i>N. denticulatus</i> (not illustrated)	granulated, sparse; widespread on both the VFW and VHW	pattern elements simpler and less developed in females than in males
<i>Brassolis</i> http://fs.uno.edu/cpenz/brassolis.html Figure 1C	<i>c</i> , <i>d</i> , <i>f</i> , <i>h</i> , <i>i</i> and <i>j</i> present in both sexes; the absence of <i>i</i> and <i>j</i> is a diagnostic character for <i>B. haenschi</i> (not illustrated); 4 ocelli, that below M1 being the largest	<i>c</i> and <i>h</i> present in both sexes; 3 ocelli, anterior and posterior slightly exceeding cell width	on VFW of both sexes, distal to <i>d</i> and <i>f</i>	minute, regular dots; widespread on both the VFW and VHW	pattern similar between the sexes
<i>Dynastor</i> http://fs.uno.edu/cpenz/dynastor.html Figure 1E and F	<i>c</i> , <i>d</i> and <i>f</i> vestigial or absent; <i>h</i> present in both sexes; usually 3 ocelli, 5 in <i>D. macrossiris stryx</i> with the three anterior near the wing margin and the posterior more proximally placed, the ocelli can be small (<i>D. darius</i>) or large (<i>D. macrossiris</i>)	<i>h</i> present in both sexes; usually 3 ocelli, 5 in <i>D. macrossiris stryx</i> also found distal to <i>h</i>	on the VFW distal to <i>f</i> , and in <i>D. m. macrossiris</i> and <i>D. m. stryx</i> these are also found distal to <i>h</i>	granulated or striated; widespread on both the VFW and VHW	pattern similar between the sexes; species broadly different from each other ventrally due to the appearance of the ripple pattern and ocelli size
<i>Dasyophthalma</i> http://fs.uno.edu/cpenz/dasyophthalma.html Figure 2A	<i>d</i> and <i>f</i> vestigial or absent; <i>h</i> visible in both sexes, 1 or 2 well developed ocelli (below R5 and below M1); <i>i</i> vestigial, blurry, more conspicuous in females (<i>D. rusina</i> , Figure 2A, and <i>D. geraensis</i> , not illustrated) or absent (<i>D. creusa</i> and <i>D. vertebralis</i> , not illustrated)	<i>h</i> present in both sexes as 2 or 3 well developed ocelli, that below M1 is well developed in <i>D. creusa</i> and <i>D. vertebralis</i> (not illustrated); <i>i</i> vestigial, blurry, or absent	on the VFW distal to <i>f</i> and proximal to <i>i</i> ; on the VHW proximal to <i>i</i> , but vestigial in <i>D. creusa</i> (not illustrated)	striated; widespread on both the VFW and VHW	pattern similar between the sexes
<i>Opoptera</i> http://fs.uno.edu/cpenz/opoptera.html Figure 2B and D	<i>b</i> to <i>i</i> present in both sexes; 4 ocelli, that below M1 being the largest; <i>j</i> present or absent	<i>c</i> , <i>d</i> , <i>f</i> , <i>h</i> , <i>i</i> and sometimes <i>j</i> present in both sexes; usually 4 ocelli, with those below M1 and M2 being rudimentary	on the VFW, present between <i>b</i> and <i>c</i> ; <i>c</i> and <i>d</i> , sometimes within <i>d</i> , distal to <i>f</i> , proximal to <i>i</i> , and sometimes distal to <i>i</i> , distal to <i>i</i> and <i>j</i>	striated; limited between <i>f</i> and <i>h</i> on the VFW	pattern similar between the sexes; female paler than male
<i>Caligopsis</i> http://fs.uno.edu/cpenz/caligopsis.html Figure 2C	<i>b</i> to <i>j</i> present in both sexes, <i>c</i> and <i>d</i> composed of multiple twisted lines inside the discal cell; 5 ocelli, those below M1 and M2 being the largest	<i>d</i> , <i>e</i> , <i>f</i> , <i>h</i> , <i>i</i> and <i>j</i> present in both sexes; <i>i</i> and <i>j</i> located far from the wing margin; 3 ocelli, with the 2 posterior ones being interconnected; <i>f</i> is adjacent to the anterior and posterior ocelli	on the VFW proximal to <i>d</i> , between <i>d</i> and <i>f</i> , distal to <i>i</i> , distal to <i>j</i> ; on the VHW proximal to <i>d</i> , between <i>h</i> and <i>i</i> , distal to <i>i</i>	striated; limited between <i>f</i> and <i>h</i> on the VFW; the region between the anterior and posterior VHW ocelli lacks ripple pattern and, as a result, <i>d</i> is visible inside the discal cell	pattern similar between the sexes; females paler than males
<i>Eryphanis</i> http://fs.uno.edu/cpenz/eryphanis.html Figure 2E and F	<i>b</i> to <i>j</i> present in both sexes, <i>c</i> and <i>d</i> composed of multiple twisted lines inside the discal cell; <i>g</i> absent or present; 5 ocelli, well-developed or rudimentary	<i>d</i> , <i>e</i> , <i>f</i> , <i>h</i> , <i>i</i> and <i>j</i> present in both sexes; <i>i</i> and <i>j</i> located far from the wing margin; 3 ocelli, with the 2 posterior ones being interconnected (the small ocellus below M3 may be absent); <i>f</i> is adjacent to the anterior and posterior ocelli	on the VFW proximal to <i>d</i> , between <i>d</i> and <i>f</i> , distal to <i>i</i> and distal to <i>j</i> in some species; on the VHW proximal to <i>d</i> , between <i>h</i> and <i>i</i> , distal to <i>i</i> and <i>j</i> in some species	striated; limited between <i>f</i> and <i>h</i> on the VFW; the region between the anterior and posterior VHW ocelli lacks ripple pattern and, as a result, <i>d</i> is visible inside the discal cell	pattern similar between the sexes; pattern elements thinner in the <i>automedon-</i> group and wider in the <i>volvizora-</i> group

Table 1. Continued...

Genus	VFW pattern elements	VHW pattern elements	Trailing bands	Ripple pattern	Notes
<i>Caligo</i> http://fs.uno.edu/cpenz/calligo.html Figure 3A, B and C	<i>b</i> to <i>j</i> present in both sexes; <i>c</i> and <i>d</i> usually composed of multiple twisted lines inside the discal cell, but sometimes vestigial (Figure 3A); <i>g</i> absent or vestigial; 4 ocelli, 1-3 well-developed, but element <i>h</i> may be expressed across the entire wing (e.g., Figure 3C)	<i>d</i> , <i>e</i> , <i>f</i> , <i>h</i> , <i>i</i> and <i>j</i> present in both sexes; <i>i</i> and <i>j</i> located far from the wing margin; 2-3 ocelli, small ocellus below M1 sometimes vestigial (Figure 3B) or absent; <i>f</i> may be visible adjacent to the anterior and posterior ocelli in some species	sometimes absent or faded (Figure 3A); on the VFW, may be visible distal to <i>c</i> , distal to <i>f</i> , distal to <i>i</i> ; on the VHW, proximal to <i>d</i> , distal to <i>i</i> and <i>j</i>	striated; on the VFW, variable from widespread (Figure 3A) to localized between <i>f</i> and <i>h</i> (Figure 3B) to nearly absent (Figure 3C); on the VHW, variable from tight striations that are widespread (Figure 3A, B) to loose striations absent from the submedial area (Figure 3C)	pattern similar between the sexes; females paler than males
<i>Selenophanes</i> http://fs.uno.edu/cpenz/selenophanes.html Figure 3D	<i>b</i> to <i>j</i> present in both sexes; <i>c</i> and <i>d</i> composed of multiple twisted lines inside the discal cell; <i>g</i> absent or vestigial; 4-6 ocelli, that below M1 being the largest and most complex	<i>d</i> , <i>h</i> , <i>i</i> and <i>j</i> present in both sexes; anterior ocellus round (<i>S. josephus</i> , not illustrated) or sickle-shaped (Figure 3D); 2-6 ocelli, anterior and posterior well-developed	on the VFW trailing colors interspersed with <i>c</i> and <i>d</i> , and a subtle shade distal to <i>f</i>	striated-granular, present on the distal half of the VFW and throughout the VHW	female colors similar to male but VHW <i>h</i> series may be more visible throughout the VHW
<i>Penetes</i> http://fs.uno.edu/cpenz/penetes.html Figure 3E	pattern elements extremely reduced in both sexes; <i>f</i> , <i>g</i> and <i>h</i> diffuse, barely noticeable	pattern elements extremely reduced in both sexes; <i>h</i> diffuse and barely visible	on the VFW, distal to <i>f</i> (weak)	absent	pattern similar between the sexes; females paler than males
<i>Catoblepia</i> http://fs.uno.edu/cpenz/opsiphanes.html Figs 3F, 4A and B	quite variable among species; <i>b</i> to <i>j</i> present in both sexes of some species, but <i>e</i> , <i>f</i> and <i>g</i> vestigial or absent in others; <i>c</i> and <i>d</i> may be simple or intricate inside the discal cell; 4 ocelli, that below M1 being the largest	in both sexes <i>c</i> , <i>d</i> , <i>f</i> , <i>h</i> , <i>i</i> , and <i>j</i> present and <i>f</i> may be vestigial (Figure 3F); 2-6 ocelli, depending on the species (compare Figure 4A and B); pattern elements quite variable among species	quite variable among species; on the VFW of <i>C. xanthus</i> (Figure 3F) trailing colors are subdued distal to <i>f</i> and proximal to <i>i</i> , and are diffuse on the VHW; in <i>C. orgetorix</i> (Figure 4A) they are prominent on the VFW between <i>b</i> and <i>c</i> , <i>c</i> and <i>d</i> , distal to <i>f</i> , and proximal to <i>i</i> and are diffuse on the VHW	striated to granular, variable in contrast from faded to bold; present on the VFW discal cell and space between <i>f</i> and <i>h</i> , and throughout the VHW	pattern similar between the sexes; females may be paler than males
<i>Mielkella</i> http://fs.uno.edu/cpenz/mielkella.html Figure 4C	<i>b</i> to <i>j</i> present in both sexes; 4 ocelli, that below M1 being the largest	<i>b</i> , <i>c</i> , <i>d</i> , <i>e</i> , <i>f</i> , <i>h</i> , <i>i</i> , <i>j</i> present in both sexes; <i>i</i> and <i>j</i> fragmented; 2-3 ocelli, the anterior being the largest, and that below M2 may be vestigial or absent	on the VFW, visible between <i>c</i> and <i>d</i> , distal to <i>f</i> and proximal to <i>i</i> ; poorly developed on the VHW for a localized region near the wing base	striated; limited to a narrow stripe between <i>f</i> and <i>h</i> on the VFW, present throughout the VHW except for a localized region near the wing base	pattern similar between the sexes; females paler than males
<i>Orobassolis</i> http://fs.uno.edu/cpenz/orobassolis.html Figure 4D	<i>b</i> , <i>c</i> , <i>d</i> , <i>e</i> , <i>f</i> , <i>h</i> , <i>i</i> present in both sexes; 3-4 ocelli, that below M1 being the largest	<i>b</i> , <i>c</i> , <i>d</i> , <i>e</i> , <i>f</i> , <i>h</i> , <i>i</i> present in both sexes, but <i>f</i> barely noticeable and <i>i</i> fragmented; 2 ocelli, the anterior being the largest	on the VFW, visible between <i>b</i> and <i>c</i> , <i>c</i> and <i>d</i> , distal to <i>f</i> ; and distal to <i>i</i> ; on the VHW, visible between <i>b</i> and <i>c</i> , and <i>c</i> and <i>d</i>	striated; limited to a narrow stripe between <i>f</i> and <i>h</i> on the VFW, present throughout the VHW	pattern similar between the sexes; females may be slightly paler than males
<i>Blepolenis</i> http://fs.uno.edu/cpenz/blepolenis.html Figure 4E	<i>b</i> to <i>j</i> present in both sexes; <i>h</i> particularly well developed across the entire wing, forming a dark band that is unique to <i>Blepolenis</i> among all brassoline genera; 4-5 ocelli, that below M1 being the largest	<i>c</i> , <i>d</i> , <i>e</i> , <i>f</i> , <i>h</i> , <i>i</i> , <i>j</i> present in both sexes; <i>j</i> fragmented; 2 ocelli of approximately the same size	on the VFW, visible between <i>b</i> and <i>c</i> , <i>c</i> and <i>d</i> , and distal to <i>f</i> ; on the VHW, visible between <i>b</i> and <i>c</i> , distal to <i>f</i> , proximal and distal to <i>i</i>	striated; limited to a triangle between <i>g</i> and <i>h</i> on the VFW, females paler than males	pattern similar between the sexes; females paler than males
<i>Opsiphanes</i> http://fs.uno.edu/cpenz/opsiphanes.html Figure 4F	<i>b</i> to <i>j</i> visible in both sexes; 3-4 ocelli, that below M1 being the largest	<i>b</i> , <i>c</i> , <i>d</i> , <i>e</i> , <i>f</i> , <i>h</i> , <i>i</i> , <i>j</i> present in both sexes, but <i>f</i> and <i>e</i> vestigial or absent, and <i>i</i> and <i>j</i> fragmented; 2 ocelli, the anterior usually larger	variable among species from being nearly absent (<i>O. cassiae</i> , not illustrated) to quite conspicuous (e.g., <i>O. cassina</i> , not illustrated); on the VFW, visible distal to <i>f</i> below M3 or Cu1, and may also be present distal to <i>d</i> (Figure 4F); usually absent or very faint on the VHW (except for <i>O. blythekatzmilleriae</i> , not illustrated)	striated; between <i>f</i> and <i>h</i> on the VFW, present throughout the VHW, but sometimes absent from the VHW base	pattern similar between the sexes; females paler than males

Table 2. General description of dorsal patterns (all links last accessed 1 April 2013).

Genus	DFW pattern elements	DHW pattern elements	Trailing bands	Iridescence	Sexual dimorphism
<i>Bia</i> http://fs.uno.edu/cpenz/bia.html Figure 5B	difficult to identify due to dark brown background; <i>h</i> present as three anterior ocelli near wing outer edge	difficult to identify due to dark brown background	on the DFW, one trailing band distal to <i>f</i> ; absent on the DHW	<i>Male</i> : depending on the species, a strongly iridescent patch near DFW tornus, a strongly iridescent patch occupying most of the DHW, or no visible iridescence <i>Female</i> : depending on the species, a large, diffuse iridescent patch in the posterior portion of the DFW medial area, accompanied or not by a small diffuse iridescent patch centrally on the DHW	coloration clearly dimorphic due to differences in iridescence; wing shape similar between the sexes
<i>Narape</i> and <i>Aponarape</i> http://fs.uno.edu/cpenz/narape.html http://fs.uno.edu/cpenz/aponarape.html Figure 5D	some species are homogeneously brown, so pattern elements could not be identified (e.g., <i>N. cyllastros</i> , not illustrated); <i>d</i> to <i>j</i> (minus <i>g</i>) are visible in some species (e.g., <i>N. cyllastros</i> , Figure 5D); <i>N. guilthermei</i> (not illustrated) is exceptional in which all pattern elements seem to be present dorsally, especially in the female	some species are homogeneously brown, so pattern elements could not be identified; when pattern elements are visible, typically <i>e</i> , <i>i</i> and <i>j</i> only can be identified	absent from DFW and DHW; we hypothesize that the orange patches present in <i>N. guilthermei</i> (not illustrated) constitute background coloration not covered by the bold dorsal pattern elements	absent from both sexes	some species clearly dimorphic; others mildly dimorphic in color; wing shape dimorphic
<i>Brassolis</i> http://fs.uno.edu/cpenz/brassolis.html Figure 5C	<i>d</i> to <i>j</i> (minus <i>g</i>) are visible	<i>i</i> and <i>j</i>	on the DFW, distal to <i>d</i> and distal to <i>f</i> , amalgamated but <i>f</i> sometimes visible at the edge of the discal cell; on the DHW, distal to <i>i</i>	absent from both sexes	mildly dimorphic in color; wing shape dimorphic
<i>Dynastor</i> http://fs.uno.edu/cpenz/dynastor.html Figure 5E	possibly <i>f</i> to <i>j</i> (minus <i>g</i>) given that the distal portion of the wing is darker than the basal to medial area	<i>i</i> only, or <i>i</i> and <i>j</i> faintly visible	on the DFW, a broken band distal to <i>f</i> ; and a continuous band distal to <i>j</i> ; on the DHW, distal to <i>i</i> and distal to <i>j</i>	absent from both sexes	mildly dimorphic in color; wing shape slightly dimorphic
<i>Dasyophthalma</i> http://fs.uno.edu/cpenz/dasyophthalma.html Figure 5F	difficult to identify from the brown background, <i>h</i> barely visible in female <i>D. rusina</i> only (Figure 5F, left image)	<i>i</i> and <i>j</i> faintly visible, slightly darker brown than the rest of the wing	on the DFW, bands distal to <i>f</i> and between <i>f</i> and <i>i</i> ; on the DHW, a band proximal to <i>i</i>	present in the post-basal and posterior area of the DHW of both sexes of <i>D. rusina</i> and <i>D. geraensis</i> , females having smaller patches	dimorphic in color mostly due to the anterior trailing band distal to <i>f</i> present in females, but the band between <i>f</i> and <i>i</i> is more tilted diagonally in males; wing shape slightly dimorphic
<i>Opoptera</i> http://fs.uno.edu/cpenz/opoptera.html Figure 5A	<i>f</i> to <i>j</i> (minus <i>g</i>) are visible in some species (e.g., <i>O. syme</i> Figure 5A), but in others the wing background is dark and only <i>h</i> and sometimes <i>i</i> can be identified	<i>i</i> only, or <i>i</i> and <i>j</i>	on the DFW, bands distal to <i>f</i> and proximal to <i>i</i> ; on the DHW, a band distal to <i>i</i> and sometimes one distal to <i>j</i>	absent from males; a patch present on the DHW of <i>O. syme</i> females; widespread and very faint iridescence present on both wings of female <i>O. aorsa</i> and <i>O. hilaris</i>	species vary in being monomorphic (females only slightly paler in <i>O. sulcius</i> and <i>O. frustorferi</i>) to mildly dimorphic; wing-shape similar between males and females
<i>Caligopsis</i> http://fs.uno.edu/cpenz/caligopsis.html Figure 6A	<i>d</i> to <i>j</i> (minus <i>g</i> ; <i>e</i> absent or present); <i>h</i> present as anterior ocell becoming a bold band posteriorly	difficult to identify from the brown background, but <i>i</i> and <i>j</i> can be seen in the female in Figure 6A	on the DFW, bands distal to <i>d</i> , distal to <i>f</i> , proximal to <i>i</i> , proximal to <i>j</i> are visible in the female, but only the latter two can be identified in the male; on the DHW, a faint band is visible distal to <i>j</i> on the female	faint iridescence on the medial to basal area of both wings in the female; males of some locations display iridescence that is stronger than in females	dimorphic in color; wing-shape similar between males and females, but male forewing posterior margin bowed
<i>Eryphanis</i> http://fs.uno.edu/cpenz/eryphanis.html Figure 6B and C	difficult to identify from the brown background; <i>h</i> present as three to five anterior ocelli	difficult to identify from the brown background; <i>i</i> only, or <i>i</i> and <i>j</i> are sometimes visible	on the DFW, bands distal to <i>f</i> , proximal to <i>i</i> and distal to <i>j</i> are absent or present depending on the species; on the DHW, a band distal to <i>i</i> is absent or present depending on the species	variable between the sexes and between species; when clear blue iridescence is present in both sexes, it is stronger in the male than in the female sex; in some species the male has a sheen that gives out a faint insinuation of iridescence (Figure 6B), while the females clearly have pale blue iridescent areas on both wings	dimorphic in color; wing shape similar between males and females

Table 2. Continued...

Genus	DFW pattern elements	DHW pattern elements	Trailing bands	Iridescence	Sexual dimorphism
<i>Caligo</i> http://fs.uno.edu/cpenz/caligo.html Figure 6D to I	<i>d</i> to <i>j</i> or <i>h</i> to <i>j</i> (minus <i>g</i> ; <i>e</i> absent or present); in some species <i>h</i> is present as anterior ocelli becoming a bold band posteriorly	difficult to identify from the brown background, but <i>i</i> and <i>j</i> can be seen in some species	on the DFW, a band distal to <i>f</i> is present in several species, proximal to <i>i</i> in some, and distal to <i>d</i> in <i>C. marita</i> (Figure 6F); two species have a band distal to <i>i</i> on the DHW (<i>C. atreus</i> , Figure 6E; and <i>C. uranus</i> , not illustrated), and that of <i>C. oberthurii</i> (not illustrated) seems to be located proximal to <i>i</i> ; some species are hypothesized to have light or colorful background that produces a similar appearance to trailing bands	in both sexes, absent or present in one wing only or both	mildly dimorphic in color; wing shape similar between males and females
<i>Selenophanes</i> http://fs.uno.edu/cpenz/selenophanes.html Figure 7A and B	difficult to identify from the brown background, presumably <i>d</i> to <i>j</i> or <i>h</i> to <i>j</i> (minus <i>g</i>); <i>h</i> forms a long series of spots in <i>S. supremus</i> (Figure 7B)	difficult to identify from the brown background	on the DFW, a band distal to <i>f</i> only, or combined with one distal to <i>d</i> ; on the DHW, bands distal to <i>i</i> and distal to <i>j</i> present or absent	absent from both sexes	monomorphic to mildly sexually dimorphic in color; wing shape similar between males and females
<i>Penetes</i> http://fs.uno.edu/cpenz/penetes.html Figure 7C	difficult to identify from the brown background	difficult to identify from the brown background	on the DFW, a discontinuous band distal to <i>f</i> and another between <i>c</i> and <i>d</i> ; on the DHW, a spot near the anterior margin that presumably corresponds to the band distal to <i>i</i>	absent from both sexes	monomorphic in color, but females slightly paler than males; wing shape similar between males and females
<i>Catoblepia</i> http://fs.uno.edu/cpenz/catoblepia.html Figs 7D	difficult to identify from the brown background, presumably <i>d</i> to <i>j</i> or <i>f</i> to <i>j</i> (minus <i>g</i>); <i>h</i> usually appears as white spots above M1 and an ocellus below this vein, more spots are occasionally present below M2	difficult to identify from the brown background; <i>i</i> and <i>j</i> , or <i>i</i> only, presumably present	on the DFW, a continuous or broken band distal to <i>f</i> combined with one proximal to <i>i</i> ; on the DHW, a band distal to <i>i</i> that may or may not reach the wing margin	absent from both sexes	wing shape similar between males and females but variable between species
<i>Mielkella</i> http://fs.uno.edu/cpenz/mielkella.html Figure 7E	difficult to identify from the brown background, presumably <i>d</i> to <i>j</i> (minus <i>g</i>); <i>h</i> usually appears as small spots above M1 and a faint ocellus below this vein	difficult to identify from the brown background; <i>i</i> and <i>j</i> presumably present	on the DFW, a band distal to <i>f</i> combined with one proximal to <i>i</i> ; on the DHW, a band distal to <i>i</i>	absent from both sexes	sexual dimorphism in wing color and shape
<i>Orobassolis</i> http://fs.uno.edu/cpenz/orobassolis.html Figure 7F	<i>c</i> to <i>i</i> (minus <i>g</i>); <i>h</i> appears as small white spots above M1 an ocellus below this vein and a white spot below M2	<i>e</i> and <i>i</i>	difficult to identify due to the light background	absent from both sexes	monomorphic, but females slightly paler; wing shape similar between males and females
<i>Blepolenis</i> http://fs.uno.edu/cpenz/blepolenis.html Figure 7G	<i>d</i> to <i>j</i> (minus <i>g</i>); <i>h</i> appears as small white spots above M1 a faint brown ocellus below this vein and one or two white spots below M2	<i>i</i> and <i>j</i>	difficult to identify due to the light background; it is possible that the diffuse dark orange edges of the blended pattern elements could be a trailing band	absent from both sexes	mildly sexually dimorphic in color; wing shape similar between males and females, but female wings slightly broader
<i>Opsiphanes</i> http://fs.uno.edu/cpenz/opsiphanes.html Figure 7H to J	for most species, difficult to identify from the brown background, presumably <i>d</i> to <i>j</i> or <i>f</i> to <i>j</i> (minus <i>g</i>); <i>h</i> usually appears as white spots above M1 and a faint ocellus below this vein; <i>h</i> only in <i>O. boisduvallii</i> , <i>blythekitzmillerae</i> and <i>i</i> in <i>O. blythekitzmillerae</i>	for most species, difficult to identify from the brown background; <i>i</i> and <i>j</i> presumably present; all pattern elements absent in <i>O. boisduvallii</i> , <i>i</i> only present in <i>O. blythekitzmillerae</i>	on the DFW, a band distal to <i>f</i> possibly blended with one proximal to <i>i</i> ; on the DHW, a band distal to <i>i</i> is usually present; absent from <i>O. boisduvallii</i> and <i>O. blythekitzmillerae</i>	absent from both sexes	mildly sexually dimorphic in color; wing shape dimorphic

horizontal lines connecting the images). The trailing band distal to *f* is shorter and more diffuse on the DFW than on the VFW. A diffuse and broken band is located distal to *i* on DHW, and its ventral homologue is better defined. *Ooptera syme* females show a faint iridescent patch on the DHW that is not associated with any of the NGP pattern elements (Figure 9B). The fortuitous dorsal coloration of this species allowed us to build a comparative framework used to interpret the dorsal patterns of other brassolines (Figures 5-7).

Few pattern elements can be identified on the dorsal wing surface (Table 2). Visible pattern elements are broad and diffuse, usually blending with the brown wing background (Figures 5-7). Therefore, in species with predominantly dark brown wings, identification of pattern elements was not possible (e.g., *Bia*, Figure 5B; *Penetes*; Figure 7C; Table 2). *Orobrassolis* constitutes an exception where the pale wing background allowed for the identification of six pattern elements on the DFW (*c*, *d*, *e*, *f*, *h*, and *i*; Figure 7F). Element *f* and those distal to it are generally expressed on the DFW except for *g*, and the homogeneously dark distal half of the DFW of some taxa suggests that such pattern elements blend together (e.g., *Opsiphanes*, Figure 7H, I). Nonetheless, elements *c* and *d* are visible on the DFW of some taxa (*Brassolis*, Figure 5C; *Caligopsis*, Figure 6A; *Orobrassolis*, Figure 7F; *Blepolenis*, Figure 7G). Element *h* usually appears as a series of two or three anterior, simple spots and one diffuse oculus below M1. However, additional spots are found in some species (e.g., *Selenophanes supremus* Stichel, 1901; Figure 7B), or *h* may be extended across the entire DFW in others (e.g., *Caligo eurilochus* and *C. oileus* C. Felder & R. Felder, 1861; Figure 6D, G). Most brassolines seem to lack pattern elements proximal to *i* on the DHW, but *e* is present in a few taxa (*Narope*, Figure 5D; *Orobrassolis*, Figure 7F). In contrast to other brassolines, element *e* is present on both the DFW and DHW of most species of *Narope* (Figure 5D). The dark distal portion of the DHW of some species of *Caligo* (e.g., *C. eurilochus*, Figure 6D) expands over an area that includes element *h* on the ventral surface. Although it is possible that *h* might be present on the dorsal surface of such species, we conservatively interpreted all brassolines as lacking *h* on the DHW.

Light-colored trailing bands constitute a highly visible component of the dorsal brassoline coloration because they contrast the brown wing background. As shown in Figures 5-7 (see also Table 2), these bands are found on both wings, varying in position, width, length, amalgamation, color, and intensity. Most brassolines have a band across the DFW, and the two main components of this band can be easily identified in *Ooptera syme* (Figure 5A); i.e., the trailing bands distal to *f* and proximal to *i*. Amalgamation of the same two DFW trailing bands in *Ooptera staudingeri* (Godman & Salvin, 1894) (Figure 9J) result in a single, continuous, curved band, an arrangement that is also found in *Catoblepia* (example in Figure 7D). Some taxa have a band distal to element *d* that blends with that distal to *f* (e.g., *Brassolis*, Figure 5C; *Caligo martia* (Godart, 1824), Figure 6F; *Selenophanes cassiope*, Figure 7A). A band between DFW elements *c* and *d* is present in a few species (e.g., *Mielkella singularis*, Figure 7E). Regarding the DHW, when a trailing band is present, it usually corresponds to that distal to element *i* (Figures 5A, C, E; 6B, E; 7A, D to H), and sometimes a faded band distal to *j* is also visible (Figure 7A, G). *Dasyophthalma* is unusual in having a trailing band located proximal to element *i* (Figure 5F).

Dorsal iridescence is present in species of seven genera, in both sexes or one sex only (Table 2). Among the species and specimens examined here, iridescence is found in both sexes of some species of *Bia*, *Dasyophthalma*, *Eryphanis*, *Caligo* and *Catoblepia orgetorix* (Hewitson, 1870), being more intense in males. Female-limited faint iridescence is visible on the DHW of *Ooptera syme* (Figure 9B) and both wings of *O. aorsa* (Godart, 1824) and *O. hilaris* Stichel, 1901

(not illustrated), *Caligopsis seleucida* (Figure 9D; but an iridescent male is illustrated by D'Abrera 1987), and *Catoblepia soranus* (Westwood, 1851) (not illustrated).

3. Subordinate groundplan for Brassolini

Figure 8A summarizes the proposed subordinate groundplan for Brassolini. Pattern elements and trailing bands represented by solid lines or large circles are typically present, and those indicated by dotted lines are often absent. Pattern elements are narrower and more clearly defined on the ventral than on the dorsal wing surfaces, where they are broad and diffuse. While the ventral wing coloration is derived mostly from pattern elements and ripple patterns, trailing bands constitute the most visible component of the dorsal surface.

The number of visible pattern elements decreases progressively from the VFW to the VHW, and DFW to the DHW. Pattern elements *c*, *d*, *f*, *h*, *i* and *j* are usually expressed on the VFW, and *e* and *g* are visible in fewer of the examined species. Elements *c* and *d* vary from straight lines to a complex web of interlocking lines, and they fill a large portion of the wing surface together with *f*. Round ocelli are typically visible above vein M2, and *h* may be irregularly shaped or absent below that vein. Elements *i* and *j* are typically thin and may fade towards the VFW tornus. Pattern element *h* is the dominant feature of the VHW. It can be expressed as a series of simple or complex round ocelli, but most species display two complex ocelli (anterior and posterior) that flank several irregular markings. Although *f*, *i* and *j* are often expressed, element *f* is usually visible on the anterior portion of the wing only, and *i* and *j* interact with the ripple pattern and appear more diffuse than their VFW counterparts. The DFW groundplan includes few pattern elements, typically *f* and those distal to it, except for *g*. We hypothesize that element *g* is absent from the DFW based on the dorsal patterns of *Ooptera syme* (Figure 5A) and other species that have a light background color (e.g., Figures 5D; 6D, G, H; 7F, G, J), and also because *g* is often missing from the VFW. Finally, most pattern elements are absent from the DHW, and most species display a combination of elements *i* and *j* plus a trailing band (*e* is found in a few taxa).

The ventral color patterns of *Narope*, *Aponarope* and *Penetes* are unusual within Brassolini, and depart from the groundplan. While well developed in other members of the tribe, the border ocelli of *Narope* and *Aponarope* appear as small spots that blend with their unique, finely granular ripple pattern, and the pattern elements are highly fragmented in these genera (Figure 1B, D). In *Penetes*, the few pattern elements present are diffuse and barely noticeable, and ripple patterns are also lacking (Figure 3E). Intervenous stripes that are not part of the NGP are visible inside *Penetes* VFW discal cell (3 stripes) and VHW discal cell (one stripe). Incidentally, the dark intervenous stripes in *Penetes* are indicative of unpigmented intervenous stripes that distort certain pattern elements in other brassolines. For example, in the VFW discal cell of *Selenophanes* (Figure 3D) element *c* appears as a series of four contiguous circles that possibly result from distortions from three intervenous stripes.

The wing background color of most brassolines is brown, but some taxa are notably different. We hypothesize that the vivid dorsal coloration of some species of *Narope* (Figure 5D), the two *Orobrassolis* (Figure 7F), *Opsiphanes blythekitzmilleriae* Austin & A. Warren, 2007 (not illustrated) and *O. boisduvallii* Doubleday, 1849 (Figure 7J) results from a change in background color, with an extreme reduction in the expression of dorsal pattern elements in the two *Opsiphanes*. The dorsal colors of some species of *Caligo* (e.g., Figure 6H) and all *Blepolenis* (Figure 7G) can also be interpreted as a change in background coloration, and the bold dorsal pattern elements *f* to *j* (minus *g*) are particularly well developed and bold in *Blepolenis*. This fortuitous variation in background color further

supports our hypothesis that many pattern elements are absent from the dorsal wing surface of brassolines, especially the DHW.

4. Dorsal sexual dimorphism and color pattern convergence

In most brassoline species, males and females are only mildly dimorphic in their dorsal colors, and have similar wing shape (Table 2). Mild color dimorphism results from females having more clearly defined dorsal pattern elements and / or trailing bands than males. For example, in some *Caligo* (e.g., *C. oileus*; Figures 6G, 9E) both the dorsal pattern elements and trailing bands are more visible in females. The slight iridescence of some female *Opoptera* (Figure 9B) and *Catoblepia* (not illustrated), or slightly wider and paler trailing bands of *Opsiphanes* (Figure 9L) can also be considered mild color dimorphism.

There are instances in which dorsal colors and wing shape are clearly different between the sexes (Table 2). The genus *Bia* is an interesting case in which obvious sexual differences can occur on both the dorsal and ventral wing surfaces. The DFW orange trailing band and iridescent patch are positioned more distally in the males, and females have a less intense, but larger iridescent patch extending through the discal cell in the medial area of the wing (Figure 9A; male iridescence may be absent in some forms). In some locations, the female VFW has reduced ripple patterns distal to element *f* such that the distal portion of the hind wing has a predominantly yellow appearance (not illustrated). Within *Narope*, *N. guilhermei* Casagrande, 1989 (not illustrated) is the most notable for color differences between the sexes, but males and females differ in wing shape in all species. Sexual dimorphism in *Dasyophthalma* results from differences in the DFW trailing band distal to *f* that is present in females only, and also the larger, more intense iridescent patches in males of two species (Figures 5F, 9C). In some *Eryphanis*, males are much more intensely iridescent than females (Figure 9G). Differences in wing shape plus the colors and width of trailing bands produces strong sexual dimorphism in *Mielkella singularis* (Figure 9K).

In a few cases, strong sexual dimorphism is intertwined with dorsal color convergence across genera. Female *Catoblepia orgetorix orgetorix*, *C. orgetorix magnalis* Stichel, 1902 and *C. orgetorix championi* Bristow, 1981 (Figure 9H), and both sexes of *C. orgetorix rothschildi* Casagrande & Lamas, 2004, resemble *Caligo atreus* (Kollar, 1850) and depart strongly from the typical *Catoblepia* phenotype (Figure 9I). This resemblance to *C. atreus* can be achieved with few phenotypic modifications: (1) all dorsal female trailing bands become lighter in color, (2) the DFW trailing bands are amalgamated and positioned closer to the medial area of the wing, (3) a patch of iridescent scales is superimposed onto the DFW trailing band, and (4) the DHW trailing band becomes wider, reaching the wing edge. The monomorphic *Opoptera staudingeri* differs from close relatives in the *aorsa*-group by lacking hind wing tails and in the continuous, relatively wide DFW and DHW trailing bands. Such modifications yield a resemblance to species of *Catoblepia* (compare Figure 9J and H). Finally, due to their dorsal iridescence, *Caligopsis seleucida* females (Figure 9D) more closely resemble some *Caligo* (Figure 9F) than the conspecific male.

Discussion

This study represents the first comprehensive examination of color pattern diversity in the tribe Brassolini. Here we describe the expression of pattern elements across all genera, and propose a subordinate groundplan for the tribe (Figure 8A). Much variation was found on the ventral forewing surface, with the number of visible pattern elements ranging from one to nine. Except for *Penetes*, ripple

patterns were prevalent on the ventral hind wing and expressed to a lesser extent on the ventral forewing, varying from sharply striated, to blurry, or granular. On the dorsal wing surface pattern elements are broader and more diffuse than on the ventral surface (bold, *sensu* Nijhout & Wray 1986), and are often amalgamated. Furthermore, fewer pattern elements are identifiable on the dorsal than on the ventral surface (Figure 8A). The dorsal forewing typically includes *f*, *h*, *i* and *j*, but *e* and *d* are sometimes visible. The dorsal hind wing lacks most pattern elements, usually displaying only *i* and *j*. We hypothesize that the dorsal white, yellow or orange trailing bands might be associated with particular pattern elements, and they constitute an important feature of the brassoline groundplan. Finally, iridescent bands do not correspond to NGP elements, but may be superimposed onto them. The presence and intensity of iridescence is quite variable, appearing in different areas of the wing, and evolving independently in four separate Brassolini lineages (*sensu* Penz 2007) when optimized onto the tree using parsimony (*Bia*-clade, *Opoptera*-clade, *Caligo*-clade and *Opsiphanes*-clade; Figure 8B).

The dorsal and ventral wing surfaces of brassolines differ in the number of identifiable pattern elements, and occasionally in their background color. Similar to what Nijhout & Wray (1986) described for *Charaxes* (*Charaxinae*, sister to *Satyrinae* which includes Brassolini; Wahlberg et al. 2009), brassoline ventral pattern elements are narrower, better defined and easier to identify than the dorsal ones, which are broad and sometimes diffuse. While dorsal and ventral surfaces contain the same set of pattern elements in *Charaxes* (Nijhout & Wray 1986, p.400), we hypothesize that in most brassolines fewer elements are present dorsally, particularly on the hind wing (Figure 8A). This hypothesis is based on an inter-related series of comparative observations. First, the yellow or orange dorsal wing background color of some species markedly differs from the typical brown. This greatly facilitated the identification of pattern elements that were present, and also revealed that some were absent (e.g., *Narope cyllastros* Doubleday, 1849, Figure 5D; *Opsiphanes boisduvallii*, Figure 7J). Second, only distal pattern elements could be identified in several species that have pale brown dorsal background (e.g., *Opoptera syme*, Figure 5A; *Caligopsis seleucida*, Figure 6A; *Caligo oileus*, Figure 6G). Third, in some species the distal half of the wings is darker than the proximal half, suggesting that distal pattern elements are bold/amalgamated as in *Charaxes* (Nijhout & Wray 1986), while proximal ones are not expressed (e.g., *Brassolis*, Figure 5C; *Opsiphanes sallei* Doubleday, 1849; Figure 7H). As an alternative hypothesis, it may be that the dorsal background color changes as a gradient across the wing as in *C. eurilochus* (Figure 6D). However, the dorsal pattern of *C. eurilochus* seems to constitute a dull version of *C. arisbe* Hübner, 1822 (Figure 6H), where the yellow background highlights the same dorsal elements also present in *C. eurilochus*, especially the female.

Many nymphalid species have different dorsal and ventral background colors, and this is also the case in some brassolines. *Opsiphanes blythekitzmilleriae* and *O. boisduvallii* constitute an interesting example because their orange-yellow dorsal background color is strikingly different from other species in the genus. Furthermore, while the ventral background color of *O. blythekitzmilleriae* conforms to that of other *Opsiphanes*, *O. boisduvallii* has an orange-yellow ventral background similar to its dorsal color. Rountree & Nijhout (1995) described the genetic control of ventral hind wing background color in *Junonia coenia* Hübner, 1822 (= *Precis coenia*; *Nymphalinae*). This species exhibits seasonal polyphenism (light vs. dark ventral hind wing color), but a recessive allele at a single locus restricts the phenotype to a dark ventral hind wing background color. This suggests the change in

ventral background color in *O. boisduvallii* may have a simple genetic control.

Within Brassolini, the expression of border ocelli (*h*) varies between the forewing and hind wing, and between the antero-posterior axis and dorso-ventral surfaces of each wing. The ventral forewing element *h* typically appears as a series of distinctive light colored spots and / or complex ocelli anterior to vein M2, and is either absent or composed of brown spots, blotches, diamonds or lines posterior to that vein. As an exception, a complex ocellus posterior to M2 is only found on the ventral surface of *Dynastor* and *Caligopsis* + *Eryphanis*, representing a developmental parallel given that these genera belong to two separate clades (Penz 2007; Figure 8B). The antero-posterior modifications of *h* support the proposal that reduced covariance and genetic correlations between wing cells allow differential expression of serial homologues (Paulsen 1994; Nijhout 1994, 2001; but see also Monteiro et al. 1997, Monteiro 2008). Although diffuse and subdued, the ventral forewing expression of element *h* is mirrored on the dorsal forewing. In contrast, the prominent ventral hind wing ocelli lack dorsal homologues, thus demonstrating dorso-ventral independence of pattern formation.

We observed considerable variation in the number and size of the ventral hind wing ocelli and their putative interaction with adjacent pattern elements or other color components. In the majority of brassolines, the ventral hind wing ocelli located below veins Sc+R1 and Cu1 (anterior and posterior ocelli) are the largest and most complex, while those in other cells are smaller, simpler, vestigial, or absent. The absence of ocelli below veins M3 and Cu2 seems to have preceded and facilitated the increase in size of the posterior ocellus in several taxa, *Caligo* being the most obvious example (Figure 3A, B, C). Furthermore, differences in the organization of the posterior ocellus suggest independent evolution of increased size. For instance, in some species the dark ocellar center crosses veins M3 and Cu2 (e.g., *Caligo atreus*, Figure 3B), while in others the outermost ring only expands cell boundaries (e.g., *Catoblepia orgetorix*, Figure 4A). The unique fusion of posterior ocelli in the sister genera *Caligopsis* and *Eryphanis* is also noteworthy because it shows that serial homologues can interact to form novel designs (see Nijhout 2001 for several examples of such interaction). Finally, the posterior ocellus is contained inside cell cu1 in *Bia*, *Narope*, *Brassolis* and *Dynastor*, early lineages in the Brassolini phylogeny (Penz 2007; Figure 8B). Although a larger posterior ocellus seems to have evolved at the ancestor of the *Opoptera* + *Caligo* + *Opsiphanes*-clades (Figure 8B), this character is not homogeneous between or within the 12 genera in these lineages (compare Figure 2E and F plus Figure 4A and B) and variation in size is continuous.

The ventral hind wing of several species in the *Caligo*-clade combines a ripple-free, dark medial area with a large posterior ocellus; intriguing from both developmental and ecological perspectives. If the ripple pattern is determined before the NGP pattern elements (Nijhout 1991, 2001), a ripple-free “window” can only be produced if ripple pattern expression is blocked at that specific site early in pattern development (see Figures 2C, E, F; 3C). The large ventral hind wing ocelli of *Caligo* are quite obvious when these butterflies feed on the ground or rest on vertical tree trunks (pers. obs.), and the ripple-free medial area enhances visibility of the ocelli. There are two main hypotheses for the evolution of conspicuous ocelli in Lepidoptera (reviewed in Stevens 2005): they can be used as a deflection point (target) that directs predator attacks to non-essential body parts, or function as a startling display. In support of the deflection hypothesis, it has been demonstrated that the posterior hind wing tornus is more noticeable yet structurally weaker than the surrounding areas in a sample of African species (DeVries 2002, 2003) and South American *Pierella astyoche* (Erichson, 1849) (Nymphalidae, Satyrinae; Hill

& Vaca 2004). Although untested, Stradling (1976) hypothesized that in some *Eryphanis* and *Caligo* the posterior ocellus plus a dark band across the wing look like a reptile in profile to function as a startle display.

Field experiments and observations demonstrated that ventral ocelli play a role in mate selection. Choice trials showed that male *Lycaeides idas* (Linnaeus, 1761) (Lycaenidae) selected females based on the size of their ventral hind wing aurorae and spots (Fordyce et al. 2002), and male and female *Bicyclus anynana* show a seasonal preference for ocellus size (Prudic et al. 2011). During courtship, male *Pierella astyoche* hover by decoupling forewing from hind wing movement, and clearly display the large hind wing white spots to the potential mate (CMP pers. obs.), an additional function to anti-predator defense (see above). Male *Caligo* form mating leks at forest edges (Freitas et al. 1997, Srygley & Penz 1999). Upon arrival at the lek site, female *C. illioneus* (Cramer, 1775) appear to detect perched males visually (CMP pers. obs.). When approached, males take off and initiate aerial courtship behavior. It therefore seems possible that the ventral hind wing ocelli of *Caligo* play a role in mate location, and also function as a startle display in both sexes. Given the diversity in size, color and number of ocelli in brassolines, we might expect that ocelli may serve multiple purposes.

Brassolines defy classical definitions of Batesian and Müllerian mimicry. There are examples of color resemblance among genera, but there is no evidence of chemical protection (see Chai 1990). The most notable case involves the convergence of *Catoblepia orgetorix* onto *Caligo atreus* with which it overlaps geographically (Figure 9H, I). Four lines of evidence support this assertion: (1) the dorsal phenotype of *orgetorix* departs from the typical *Catoblepia*; (2) ventral hind wing ocelli are the largest in the genus, and resemble *Caligo*; (3) convergence is limited to females in the subspecies *orgetorix*, *championi* and *magnalis*, fitting the expectations of sex-limited mimicry (Turner 1984, Silberglied 1984) and appearing to be the ancestral condition; and (4) both sexes of *C. orgetorix rothschildi* (endemic to the Magdalena Valley, Colombia) have the mimetic phenotype, suggesting that evolution of male color convergence followed that of the female. If *Caligo* and *Catoblepia* lack chemical defenses, then the resemblance could potentially be explained by an “arithmetic” effect (safety in numbers; Vane-Wright 1976, after Van Someren & Jackson 1959). Whether the similarity among these species confers a fitness-related advantage is unknown, and fieldwork is needed to assess if predators recognize and avoid them. The resemblance between *Opoptera staudingeri* and *Catoblepia orgetorix* (Figure 9J and H), and some geographical races of *Brassolis sophorae* (Linnaeus, 1758) and *Selenophanes cassiope* (Figures 5C and 6G) also catch the eye, but remain inexplicable. These examples demonstrate that remarkable similarity can be accomplished with relatively few modifications of the trailing bands (color, width, position) and the addition of iridescence (see Results).

Some instances of color resemblance in brassolines might be due to phylogenetic relatedness or male color divergence. Bristow (1981, 1991) noted that geographical races of *Catoblepia* and *Opsiphanes* converge locally in color pattern. Although we have not examined sufficient specimens to verify this suggestion, these genera belong to the same clade (Penz 2007) and their archetypal dorsal colors closely fit the groundplan in Figure 8. Similarity due to common ancestry is therefore a valid alternative explanation for their color resemblance. Members of the *Caligo*-clade (sensu Penz 2007) also share dorsal color patterns through common ancestry. The similarity among females of *Caligopsis seleucida* (Figure 9D), *Eryphanis automedon* (Cramer, 1775) (Figure 9G, plus others not illustrated), and some species of *Caligo* (e.g., *C. illioneus*, Figure 9F) might be due to the maintenance of ancestral patterns, while the male sex diverged

though sexual selection. This suggestion is, nonetheless, tentative and requires further examination.

Much research has been done on the development, genetics, and evolution of nymphalid wing pattern elements, particularly the border ocelli. Nonetheless, the most in-depth studies have focused on *Bicyclus anynana*, *Junonia coenia*, and some *Heliconius* (for reviews, see Monteiro et al. 1997, Beldade & Brakefield 2002, Monteiro 2008, Beldade et al. 2008), and the general relevance of such work relies on the evolutionary homology of wing pattern elements across taxa. Although the long early stage development time of brassolines is a limitation for laboratory research (e.g., 70 days for *Caligo illioneus*; Penz et al. 1999), some of these butterflies are locally abundant (DeVries et al. 2011) and easily maintained in enclosures (CMP pers. obs.). The objective of this investigation was to provide a comparative framework of wing color pattern variation that can be useful for research on genetics and development of brassolines, but mostly as an impetus for fieldwork that focuses on the function of wing color patterns in the context of intra and interspecific ecological interactions. The diversity of brassoline color patterns, time of activity and mating behaviors, plus recent phylogenetic analyses, constitute the perfect ingredients for research on a key question that relates to all Lepidoptera: what are forces that drive the evolution of color pattern diversity?

Acknowledgments

This research would not have been possible without the specimen loans provided by several museum curators, to whom we extend our thanks: D. Grimaldi (AMNH), B. Huertas (BMNH), J. Rawlins (CMNH), I. Chacón (InBio), B. Brown (LACM), F. Meyer (MAPA), S. Borkin (MPM), B. van Bekkum-Ansari (NMNL), M. Duarte (MZSP), G. Austin (in memoriam) and A. Warren (UFL), M. Hernandez (UFSC), R. Robbins (USNM) and P. DeVries (private collection). We thank F. Nijhout (Duke University) for inspiration and many useful suggestions, and P. DeVries (University of New Orleans) and an anonymous reviewer for comments on the manuscript. The University of New Orleans Work Study Program provided funding for N. Mohammadi. This work is dedicated to the memory of our fathers Rubem Paulo Penz (1935-2006) and Aliakbar Mohammadi (1951-2006).

References

- BELDADE, P. & BRAKEFIELD, P.M. 2002. The genetics and evo-devo of butterfly wing patterns. *Nature Rev. Genet.* 3(2002):442-452.
- BELDADE, P., McMILLAN, W.O. & PAPANICOLAOU, A. 2008. Butterfly genomics eclosing. *Heredity* 100:150-157. <http://dx.doi.org/10.1038/sj.hdy.6800934>
- BIRCH, M. 1970. Pre-courtship use of abdominal brushes by the nocturnal moth, *Phlogophora meticulosa* (L.) (Lepidoptera: Noctuidae). *Anim. Behav.* 18:310-316. [http://dx.doi.org/10.1016/S0003-3472\(70\)80043-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0003-3472(70)80043-4)
- BRISTOW, C.R. 1981. A revision of the brassoline genus *Catoblepia* (Lepidoptera: Rhopalocera). *Zool. J. Linnean Soc.* 72:117-163. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1096-3642.1981.tb01655.x>
- BRISTOW, R. 1991. A revision of the brassoline genus *Opsiphanes* (Lepidoptera: Rhopalocera). *Zool. J. Linnean Soc.* 101:203-293. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1096-3642.1991.tb00282.x>
- CASAGRANDE, M.M. 2002. Naropini Stichel, taxonomia e imaturos (Lepidoptera, Nymphalidae, Brassolinae). *Rev. Bras. Zool.* 19:467-569. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752002000200012>
- CHAI, P. 1990. Relationships between visual characteristics of rainforest butterflies and responses of a specialized insectivorous bird. In *Proceedings of a Symposium sponsored by the American Society of Zoologists*. College Station, Texas, p.31-60.
- D'ABRERA, B. 1987. Butterflies of the Neotropical Region. Part III Brassolidae, Acraeidae & Nymphalidae (partim). Hillhouse, p.386-525.
- DEPINNA, M.C.C. 1991. Concepts and tests of homology in the cladistic paradigm. *Cladistics* 7:367-394. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1096-0031.1991.tb00045.x>
- DEVRIES, P.J. 2002. Differential wing-toughness among palatable and unpalatable butterflies: direct evidence supports unpalatable theory. *Biotropica* 34:176-181.
- DEVRIES, P.J. 2003. Tough models versus weak mimics: new horizons in evolving bad taste. *J. Lep. Soc.* 57:235-238.
- DEVRIES, P.J., ALEXANDER, L.G., CHACON, I.A. & FORDYCE, J.A. 2011. Similarity and difference among rainforest fruit-feeding butterfly communities in Central and South America. *J. Anim. Ecol.* 81:472-482. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2656.2011.01922.x>
- DEVRIES, P.J., PENZ, C. & HILL, R. 2010. Vertical distribution, flight behavior, and evolution of wing morphology in *Morpho* butterflies. *J. Anim. Ecol.* 79:1077-1085. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2656.2010.01710.x>
- EISNER, T. & MEINWALD, J. 1995. The chemistry of sexual selection. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 92:50-55. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.92.1.50>
- FORDYCE, J.A., NICE, C.C., FORISTER, M.L. & SHAPIRO, A.M. 2002. The significance of wing pattern diversity in the Lycaenidae: mate discrimination by two recently diverged species. *J. Evol. Biol.* 15:871-879. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1420-9101.2002.00432.x>
- FREITAS, A.V.L., BENSON, W.W., MARINI-FILHO, O.J. & CARVALHO, R.M. 1997. Territoriality by the dawn's early light: the Neotropical butterfly *Caligo idomeneus* (Nymphalidae: Brassolinae). *J. Res. Lepid.* 34:14-20.
- FRUHSTORFER, H. 1912. Family: Brassolidae. In *Die Gross-Schmetterlinge der Erde* (A. Seitz, ed.). Stuttgart, v.5, p.285-332.
- HILL, R.I. & VACA, J.F. 2004. Differential wing strength in *Pierella* butterflies (Nymphalidae, Satyrinae) supports the deflection hypothesis. *Biotropica* 36:362-370.
- JIGGINS, C.D., NAISBIT, R.E., COE, R.L. & MALLET, J. 2001. Reproductive isolation caused by colour pattern mimicry. *Nature* 411:302-305. <http://dx.doi.org/10.1038/35077075>
- KUNTE, K. 2008. Mimetic butterflies support Wallace's model of sexual dimorphism. *Proc. R. Soc. B* 275:1617-1624. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2008.0171>
- KUNTE, K. 2009. The diversity and evolution of batesian mimicry in *Papilio swallowtail* butterflies. *Evolution* 63:2707-2716. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1558-5646.2009.00752.x>
- MADDISON, D.R. & MADDISON, W.P. 2005. *MacClade 4.08*. Sinauer, Sunderland.
- MONTEIRO, A. 2008. Alternative models for the evolution of eyespots and of serial homology on lepidopteran wings. *BioEssays* 30:358-366. <http://dx.doi.org/10.1002/bies.20733>
- MONTEIRO, A., BRAKEFIELD, P.M. & FRENCH, V. 1997. Butterfly eyespots: the genetics and development of the color rings. *Evolution* 51:1207-1216. <http://dx.doi.org/10.2307/2411050>
- NIJHOUT, H.F. 1991. *The development and evolution of butterfly wing patterns*. Smithsonian Institution Press, Washington.
- NIJHOUT, H.F. 1994. Symmetry systems and compartments in lepidopteran wings: the evolution of a patterning mechanism. *Development (Suppl.)* 225-233.
- NIJHOUT, H.F. 2001. Elements of butterfly wing patterns. *J. Exp. Zool. (Mol. Dev. Evol.)* 291:213-225. <http://dx.doi.org/10.1002/jez.1099>
- NIJHOUT, H.F. & WRAY, G.A. 1986. Homologies in the colour patterns of the genus *Charaxes* (Lepidoptera, Nymphalidae). *Biol. J. Linn. Soc.* 28:387-410. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8312.1986.tb01766.x>
- OLIVER, J.C., ROBERTSON, K.A. & MONTEIRO, A. 2009. Accommodating natural and sexual selection in butterfly wing pattern evolution. *Proc. R. Soc. B.* 276:2369-2375. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2009.0182>

Brassolini wing color patterns

- PAULSEN, S.M. 1994. Quantitative genetics of butterfly wing patterns. *Dev. Genet.* 15:79-91. <http://dx.doi.org/10.1002/dvg.1020150109>
- PENZ, C.M. 2007. Evaluating the monophyly and phylogenetic relationships of Brassolini genera (Lepidoptera, Nymphalidae). *Sys. Entomol.* 32:668-689. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3113.2007.00391.x>
- PENZ, C.M. & DEVRIES, P.J. 2002. Phylogenetic analysis of *Morpho* butterflies (Nymphalidae, Morphinae): implications for classification and natural history. *Am. Mus. Novitates*, 3374:1-33. [http://dx.doi.org/10.1206/0003-0082\(2002\)374%3C0001:PAOMBN%3E2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1206/0003-0082(2002)374%3C0001:PAOMBN%3E2.0.CO;2)
- PENZ, C.M., AIELLO, A. & SRYGLEY, R.B. 1999. Early stages of *Caligo illioneus* and *C. idomeneus* (Nymphalidae, Brassolini) from Panama, with remarks on larval food plants for the subfamily. *J. Lep. Soc.* 53:142-152.
- PENZ, C.M., FREITAS, A.V.L., KAMINSKI, L.A., CASAGRANDE, M.M., & DEVRIES, P.J. 2013. Adult and early-stage characters of Brassolini contain conflicting phylogenetic signal (Lepidoptera, Nymphalidae). *Sys. Entomol.* 38:316-333. <http://dx.doi.org/10.1111/syen.12000>
- PRUDIC, K.L., JEON, C., CAO, H. & MONTEIRO, A. 2011. Developmental plasticity in sexual roles of butterfly species drives mutual sexual ornamentation. *Science*, 331:73-75. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1197114>
- RIEPPPEL, O. & KEARNY, M. 2002. Similarity. *Biol. J. Linn. Soc.* 75:59-82. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1095-8312.2002.00006.x>
- ROUNTREE, D.B. & NIJHOUT, H.F. 1995. Genetic control of a seasonal morph in *Precis coenia* (Lepidoptera: Nymphalidae). *J. Insect Physiol.* 41:1141-1145. [http://dx.doi.org/10.1016/0022-1910\(95\)00051-U](http://dx.doi.org/10.1016/0022-1910(95)00051-U)
- SILBERGLIED, R. 1984. Visual communication and sexual selection in butterflies. In *The biology of butterflies* (R.I. Vane-Wright and P.R. Ackery, ed.). Princeton University Press, Princeton, p.207-223.
- SCHWANWITSCH, B.N. 1924. On the groundplan of wing-pattern in nymphalids and certain other families of rhopaloceros Lepidoptera. *Proc. Zool. Soc. Lond. B.* 34:509-528.
- SRYGLEY, R.B. & PENZ, C.M. 1999. The lek mating system in Neotropical owl butterflies: *Caligo illioneus* and *C. oileus* (Lepidoptera, Brassolini). *J. Insect Behav.* 12:81-103. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1020981215501>
- STEVENS, M. 2005. The role of eyespots as anti-predator mechanisms, principally demonstrated in the Lepidoptera. *Biol. Rev.* 80:573-588. <http://dx.doi.org/10.1017/S1464793105006810>
- STRADLING, D.J. 1976. The nature of the mimetic patterns of the brassolid genera, *Caligo* and *Eryphanis*. *Ecol. Entomol.* 1:135-138. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2311.1976.tb01214.x>
- SÜFFERT, F. 1927. Zur vergleichende analyse der schmetterlingszeichnung. *Biol. Zent. Bl.* 47:385-413.
- TURNER, J.R.G. 1984. Mimicry: the palatability spectrum and its consequences. In *The biology of butterflies* (R.I. Vane-Wright and P.R. Ackery, ed.). Princeton University Press, Princeton, p.141-161.
- VAN SOMEREN, V.G.L. & JACKSON, T.H.E. 1959. Some comments on protective resemblance amongst African lepidoptera (Rhopalocera). *J. Lep. Soc.* 13:121-147.
- VANE-WRIGHT, R.I. 1976. A unified classification of mimetic resemblances. *Biol. J. Linn. Soc.* 8:25-56. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8312.1976.tb00240.x>
- VANE-WRIGHT, R.I., & ACKERY, P.R. 1984. *The biology of butterflies*. Princeton University Press, Princeton, 429p.
- WAHLBERG, N., LENEVEU, J., KODANDARAMAIAH, U., PEÑA, C., NYLIN, S., FREITAS, A.V.L. & BROWER, A.V.Z. 2009. Nymphalid butterflies diversify following near demise at the Cretaceous/Tertiary boundary. *Proc. R. Soc. B.* 276:4295-4302. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2009.1303>

Received 04/01/2013

Revised 08/13/2013

Accepted 09/13/2013

Appendix 1 – Examined specimens and useful links (last accessed 1 April 2013). All photographs in D’Abrera (1987) and Casagrande (2002) were also examined. Abbreviations: M, male; F, female; AMNH, American Museum of Natural History, US; BMNH, The Natural History Museum, UK; CMNH, Carnegie Museum of Natural History, US; InBio, Instituto Nacional de Biodiversidad, Costa Rica; LACM, Natural History Museum of Los Angeles County, US; MAPA, Museu Anchieta (Porto Alegre), Brazil; MECN, Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales, Ecuador; MPM, Milwaukee Public Museum, US; NMNL, National Museum of Natural History Naturalis, The Netherlands; MZSP, Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, Brazil; PJD, Phil DeVries, private collection; UFL, University of Florida, US; UFSC, Universidade Federal de Santa Catarina, Brazil; USNM, United States National Museum, Smithsonian Institution, US.

Bia Hübner, 1819

Two species examined directly; see also <http://fs.uno.edu/cpenz/bia.html>

Bia actorion-complex (Linnaeus, 1763)

1 M, Peru, Loreto, Iquitos (MPM); 5 M, Ecuador, Sucumbios, Garza Cocha, 7 Mar 1994, 6 Apr 1994, 17 Jan 1995, 9 Jul 1995, 10 Dec 1995 (PJD); 1 M, Venezuela, Alto Orinoco, 19 Nov 1951 (USNM); 1 M, British Guiana, Kangaruma, Potaro, 2 Nov 1908 (CMNH); 1 M, Suriname, 25 Oct 1969 (NMNL); 3 M, Brazil, Amazonas, Manaus, 6 Dec 1993, 10 Dec 1993, 15 Jul 1985 (USNM); 1 F, Peru Satipo (MPM); 4 F, Ecuador, Sucumbios, La Selva Biological Station, 6 Jan 1993, 5 Aug 1994, 7 Jul 1995, and 4 Feb 1994 (PJD); 1 F, Brazil, Amazonas, Manaus, Dec 1993 (USNM); 1F, Brazil, no date (USNM); 3 F, Peru, Madre de Dios, Manu, 15 Nov 1990, 2 May 1991, and 14 May 1991 (USNM); 2 F, Venezuela, Suapure, no date and 22 Dec 1899 (CMNH); 2 F, Brazil, Nova Olinda, Rio Purus, Jun 1922 and Mar 1922 (CMNH); 1 F, Brazil, Arima, Rio Purus, Mar 1922 (CMNH); 3 F, Bolivia, Yapacani River Feb 1915, Marc 1915, Sep 1914 (CMNH)

Bia actorion decaerulea Weymer, 1911

7 M, French Guiana, Mana River, June 1917 (CMNH); 1 M, Brazil, Amazonas, Tonantins, Aug 1923 (CMNH); 4 M, Brazil, Amazonas, Manacapuru Apr 1925 (CMNH); 1 F, French Guyana, Pied Saut, Oyapok River, Jan 1918 (CMNH); 3 F, French Guyana, Mana River, Jun 1917 (CMNH); 3 F, Brazil, Manacapuru, Mar 1925, Apr 1925, and Sep 1923

Bia peruana Röber, 1904

1 M, Peru, Chuchurras, no date (BMNH); 1 M, Peru, Pasco Pan de Azucar 25 Jul 1961 (LACM); 1 M, Peru, Huanuco, Rio Pichis, no date (UFL); 1 F, Peru, Pachitea, 7 Feb (BMNH)

Narope Doubleday, 1849

Six species examined directly, 11 through photographs in Casagrande (2002); see also <http://fs.uno.edu/cpenz/narope.html>

Narope cyllabarus Westwood, 1851

1 M, Bolivia, no date (MPM)

Narope cyllarus Westwood, 1851

1 M, Brazil, Paraná, Sep 1952 (MPM)

Narope cyllastros Doubleday, 1849

1 M, no data (MPM); 1 M, Brazil, Paraná, Rio das Cobras, Feb 1942 (MPM); 1 F, Brazil, Santa Catarina, Nova Teutônia 14 Feb 1961 (MPM); 1 F, Paraguay, no date (MPM); 1 F, Brazil, Minas Gerais, no date (AMNH)

Narope nesope Hewitson, 1869

1 M, Bolivia, no date (MPM)

Narope panniculus Stichel, 1904

2 M, Ecuador, no date (AMNH); 1 M, Bolivia, Santa Cruz, Buenavista Ichilo, Mar 1954 (MPM); 1 M, Bolivia, Santa Cruz, Ichilo, Mar 1955 (UFL); 1 F, Brazil, Minas Gerais (AMNH)

Narope anartes Hewitson, 1874

1 M, Colombia, Cali 12 May 1963 (MPM)

Aponarope Casagrande, 1982

One species examined directly, nested within *Narope* (Penz 2007); see also <http://fs.uno.edu/cpenz/aponarope.html>

Aponarope sutor (Stichel, 1916)

1 M, Brazil, Rondônia, Fazenda Rancho Grande, 17 Apr 1992 (UFL)

***Brassolis* Fabricius, 1807**

Six species examined directly, see also <http://fs.uno.edu/cpenz/brassolis.html>

Brassolis sophorae (Linnaeus, 1758)

1 M, Guiana Française (UFL); 1 M, British Guiana, Georgetown, 1959 (MPM); 1 M, Trinidad (UFL); 1 M, Ecuador, Napo Prov., Jatun Sacha Biol. Sta., 1988 (UFL); 1 M, Peru, Loreto, 1961, Pucallpa (UFL); 1 M, Bolivia, Santa Cruz (UFL); 1 M, Bolivia, Santa Cruz, 1972 (UFL); 1 M, Paraguay, Villarica, 1951 (MPM); 1 M, Brazil, Sta. Catarina, Nova Teutônia, 1960 (MPM); 1 F, Guiana Française (UFL); 1 F, Trinidad, Moruga (UFL); 1 F, Ecuador, Apuya, Napo Province, 1993; 1 F, Ecuador, Puyo, Oriente, 1950 (MPM); 1 F, Peru, Loreto, 1981 (UFL); 1 F, Bolivia, Beni Riveralta, 1986 (UFL); 1 F, Bolivia, Sta. Cruz Mineros, 1956 (MPM); 1 F, Paraguay, Villarica, 1949 (MPM); 1 F, Brazil, Nova Friburgo, Rio de Janeiro (MPM); 1 F, Brazil, São Paulo, São Carlos, 1979 (UFL).

Brassolis dinizi d'Almeida, 1956

3 M, Brazil, Ceará, Fortaleza 1956, 1958 and 1959 (MPM); 1 M, North Brazil, 1973 (MPM); 1 M, Paraíba, Brazil, (MPM); 1 F, Brasil, Paraisa [sic] (MPM); 2 F, Brazil, Ceará Fortaleza, 1959 (MPM)

Brassolis haenschi Stichel, 1902

1 M, Ecuador, Balzapamba (UFL); 1 M, Ecuador, Balzapamba (BMNH); 1 F, Ecuador, Los Rios Province, Rio Palenque (UFL); 1 F, Ecuador, Los Rios Province, Rio Palenque (UFL)

Brassolis isthmia Bates, 1864

1 M, Costa Rica, Limon province, Puerto Viejo, 1989 (UFL); 1 M, Panama, Canal Zone, 1973 (MPM); 1 M, Panama, Balboa, 1966 (UFL); 1 F, Panama, Tocumen, 1976 (UFL)

Brassolis granadensis Stichel, 1902

1 M, Colombia Cali, 1956 (MPM); 1 M, no data (UFL); 1 F, Colombia, Tolima, Payande, Mina Vieja area, 1974 (UFL).

Brassolis astyra Godart, 1824

1 M, Brazil, 1939 (MPM); 1 M, Brazil, Pará, Obidos, 1952 (MPM); 1 M, Brazil, Rio de Janeiro, Gávea, 1960 (MPM); 1 M, Brazil, Corcovado, Rio [de Janeiro], 1910 (UFL); 1 M, Brazil, [Santa Catarina], Corupa (MPM); 1 M, Brazil, Santa Catarina (MPM); 1 M, Brazil, Gravatai, 1966 (MAPA); 1 M, Brazil, Gravatai, 1966 (MAPA); 1 F, Brazil, 1932 (MPM); 1 F, [Brazil], Rio [de] Janeiro (UFL); 1 F, Brazil, Rio de Janeiro, 1960 (MPM); 1 F, Brazil, Corcovado, Rio [de Janeiro], 1910 (UFL); 1 F, Brazil, Itaci, São Paulo, 1960 (MPM); 1 F, Brazil, Santa Catherina, Rio Tirubo, 1937 (MPM); 1 F, Brazil, Gravatai, 1966 (MAPA); 1 F, Brazil, Gravatai, 1966 (MAPA).

***Dynastor* Doubleday, 1849**

Three species examined directly, see also <http://fs.uno.edu/cpenz/dynastor.html>

Dynastor darius (Fabricius, 1775)

1 M, Paraguay, 1973 (MPM); 1 M, Nicaragua, Managua dept., Managua, 1858 (MPM); 1 F, Brazil, Paraná, Ponta Grossa, XI 1947 (MPM); 1 F, Brazil, Santa Catarina, "Mansa Humbolt" [sic] (MPM).

Dynastor napoleon Doubleday, 1849

1 M, Brazil, Santa Catarina, XI 1954 (MPM); 1 M, Brazil, Santa Catarina, IX 1964 (MPM); 1 M, Brazil, Santa Catarina, 1956 (UFL); 1 F, Brazil, Rio de Janeiro, 1920 (MPM); 1 F, no data (UFL)

Dynastor macrosiris (Westwood, 1851)

1 M, Guiana Française (UFL); 1 M, El Salvador, Finca El Refugio, Ahuachapan, Sep 2006 (PJD); 1 F, Mexico, Chiapas, 1973 (UFL); 1 F, El Salvador, Finca El Refugio, Ahuachapan, Sep 2006 (PJD).

***Opoptera* Aurivillius, 1882**

Eight species examined directly, see also <http://fs.uno.edu/cpenz/opoptera.html>

Opoptera syme (Hübner, 1821)

1 M, Brazil, R.J., Nova Friburgo, 22 Feb 1961; 1 M, Brésil, Etat de Sao Paolo, no date (UFL); 1 M, Sumaní, Guanabara [RJ], Parque da Tijuca, Brazil, Aug 14 1972 (UFL); 1 F, South America, no date (UFL); 1 F, Petropolis [RJ], Brazil, no date (USNM); 1 F, Brazil, Rio de Janeiro St., no date (USNM)

Opoptera sulcius (Staudinger, 1887)

1 M, Brazil, Pinhal [São Paulo], Feb 1950 (MPM); 1 M, Brazil, Santa Catarina, Taió, Feb 1959 (MPM); 1 M, Brazil, Santa Catarina, São Bento do Sul, Mar 10 1984 (UFL); 1 M, Brazil, Santa Catarina, Gaio (sic) [likely Taió], Feb 1986 (UFL); 1 F, Brazil, Santa Catarina, Feb 1964 (MPM); 1 F, South Brazil, no date (MPM); 1 F, Brazil, Joinville, 14 Mar 1964 (UFL); 1 F, Brazil, São Luis do Puruná, Paraná, 16 Mar 1984 (UFL)

Ooptera fruhstorferi (Röber, 1896)

1 M, Brazil, St. Catherines, no date (AMNH); 1 M, South Brazil, no date (MPM); 1 M, Brazil, Taió, St. Cath., Feb 1956 (MPM); 2 F, Itaporanga [São Paulo, Brazil], Feb 1948 and Mar 1948 (AMNH); 1 F, Brazil, Santa Catarina, 6 Feb 1963 (MPM); 1 F, South Brazil, no date (MPM)

Ooptera aorsa (Godart, 1824)

1 M, Brazil, Toledo, Paraná, Nov 1969 (MPM); 1 M, Espírito Santo, Brazil, no date (AMNH); 5 M Brazil, Espírito Santo, no date (AMNH); 1 M, Brazil, North Paraná, no date (AMNH); 1 M, Brazil, Paraná, no date (AMNH); 1 F, Brazil, Nova Friburgo, R.J., 3 Mar 1961 (MPM); 1 F, Brazil, North Paraná, no date (AMNH); 1 F Espírito Santo, Brazil, no date (AMNH)

Ooptera hilaris Stichel, 1901

1 M, Ecuador, Río Huagra-yacu, Oriente, 3 Apr 1941 (AMNH); 2 M, Ecuador, Río Huagra-yacu, Oriente, 12 and 14 Apr 1941 (AMNH); 2 M, Ecuador, no date (AMNH); 1 M, Middle Ecuador, no date (AMNH); 2 M, Oriente Ecuador, no date (AMNH); 1 M, Ecuador, Sucumbios, La Selva Biological Station, 2 Aug 1993 (PJD); 1 M, Peru, Puerto Maldonado, Los Amigos Biological Station, 13 Feb 2004 (PJD); 1 M, Peru, Chanchamayo, no date (AMNH); 1 M, Peru, Jepelacio, North no date (AMNH); 1 M, Bolivia, no date; 1 M, Brazil, Puraquequara, Amazonas, 10 Apr-10 May 1945 (AMNH); 1 F, Ecuador, Sucumbios, La Selva Biological Station, 10 Dec 1997 (PJD)

Ooptera staudingeri (Godman & Salvin, 1894)

1 M, Costa Rica, Heredia, Puerto Viejo, Feb 1970 (MPM); 1 F, Costa Rica, Heredia, Puerto Viejo, Feb 1970 (MPM)

Ooptera arsippe (Hopffer, 1874)

3 M, Peru, Pasco, Chuchurras, no date (UFL); 2 M, Peru, Huanuco, ca. 15 kms. N of Tingo Maria on Rio Huallaga, 15-22 Aug 1981 and Aug 1981 (UFL); 1 M, Peru, Tingo Maria, 19-24 Jul 1978 (LACM); 2 M, Peru, Huánuco, Tingo Maria, Dec 1984 (LACM); 2 M, Bolivia, no date (LACM); 2 M no data (LACM); 1 M, Peru, Juanjui, Iquitos, 7-19 May 1961 (UFL); 4 M, Chanchamayo, Peru, no date (AMNH)

Ooptera bracteolata Stichel, 1901

1 M, Bolivia, no date (MPM); 1 M, Bolivia, Cochabamba, Chapare, Alto Palmar, Dec 1956 (UFL)

Dasyophthalma* Westwood, 1851*Four species examined directly, see also <http://fs.uno.edu/cpenz/dasyophthalma.html>***Dasyophthalma rusina* (Godart, 1824)

1 M, Brazil, Santa Catarina 26 Dec 1957 (MPM); 1 M, South Brazil, no date (MPM); 1 M, Brazil, Espírito Santo, Santa Teresa, 4-7 March 1973 (UFL); 1 M, Brazil, Rio de Janeiro, Petrópolis, Independência, 16 Jan 1972 (UFL); 1 M, Brazil, Rio de Janeiro, Petrópolis, 9-12 Jan 1971 (UFL); 1 M, Brazil, Minas Gerais, Parque Rio Doce, 26 Mar 1972 (UFL); 2 M, Brazil, Santa Catarina, São Bento do Sul, 10 Mar 1984 (UFL); 1 M, Brazil, Santa Catarina, 1 Jan 1968 (UFL); 1 M [Brazil] Sta. Catharina, no date (AMNH); 1 F, Brazil, Santa Catarina, São Bento do Sul, 25 Jan 1966 (MPM); 1 F, South Brazil, no date (MPM)

Dasyophthalma geraensis Rebel, 1922

1 M, Brazil, Minas Geraes, no date (MZSP); 1 M, [Brazil] Minas Geraes, no date (AMNH); 1 M Brazil, Espírito Santo, Castello, 21 Feb 1922 (UFL); 1 M, Brazil, Rio de Janeiro, Parque Nacional do Itatiaia, 13-14 Jan 1973, (UFL); 1 M, Brazil, Rio de Janeiro, Itatiaia, 21 Mar 1972 (UFL)

Dasyophthalma creusa (Hübner, 1821)

1 M, South Brazil, no date, (MPM); 1 M, Brazil, Santa Catarina, São Bento do Sul, 13 Feb 1966 (MPM); 1 M, Brazil, Santa Catarina, São Bento do Sul, 10 Feb (UFL); 1 M, Brazil, Santa Catarina, São Bento do Sul, 10 Feb 1984 (UFL); 1 M, Brazil, Rio de Janeiro, Dec 1943 (UFL); 1 M, Brazil, Guanabara [Rio de Janeiro], Jacarepaguá, 20 Feb 1971 (UFL); 1 F, South Brazil, no date, (MPM); 1 F, Brazil, Santa Catarina, São Bento do Sul, 13 Feb 1966 (MPM)

Dasyophthalma vertebralis Butler, 1869

1 M, Brazil, Espírito Santo (MZUSP); 1 F, [Brazil] East Amazonas, no date (MZUSP)

Caligopsis* Seydel, 1924*One species examined directly, see also <http://fs.uno.edu/cpenz/caligopsis.html>***Caligopsis seleucida* (Hewitson, 1877)

2 M, Peru, Puerto Maldonado, Los Amigos Biological Station, 10 Sep 2004 and 12 Oct 2004 (PJD); 1 M, Bolivia, Cochabamba, San Francisco, Apr 1976 (MPM); 2 F, Peru, Puerto Maldonado, Los Amigos Biological Station, 9 Apr 2004 and 14 Oct 2004 (PJD); 1 F, Brazil, Amazonas, Madeira River, no date (USNM)

Eryphanis Boisduval, 1870

Nine species examined directly, see also <http://fs.uno.edu/cpenz/eryphanis.html>

Eryphanis automedon (Cramer, 1775)

1 M, Venezuela, Waterworks, Puerto Cabello, Carabobo, 22 Jul 1979 (UFL); 1 M, Trinidad, BWI, Mar 1937 (UFL); 2 M, Trinidad [18]98 (UFL); 1 M, Trinidad, Arima Valley, SIMLA Research Station, 27 Jun-3 Jul 1978 (UFL); 1 M, British Guyana, Kamarung, 10-14 Oct 1977 (UFL); 1 M, Surinam, Jan 2001 (PJD); 2 M, French Guiana, R. Orapu (UFL); 1 M, Colombia, Cali 19 Dec 1966 (MPM); 1 M, Colombia, Vaupes, San Jose del Guaviare, Dec [19]91 (UFL); 1 M, Colombia, Villavicencio, Ocoa, 27 Oct 1943 (UFL); 2 M, Ecuador, Sucumbios, Garza Cocha, La Selva Biological Station, 17 Jan 1995 and 9 Jan 1998 (PJD); 1 M, Ecuador, Napo, Limoncocha, 10 Oct 1971 (UFL); 1 M, Ecuador, Napo, Misahualli, 28 Apr 1971 (UFL); 1 M, Ecuador, Balzapampa, no date (UFL); 2 M, Peru, Puerto Maldonado, Los Amigos Biological Station, 13 May 2004 and 15 Oct 2004 (PJD); 1 M, Peru, Huanuco, Tingo Maria, Rio Huallaga, 15-22 Aug 1981 (UFL); 1 M, Peru, Mogotta (sic), 14 May 1955 (UFL); 1 M, Peru, Tingo Maria, 30 Jul 1980 (UFL); 1 M, Brazil, Para, Obidos, Mar 1976 (MPM); 1 M, Brazil, Rondonia, Jaru, 9 Aug 1976 (UFL); 1 M, Brazil, Rondonia, Caucalandia 13 nov 1990 (UFL); 1 M, Brazil, Rondonia, Fazenda Rancho Grande 9 Nov 1990 (UFL); 3 M, Brazil, Minas Gerais, Uberaba, no date (UFL); 1 M, Brazil, Guanabara [=Rio de Janeiro], Gávea, 6 Feb 1973 (UFL); 1 M, Brazil, Santa Catarina, Blumenau, no date (UFL); 1 M, Bolivia, Santa Cruz, 29 Apr 1959 (MPM); 1 M, Bolivia, Santa Cruz, Buenavista, Ichilo, Feb 1946 (UFL); 1 M, Bolivia, no date (UFL); 2 M, Paraguay, Amambay, Pedro Juan Caballero, 4 Feb 1969 (MPM); 1 F, Trinidad, Maquerippe Bay, 22 Aug 1974 (UFL); 1 F Trinidad, St. Amis, 23 Nov 1920 (UFL); 1 F, Surinam, Lelydorp, no date (PJD); 1 F, French Guiana, R. Orapu (UFL); 2 F, Ecuador, Napo, Misahualli, 3 Sep 2000 (UFL); 1 F, Peru, Puerto Maldonado, Los Amigos Biological Station, 14 Jul 2004 (PJD); 1 F Peru, Tingo Maria, 30 Jul 1980 (UFL); 1 F, Brazil, Rondonia, Fazenda Rancho Grande, 22 Mar 1991 (UFL); 1 F, Brazil, Minas Gerais, Uberaba, no date (UFL); 1 F, Paraguay, Pedro Juan Caballero, 4 Feb 1969 (MPM)

Eryphanis lycomedon (Meerburgh, 1780)

1 M, Guatemala, no date (UFL); 1 M, Costa Rica, Puntarenas, Pto. Cortez 23 Nov 2003 (INBio); 1 M, Costa Rica, Heredia, Santa Clara, 5 Sep 1987 (UFL); 1 M, Costa Rica, Alajuela, Rio Virilla, 5.5 km SW Guacima, 2 Oct 1967 (UFL); 1 M, Panama, Canal zone, Madden Forest, 21 Aug 1969 (UFL); 1 M, Panama, Las Cumbres, Oct 1960 (UFL); 1 M, Colombia, Cali, 19 Dec 1966 (MPM); 1 M, Colombia, Cali, 20 Oct 1965 (MPM); 1 M, Colombia, Cauca, Pescador, 29 Jan 1974 (UFL); 11 M, Colombia, Boyaca, Muzo, no date (UFL); 2 M, Colombia, Valle de Cauca, Cali (Cañas Gordas), 1 Oct 1973 and 21 Feb 1974 (UFL); 1 M, Colombia, Rio Guatiquia, Apr 1917 (UFL); 2 M, Colombia, Yacopi, 1936 and 12 Apr 1938 (UFL); 1 M, Ecuador, Pichincha, Santo Domingo de los Colorados, 8 May 1988 (UFL); 1 M, Ecuador, Tonchigue, Apr 1964 (MPM); 1 M, Ecuador, Los Rios, Rio Palenque, no date (UFL); 1 M, Ecuador, Pichincha, Hotel Tinalandia, Santo Domingo de los Colorados, 10 May 1988 (UFL); 1 M, Bolivia, no date (UFL); 1 M, Bolivia, no date (UFL); 7 M, Brazil, Santa Catarina, Blumenau (UFL); 1 F, Costa Rica, Puntarenas, Corcovado National Park, Apr 1989 (INBio); 1 F, Costa Rica, Heredia, Pueblo Nuevo Sarapiquí 24 Jul- 22 Aug 1992 (INBio); 1 F, Costa Rica, Cartago, Turrialba, 13 Jul 1965 (UFL); 1 F, Costa Rica, Alajuela, Atenas, 16 Dec 1984 (UFL); 1 F, Panama, Canal Zone, Madden Forest, 2 Dec 1969 (UFL); 1 F, Panama, Las Cumbres, 25 Jan 1964 (UFL); 1 F, Colombia, Cali, 27 May 1966 (MPM); 1 F, Colombia, Cali, 2 Nov 1966 (MPM); 2 F, Colombia, Valle de Cauca, Cali (Cañas Gordas), 13 Jan 1974 (UFL); 2 F, Colombia, Cali, Pance, Valle, 22 and 25 Jan 1987 (UFL); 1 F, Colombia, Cali, Valle, 9 Aug 1979 (UFL); 1 F, Ecuador, Tonchigue, Apr 1964 (MPM); 1 F, Ecuador, Pichincha, Alluriquin, 16 Aug 1972 (UFL); 1 F, Ecuador, Pichincha, Hotel Tinalandia, Santo Domingo de los Colorados, 8 May 1988 (UFL); 1 F, Ecuador, Pichincha, Tinalandia, Santo Domingo, 5 May 1992 (UFL); 1 F, Brazil, Santa Catarina, Blumenau, no date (UFL)

Eryphanis aesacus (Herrich-Schäffer, 1850)

1 M, Mexico, San Luis Potosi 23 Jul 1937 (MPM); 1 M, Mexico, Catemaco, Nov 1965 (MPM); 2 M, Mexico, Oaxaca, Monteflor Jun 1978 (UFL); 1 M, Mexico, Oaxaca, Chiltepec, 3 Sep 1976 (UFL); 1 M, Mexico, South of Tampico, 1 Nov 1975 (UFL); 1 M, Mexico, Escarcega, Campeche 2 and 5 May 1969 (UFL); 1 M, Mexico, Tzumalipas, Taumazunchale, no date (UFL); 1 M, Mexico, El Pujal, San Luis Potosi, 18 Jun 1939 (UFL); 1 M, Guatemala, Chacoj, Pelochic, no date (BMNH); 1 M, Guatemala, Alta Verapaz, Baleu Mpio., San Cristobal, Verapaz, 24 Sep 1966 (UFL); 1 M, El Salvador, Ahuachapan, El Refugio Sep 2003 (PJD); 1 M, El Salvador, Ahuachapan, La Fincon El Imposible, 13 Sep 1984 (UFL); 1 M, Belize, Cayo Distr., Green Hills 29 Jul 2007 (PJD); 1 F, Mexico, no date (MPM); 1 F Mexico, Oaxaca, Tuxtepec, 4 Sep 1976 (UFL); 2 F, Mexico, Presidio, Jun 1951 (UFL); 2 F Mexico, Catemaco, Sep 1956 (UFL); 1 F, Guatemala, Central Valleys, no date, #802305, (BMNH); 1 F, Guatemala, Petén, Parque Nacional Tikal, 20 Sep 1993 (UFL); 1 F, El Salvador, Ahuachapan, El Refugio Sep 2003 (PJD); 1 F, El Salvador V.C. Santa Ana, D.C. Santa Ana, Nov 1997 (PJD); 1 F, El Salvador, San Salvador, 13 Nov 1984 (UFL)

Eryphanis bubocula (Butler, 1872)

1 M, Costa Rica, Guanacaste, Rio San Lorenzo, Tierras Morenas Aug 1992 (INBio); 1 F, Costa Rica, Cartago, Tapanti 9 Apr 1983 (INBio); 1 F, Colombia, Val. Del Cauca, Calima Valley, 14 Feb 1989 (UFL)

Eryphanis gerhardi (Weeks, 1902)

1 M, Ecuador, Balzapampa, no date (UFL); 1 M, Bolivia, no date (MPM); 1 M, Bolivia, Cochabamba Mar 1955 (MPM); 1 M, Bolivia, Chapare, Alto Palmar, Sep 1954 (MPM); 1 M, Bolivia, Cochabamba, El Palmar Chapare, Apr 1947 (UFL); 1 M, Bolivia, Cochabamba, Alto Palmar Chapare, Oct 1958 (UFL); 1 M, Bolivia, Santa Cruz, Buenavista, Ichilo, 21 Feb 1994 (UFL); 1 M, Brazil, Rondonia, Jaru 9 Aug 1976 (UFL); 1 F, Brazil, Rondonia, Jaru, 6 Aug 1976 (UFL)

Eryphanis reevesii (Doubleday, 1849)

1 M, Brazil, São Paulo, Pinhal Apr 1955 (MPM); 1 M Brazil, São Paulo, Itaici 3 Sep 1961 (MPM); 1 M, Brazil, Meatana [maybe Mendanha, Minas Gerais] 20 Jul 1968 (UFL); 1 M, Brazil, [São Paulo], Pinhal, Mar 1952 (UFL); 1 M, Brazil, Santa Catarina, Blumenau, no date (UFL); 4 M, Brazil, Santa Catarina, São Bento do Sul, 10 Mar 1984 (UFL); 1 M, Brazil, Santa Catarina, Trombudo Alto, 28 Mar 1957 (UFL); 2 M, Argentina, Parque Nacional Iguasu, Misiones, 18 Jun 1973; 1 M, Argentina, Misiones, Rio Uruguay 19 Jun 1973 (UFL); 1 F, Brazil, Rio de Janeiro, Nova Friburgo Oct 1958 (MPM); 1 F, Brazil, São Paulo, Pinhal Apr 1955 (MPM); 2 F, Brazil, Minas Gerais, Uberaba, no date (UFL); 1 F Brazil, Santa Catarina, Trombudo Alto, 26 Mar 1956 (UFL)

Eryphanis zolvizora (Hewitson, 1877)

1 M, Bolivia, Cochabamba Mar 1955 (MPM); 1 M, Bolivia, no date (MPM); 1 M, Bolivia, Cochabamba, El Palmar Apr 1947 (UFL); 1 M, Bolivia, Cochabamba, El Palmar Chapare, Apr 1947; 1 M, Bolivia, Las Yungas, Nov 1990 (UFL); 1 F, Bolivia, Cochabamba, Alto Palmas Sep 1958 (UFL)

Eryphanis opimus (Staudinger, 1887)

1 M, Colombia, Cali 29 Sep 1964 (MPM)

Eryphanis greeneyi Penz & DeVries, 2008

1 M, Ecuador, Napo, Yanayacu Biological Station, 5km W of Cosanga, May 2007, HOLOTYPE (BMNH); 1 M, Ecuador, Napo Prov., Yanayacu Biological Station (MECN); 1 M, Ecuador, Provincia Napo, YYBS, 5-Feb-[20]02 (AMNH); 1 M, Ecuador, Provincia Napo, 12-Apr-[20]00 (PJD); 1 M, Ecuador, Rio Blanco, near Baños, Abril 17/[19]56 (MPM); 1 M, Ecuador, Balzapampa, (UFL); 1 M, Ecuador, Zamora-Chinch. Province, Zumba-Loja 21-23 Sep 1993 (UFL); 1 F, Ecuador, Napo, Yanayacu Biological Station, May 2007 (BMNH); 1 F, Ecuador: Napo Prov., Yanayacu Biological Station (MECN); 1 F, Ecuador, Napo, Biol. Yanayacu, no date (AMNH); 1 F, Ecuador, Provincia Napo, San Isidro, 21-Dec-[19]99 (PJD).

Caligo Hübner, 1819**Thirteen species examined directly, see also <http://fs.uno.edu/cpenz/caligo.html>***Caligo arisbe* Hübner, 1822

2 M, Brazil, Paraná, São Luis do Puruna, 16 Mar 1984 (UFL); 1 M, Brazil, no date (UFL)

Caligo atreus (Kollar, 1850)

1 M, Colombia, Antioquia, Zaragosa (MPM); 1 M, Costa Rica, Heredia, Puerto Viejo, Finca La Selva, 1968-1970 (MPM); 1 M, Costa Rica, Heredia, Puerto Viejo, Finca La Selva, 1968-1970 (MPM); 1 F, no data (MPM)

Caligo beltrao (Illiger, 1801)

1 M, Brazil, Stuporanza, Dec 1950 (MPM); 1 M, Brazil, Santa Catarina, Joinville Mar 1972 (MPM); 1 F, Brazil, Stuporanza, Jan 1951 (MPM); 1 F, Brazil, Santa Catarina, Joinville, Feb 1969 (MPM)

Caligo eurilochus (Cramer, 1775)

1 M, Costa Rica, Heredia, Puerto Viejo, Finca La Selva, 17 Feb 1978 (MPM); 1 F, Costa Rica, Heredia, Puerto Viejo, Finca La Selva, Feb 1969 (MPM)

Caligo idomeneus (Linnaeus, 1758)

1 M, East Peru, no date (MPM); 1 M, Colombia, no date (MPM); 1 F, East Peru, no date (MPM), 1 F, Peru, Satipo, Nov 1952 (MPM)

Caligo illioneus (Cramer, 1775)

1 M, Costa Rica, Heredia, Finca La Tirimbina 17 Feb 1978 (MPM); 1 F, Costa Rica, Heredia, Finca La Selva Feb 1969 (MPM)

Caligo martia (Godart, 1824)

1 M, Brazil, Pinhal, no date (MPM); 1 M, Brazil, São Bento, SC, Jan 1969 (MPM); 1 F, Brazil (MPM), 1 F, Brazil, Santa Catarina, 2 Jan 1963 (MPM)

Caligo oberthuri (Deyrolle, 1872)

1 M, Ecuador, Riobamba, no date (UFL); 1 F, Ecuador, Riobamba, no date (UFL)

Caligo oileus C. Felder & R. Felder, 1861

1 M, Peru, Huanuco, Tingo Maria, Mar 1981 (UFL); 1 F, Peru, Ayacucho May 1936 (UFL)

Caligo telamoni (C. Felder & R. Felder, 1862)

1 M, Colombia, Cauca, May 1917 (UFL); 1 F, Colombia, Cauca Valley, no date (UFL)

Caligo teucer (Linnaeus, 1758)

1 M, Peru, Tingo Maria, Jul 1980 (UFL); 1 F, Peru, Tingo Maria, 25 May 1972 (UFL)

Caligo Uranus Herrich-Schäffer, 1850

1 M, Mexico, Chiapas, Bonampak, Jul-Aug 1976 (UFL); 1 F, Mexico, Santa Rosa Comitán, Apr 1962 (UFL)

Caligo zeuxippus H. Druce, 1902

1 M, Ecuador, Pichincha, Santo Domingo de los Colorados, 10 May 1988 (UFL); 1 F, Ecuador, Pichincha, Santo Domingo de los Colorados, 9 May 1988 (UFL)

Selenophanes Staudinger, 1887

Three species examined directly, see also <http://fs.uno.edu/cpenz/selenophanes.html>

Selenophanes cassiope (Cramer, 1775)

1 M, Brazil, Paraná, Rolandia, Dec 1942 (AMNH), 1 M, Peru, Chanchamayo, no date (AMNH), 2 M, Peru, Puerto Maldonado, Los Amigos Biological Station, 15 Jun 2004 and 12 Sep 2004 (PJD); 1 F, Peru, Rio Huallaga (AMNH), 2 F, Peru, Puerto Maldonado, Los Amigos Biological Station, 11 Oct 2004 and 15 Oct 2004 (PJD), 1 F, no localitã, 20 Sep 1922 (USNM)

Selenophanes josephus (Godman & Salvin, 1881)

1 M, Panama, Canal Zone, Madden Forest, 20 Jul 1970 (USNM); 1 F, Panama, Darién, Caña, 5 Jul 1981 (USNM)

Selenophanes supremus Stichel, 1901

2 M, Peru, Chanchamayo, no date (UFL)

Penetes Doubleday, 1849

One species examined directly, see also <http://fs.uno.edu/cpenz/penetes.html>

Penetes pamphanis Doubleday, 1849

1 M, Brazil, Paraná, Curitiba (MPM); 1 M, Paraguay, Villarica, Nov. 1948 (MPM); 1 F, Brazil, no date (MPM); 1 F, Brazil, Rio Grande do Sul, no date (USNM)

Catoblepia Stichel, 1901

Seven species examined directly, see also <http://fs.uno.edu/cpenz/catoblepia.html>

Catoblepia amphirhoe (Hübner, 1825)

1 M, Brazil, Santa Catarina, São Bento do Sul, 10 Mar 1984 (UFL); 1 M, Brazil, Santa Catarina, São Bento do Sul, 10 Feb (UFL); 1 M, Brazil, São Paulo, Araçatuba (UFL); 1 F, Brazil, São Paulo, Mendes, no date (UFL)

Catoblepia berecynthia (Cramer, 1777)

1 M, Central Peru, no date (MPM); 2 M, Peru, Puerto Maldonado, Los Amigos Biological Station, 10 Oct 2004 and 14 Oct 2004 (PJD); 1 F, Paraguay, no date (MPM),

Catoblepia orgetorix (Hewitson, 1870)

1 M, Colombia, Antioquia, Zaragosa, 18 Feb 1977 (MPM); 1 M, Ecuador, Oriente (AMNH); 1 M, Panama, Chiriqui, no date (UFL); 1 F, Colombia, Antioquia, Zaragosa, 18 Feb 1977 (MPM), 1 F, Ecuador, Pichincha, Santo Domingo de los Colorados (AMNH); 1 F, Ecuador, Canelos, no date (UFL)

Catoblepia soranus (Westwood, 1851)

1 M, Colombia, Amazonas, Rio Tacana, 1-13 Nov 1946 (AMNH); 1 M, Ecuador, Sucumbios, Garza Cocha, La Selva Biological Station, 26 Apr 1995 (PJD); 1 M, Peru, Rio Huallaga, no date (AMNH); 1 M, Brazil, Rondônia, Fazenda Rancho Grande, 29 Nov 1991 (UFL); 1 F, Peru, no date (USNM); 1 F, Colombia, Amazonas, Rio Tacana, 26-31 Oct 1946 (AMNH); 1 F, Peru, Iquitos, no date (AMNH); 1 F, Brazil, Rondônia, Fazenda Rancho Grande, 1 Sep 1991 (UFL)

Catoblepia versitincta Stichel, 1901

1 M, French Guiana, St. Jean Maroni, no date (UFL); 1 F, French Guiana, Gourdonville, no date (UFL)

Catoblepia xanthus (Linnaeus, 1758)

1 M, Brazil, Pará, Obidos, Nov 1965 (MPM); 2 M, Ecuador, Sucumbios, Garza Cocha, La Selva Biological Station, 10 Jul 1999 and 9 Nov 1993 (PJD); 1 F, British Guiana, Georgetown, Jan 1960 (MPM); 1 F, Ecuador, Sucumbios, Garza Cocha, La Selva Biological Station, 10 Dec 1996 (PJD)

Catoblepia xanthicles (Godman & Salvin, 1881)

1 M, Ecuador, Sucumbios, Garza Cocha, La Selva Biological Station, 5 May 1996 (PJD)

Mielkella Casagrande, 1982

One species examined directly, see also <http://fs.uno.edu/cpenz/mielkella.html>

Mielkella singularis (Weymer, 1907)

1 M, Mexico, Chiapas, no date (AMNH); 1 M, Mexico, Chiapas June 1977 (AMNH); 1 F, [Mexico] Santa Rosa Comitán 19 Jun 37 (AMNH); 1 F, Mexico, Chiapas, no date (AMNH); 1 F, Mexico, Chiapas, no date (USNM); 1 F, Mexico, Chiapas, Santa Rosa Comitán, Mar 1966 (MPM)

Orobrassolis Casagrande, 1982

One species examined directly, see also <http://fs.uno.edu/cpenz/orobrassolis.html>

Orobrassolis ornamentalis (Stichel, 1906)

1 M and 1 F, Brazil, São Paulo, Umuarama (MPM)

Blepolenis Röber, 1906

Three species examined directly, see also <http://fs.uno.edu/cpenz/blepolenis.html>

Blepolenis bassus (C. Felder & R. Felder, 1867)

2 M, Brazil (MPM); 1 M, Brazil, S. Paulo, no date (MZSP 13713); 2 M, Brazil, E. Paraná, Murtinho, Jan 1916 and 29 Jan 1916 (MZSP 13712 and 13711); 1 F, Brazil, Campos do Jordão-Lagoinha (MZSP 13714); 1 F, Brazil, C. Jordão-Lagoinha, Jan 28 1967 (MZSP 13715); 1 F, Brazil, São Bento [do Sul], [Rio Grande do Sul], Jan 1955 (MPM).

Blepolenis batea (Hübner, 1821)

1 M, Brazil, Serra do Caraça, Minas Gerais, 24 Mar 1972 (MZSP 13717); 1 M, Brazil, Itatiaia, E. Rio [de Janeiro], (MZSP 13604); 1 M, Brazil, Nova Friburgo, Rio de Janeiro, Nov 1957 (MPM); 1 M, Brazil, C. Jordão-Lagoinha, 28 Jan 1967 (MZSP 13721); 1 M, Brazil, Est. Biol. Boracéia, Salesópolis, São Paulo, 8 Mar 1968 (MZSP 13720); 1 M, Brazil, São Paulo, Salesópolis, Boracéia, Jan 1952 (MZSP 13723); 1 M, Brazil, Itatiba, São Paulo, Dec 1935 (MZSP 13719); 1 M, Brazil, S. Paulo, no date (MZSP 13718); 1 M, Brazil, S. Paulo, no date (MZSP 13716); 1 M, Brazil, S. Paulo, Botânica, 12 Mar 1952 (MZSP 13605); 1 M, Brazil, Santa Catarina, Nova Teutônia, 19 Jan 1961 (MPM); 1 M, Brazil, Santa Catarina, no date (AMNH); 1 M, Brazil, Santa Catarina, no date B.M. 1937-285 (BMNH); 1 M, Brazil, Porto Alegre, no date (MZSP 13709); 1 M, Brazil, Pelotas, Rio Grande do Sul, 20 Jan 1967 (AMNH); 1 F, Brazil, no date (MPM); 1 F, Brazil, Est. Biol. Boracéia, Salesópolis, São Paulo, 14 Feb 1968 (MZSP 13607); 1 F, Brazil, Est. Biol. Boracéia, Salesópolis, São Paulo, 2 Mar 1968 (MZSP 13606); 1 F, Brazil, Ypiranga, São Paulo, Jan 1929 (MZSP 13722); 1 F, Brazil, S. Paulo, 5 Feb 1939 (MZSP 13724); 2 F, Brazil, Santa Catarina, no date (AMNH)

Blepolenis catharinae (Stichel, 1902)

1 M, no locality, no date, B.M. 1937-285, (BMNH); 1 M, no locality, no date (MZSP 13 710); 3 M, Brazil, Lagoa do Peri, Florianópolis-SC, Jan 2008 (UFSC); 2 F, Brazil, Lagoa do Peri, Florianópolis-SC, Jan 2008 and Feb 2008 (UFSC)

Opsiphanes Doubleday, 1849 [13]

Six species examined directly, see also <http://fs.uno.edu/cpenz/opsiphanes.html>

Opsiphanes boisduvallii Doubleday, 1849

1 M, no data (MPM); 1 M, Mexico, no date (MPM); 1 F, Mexico (MPM); 1 F, Mexico, San Luis Potosi, 29-31 Jul 1941 (MPM)

Opsiphanes invirae (Hübner, 1808)

1 M, Paraguay, San Salvador (MPM); 1 M, Brazil, no date (MPM); 1 F, Brazil, Espírito Santo, Linhares (MPM); 1 F, Brazil Feb 1950 (MPM)

Opsiphanes quiteria (Stoll, 1780)

2 M, Peru, Puerto Maldonado, Los Amigos Biological Station, 11 May 2004 and 12 Oct 2004 (PJD); 1 F, Peru, Puerto Maldonado, Los Amigos Biological Station, 12 Nov 2004 (PJD)

Opsiphanes tamarindi C. Felder & R. Felder, 1861

1 M, Colombia, Cali, 15 Feb 1965 (MPM); 1 F, Colombia, Cali, 15 Feb 1965 (MPM); 1 F, Nicaragua, Managua, Managua 24 Feb 1958 (MPM)

Opsiphanes sallei Doubleday, 1849

1 M, Peru, Paaco, Oxapampa, no date (UFL); 1 M, Huanoabamba, Peru, no date (AMNH); 1 F, Colombia, Rio Negro, no date (USNM); 1 F, Colombia, Bogota, no date (UFL)

Opsiphanes cassia (Linnaeus, 1758)

1 M, Catemaco, Sep 1962 (MPM)

Chave interativa para a identificação das espécies da Aliança *Tabebuia* (Bignoniaceae) no estado da Bahia, Brasil

Fabio da Silva do Espírito Santo^{1,3}, Alisson Amorim Siqueira² & Alessandro Rapini¹

¹Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS, Av. Transnordestina, s/n, Novo Horizonte, CEP 44036-900, Feira de Santana, BA, Brasil. www.uefs.br/ppgbot

²Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Av. Antônio Carlos Magalhães, 510, Santo Antônio, CEP 48902-300, Juazeiro, BA, Brasil. www.univasf.edu.br/~cpgea

³Autor para correspondência: Fabio da Silva do Espírito Santo, e-mail: fse.santo@yahoo.com.br

ESPÍRITO SANTO, F.S., SIQUEIRA, A.A. & RAPINI, A. **Interactive key for identification of species of *Tabebuia* Alliance (Bignoniaceae) in the state of Bahia, Brazil.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?identification-key+bn03213032013>

Abstract: An interactive key to identify the 26 species of the *Tabebuia* Alliance (Bignoniaceae) from the state of Bahia, Brazil, was developed. From a web page containing check boxes with botanical characters, with free and not sequential marking, species which not match to the criteria are eliminated until the complete identification of the material. The key is hosted in a website, that also provides general information about the Bignoniaceae, the *Tabebuia* Alliance and the state of Bahia, as well as a glossary of the botanical terminology employed in the key and a bank of images. The system was created using HTML and Javascript languages. It runs from a CD-ROM and is available for download at: <http://www.mendeley.com/profiles/alessandro-rapini/publications/ComputerProgram/>. The use of interactive keys facilitates and streamlines the process of taxa identification, contributing to the dissemination of biological knowledge and preparation of programs to the recognition and conservation of biota.

Keywords: multi-access key, ipê, taxonomy, information technology.

ESPÍRITO SANTO, F.S., SIQUEIRA, A.A. & RAPINI, A. **Chave interativa para a identificação das espécies da Aliança *Tabebuia* (Bignoniaceae) no estado da Bahia, Brasil.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?identification-key+bn03213032013>

Resumo: Foi elaborada uma chave interativa para a identificação das 26 espécies da Aliança *Tabebuia* (Bignoniaceae) nativas do estado da Bahia, Brasil. A partir de uma página *web*, contendo caixas de seleção com caracteres botânicos, de marcação livre e não sequencial, vão se eliminando as espécies que não atendem aos critérios selecionados até a identificação completa do material. A chave está inserida em um *site*, contendo informações sobre Bignoniaceae, a Aliança *Tabebuia* e o estado da Bahia, bem como um glossário dos termos botânicos utilizados na chave e um banco de imagens. O sistema foi desenvolvido a partir das linguagens HTML e Javascript, é autoexecutável em CD-ROM e está disponível para *download* em: <http://www.mendeley.com/profiles/alessandro-rapini/publications/ComputerProgram/>. A utilização das chaves interativas facilita e dinamiza o processo de identificação dos táxons, contribuindo para a difusão do conhecimento biológico e elaboração de programas voltados ao reconhecimento e conservação da biota.

Palavras-chave: chave de múltiplo acesso, ipê, taxonomia, tecnologia da informação.

Introdução

A Bahia possui aproximadamente 565.000 km², sendo o maior estado da Região Nordeste e o quinto maior do Brasil - IBGE (Instituto... 2002). Seu território abriga uma grande variedade de fitofisionomias e uma alta diversidade de animais e plantas (Giulietti et al. 2006), sendo uma região prioritária para estudos de florística e conservação. O levantamento das Bignoniaceae do Brasil (Lohmann 2012) revelou que o estado está entre os mais diversos em número de espécies, com destaque para a Aliança *Tabebuia* (*sensu* Grose & Olmstead 2007), um grupo exclusivamente neotropical que agrupa espécies de elevada importância ecológica, ornamental, medicinal e econômica (Gentry 1980). As espécies da Aliança são conhecidas popularmente como ipê ou pau-d'arco e uma delas, *Handroanthus albus* (Cham.) Mattos, é considerada a flor-símbolo do Brasil. A Bahia é um importante centro de diversidade da Aliança, já tendo sido inventariadas 26 espécies (Espírito-Santo et al. 2013), incluindo três espécies novas de *Handroanthus* (Espírito-Santo et al. 2012a, b).

A necessidade crescente de se conhecer a flora brasileira tem estimulado a criação de ferramentas que facilitem a identificação rápida e precisa de suas espécies, e as chaves de identificação têm sido amplamente utilizadas neste sentido. De acordo com Gordh & Headrick (2001), essas chaves são dispositivos taxonômicos por meio dos quais objetos podem ser identificados com base em um conjunto de estados de caracteres. Existem diferentes tipos de chaves: pictóricas, dicotômicas e interativas; as duas primeiras são consideradas convencionais e as mais difundidas (Seltmann 2004, Brach & Song 2005, Fujihara 2008). Para os especialistas, elas são instrumentos corriqueiros de trabalho e auxiliam na identificação das espécies. No entanto, a utilização de termos específicos e descrições incompletas ou subjetivas muitas vezes tornam essas chaves convencionais praticamente indecifráveis para aqueles menos familiarizados com o grupo em questão (Edwards & Morse 1995, Walter & Winterton 2007).

Diversos têm sido os esforços destinados à otimização das atividades de identificação das espécies. As ferramentas computacionais, por exemplo, vêm sendo utilizadas desde a década de 1960 (Goodall 1968, Morse 1968). As chaves interativas ou de múltiplos acessos, desenvolvidas a partir de programas computacionais, podem atrelar ferramentas adicionais, como banco de imagens, glossários e informações sobre os táxons. Nelas, não existe uma ordem pré-estabelecida para se iniciar a identificação; o usuário pode optar pelos caracteres mais visíveis dentre aqueles disponíveis no espécime. Essa flexibilidade torna a atividade menos complexa (Dallwitz et al. 2000, Walter & Winterton 2007, Bittrich et al. 2012) e aumenta consideravelmente as chances de identificação correta, mesmo com material incompleto. Dessa maneira, as chaves interativas podem contribuir substancialmente para a popularização da taxonomia e o avanço dos estudos florísticos, sistemáticos e de conservação (Dallwitz 1980, Jarvie & Stevens 1998, Dallwitz et al. 2000, Heidorn 2001, Silva et al. 2011, Bittrich et al. 2012).

O presente trabalho apresenta uma chave interativa para a identificação das espécies da Aliança *Tabebuia* nativas do estado da Bahia. A chave foi desenvolvida para atender uma ampla faixa da sociedade que se interessa pela flora brasileira, mas suas informações estão mais acessíveis àqueles com conhecimentos básicos de botânica, como técnicos e gestores ambientais, estudantes de biologia e paisagistas.

Material e Métodos

Os caracteres morfológicos foram obtidos a partir da análise de aproximadamente 1.200 exsiccatas depositadas nos herbários ALCB,

BAH, BHCb, CEN, CEPEC, HRB, HST, HUEFS, HUESB, HUESC, IBGE, IPA, MBM, R, RB, SP, SPF, UB e UFP [siglas de acordo com Thiers (2013)]. Buscou-se incluir no banco de dados os caracteres vegetativos e reprodutivos que mais contribuíram para a diferenciação das espécies (Espírito-Santo et al. 2013). A terminologia morfológica está de acordo com Radford et al. (1974) e Harris & Harris (1994). As fotografias do banco de imagens foram obtidas no campo, durante expedições realizadas entre fevereiro de 2010 e dezembro de 2012.

A construção da chave interativa teve início com a seleção e organização das características das espécies em uma planilha. O conjunto de valores possíveis para cada caráter foi incluído em uma lista múltipla (Figura 1). Cada elemento da lista foi identificado por um rótulo (legenda) e um valor informando se a opção é um “bloco-pai”, que pode ser expandida e apresentar diversas escolhas, ou um “bloco-filho”, que possui apenas uma escolha. A representação interna dos dados foi obtida computacionalmente por meio de estruturas presentes na linguagem Javascript, que permitem às páginas da internet capturarem e processarem os dados contidos na interface dentro do próprio navegador, tornando a exibição mais dinâmica, e sem a necessidade de comunicação com um servidor (Flanagan 2004). Utilizou-se a linguagem HTML para exibir graficamente os dados por meio de links que permitem aos usuários a escolha dos valores de cada caráter (Figura 2).

A interface gerada possibilita a comparação dos caracteres selecionados com a lista de características de cada espécie, armazenada no formato Javascript. O algoritmo responsável pela lista de espécies possíveis com as características selecionadas é controlado pelo pseudocódigo:

PARA [cada característica selecionada] *FAÇA*

SE (a espécie *POSSUI* a característica selecionada) *ENTÃO*

DEIXE a espécie na lista e *PASSE* para a próxima espécie

SENÃO

RETIRE a espécie da lista e *PASSE* para a próxima espécie

FIM

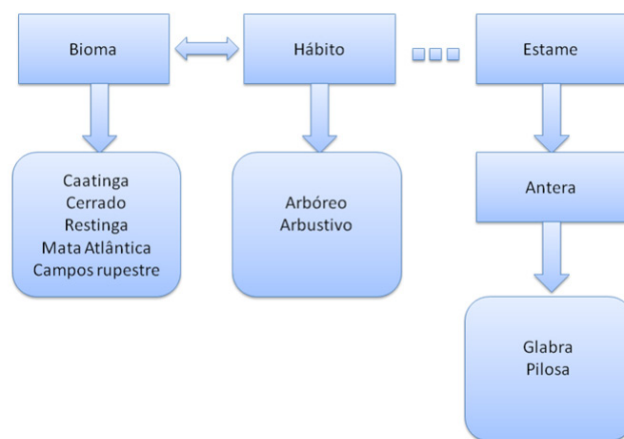


Figura 1. Diagrama ilustrando a hierarquia dos elementos utilizados na chave interativa. Cada “bloco-pai” (Bioma, Hábito ou Estame) possui um ou mais “blocos-filho” (Caatinga, Arbóreo, Antera, etc.), que podem gerar “filhos”, tornando-se “pai” (Antera).

Figure 1. Diagram illustrating hierarchy of components used in the interactive key. Each main component (Biome, Habit or Stamen) has one or more derived elements (Caatinga, Tree, Anther, etc.), which may also have a derived component, in this case acting as a main component as well (Anther).

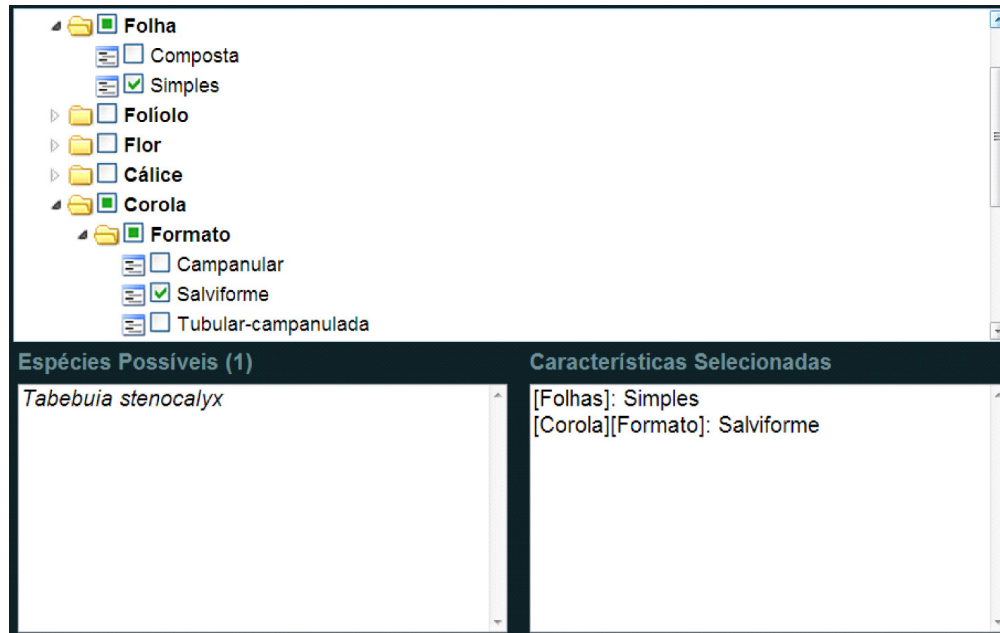
Chave interativa para a Aliança *Tabebuia* (Bignoniaceae) na Bahia

Figura 2. Interface gráfica da chave interativa cruzando as características selecionadas com o banco de espécies.

Figure 2. Graphic interface of the interactive key matching selected characters with species list.



Figura 3. Interface gráfica do *site* evidenciando, no menu esquerdo, as informações atreladas à chave, e à direita, informações de como ela deve ser utilizada, o glossário e os três blocos funcionais: campo com as características que podem ser selecionadas, bloco com as espécies possíveis e outro onde as características ficam armazenadas.

Figure 3. Graphic interface of the website showing information regarding the key in the left menu, and at right, information on how it should be used, the glossary and the three functional blocks: field with the features that can be selected, the block with possible species and another one where the features are stored.

Não existe uma ordem específica para checagem das características e o número de espécies tende a diminuir a cada item selecionado, até que reste apenas uma espécie (Figura 2). O código e a interface para a escolha das características foram inseridos em uma página *web*, tornando a chave interativa acessível pela internet.

Resultados

A interface do *site*, disponível para *download* em <http://www.mendeley.com/profiles/alessandro-rapini/publications/ComputerProgram/>, é composta por um menu com cinco *links* (Figura 3), onde são apresentadas informações gerais sobre o projeto, a área de estudo, a família Bignoniaceae e a Aliança *Tabebuia*. Neste item, também estão inseridos a chave de identificação interativa, um glossário botânico com os termos utilizados na chave e um banco de imagens com 72 fotografias.

Foram analisados e incluídos na chave 33 caracteres morfológicos, além de informações sobre o bioma onde ocorrem, descrição e comentários gerais sobre a distribuição e fenologia reprodutiva de todas as espécies. No *site* também podem ser encontradas instruções para o uso da chave. A chave é composta por três blocos funcionais: o primeiro inclui as informações referentes às espécies (biomas em que ocorrem, hábito e informações morfológicas das folhas, flores, frutos e sementes), o segundo é a lista das 26 espécies que ocorrem no estado (espécies possíveis) e o terceiro armazena as características selecionadas (Figura 3). A cor da corola e o formato da cápsula são os caracteres que mais auxiliam na diferenciação das espécies em grupos. Portanto, sugere-se que a identificação comece por esses caracteres. Independente da coloração selecionada, por exemplo, o número de espécies possíveis é reduzido em mais de 50%. Algumas características ou combinação destas são exclusivas de determinados táxons, por exemplo: corola verde e cápsulas elipsoide-oblongas identificam *Cybistax antisiphilitica*; corola saliforme, *Tabebuia stenocalyx*; anteras pilosas e cápsulas cilíndrico-espiraladas, *Godmania dardanoi*; lobos da corola maiores que 3,0 cm de comprimento, *Handroanthus grandiflorus*; ovário estipitado e cápsulas muricadas, o gênero *Zeyheria*.

Discussão

A possibilidade de se agregar informações adicionais às chaves interativas, como dados acerca da área e do grupo de estudo propiciam um ambiente favorável para iniciar a identificação. Inicialmente, é necessário selecionar os caracteres que podem ser examinados no material disponível. A flexibilidade de se iniciar a identificação por qualquer caráter é uma das principais vantagens das chaves com múltiplos acessos. Como os caracteres são dispostos de forma isolada e independente, a falta de uma estrutura da planta geralmente não compromete sua identificação. No entanto, a aplicação combinada de caracteres (e.g., folha, cálice e corola) propicia uma identificação mais rápida e precisa. Em algumas situações, especialmente para espécimes estéreis ou apenas com fruto, o processo pode indicar mais de uma espécie possível. Neste caso, recomenda-se analisar as descrições dessas espécies (clitando sobre o nome), além de consultar o banco de imagens para se concluir a identificação do material.

Apesar da versatilidade das chaves com múltiplos acessos, este recurso ainda é pouco utilizado para auxiliar na identificação das espécies brasileiras. Um exemplo são as chaves interativas produzidas pelo Departamento de Biologia Vegetal da UNICAMP: <http://www2.ib.unicamp.br/profs/volker/chaves>. Até o momento, no entanto, desconhecemos a publicação de chaves de múltiplos acessos voltadas para a identificação de espécies de plantas no estado da Bahia. A facilidade para atualização e acréscimo de novos táxons, caracteres e informações somados ao acesso rápido a partir de CD-ROM ou

internet são as principais vantagens das chaves interativas quando comparadas às chaves convencionais. Tais benefícios contribuem diretamente para a difusão do conhecimento biológico e podem servir como subsídios para a elaboração de projetos e programas voltados ao reconhecimento e conservação da biota.

Agradecimentos

Agradecemos ao CNPq pela concessão de bolsa de mestrado ao primeiro autor e de produtividade (PQ-1D) ao terceiro autor; à Fapesb, pelo apoio ao projeto Flora da Bahia, e ao MCT, pelo apoio ao Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio) do Semiárido.

Referências Bibliográficas

- BITTRICH, V., SOUZA, C.S.D., COELHO, R.L.G., MARTINS, M.V., HOPKINS, M.J.G. & AMARAL, M.C.E. 2012. An interactive key (Lucid) for the identifying of the genera of seed plants from the Duke Reserve, Manaus, AM, Brasil. *Rodriguésia* 63:55-64. <http://dx.doi.org/10.1590/S2175-78602012000100005>
- BRACH, A.R. & SONG, H. 2005. ActKey: a web-based interactive identification key program. *Taxon* 54: 1041-1046. <http://dx.doi.org/10.2307/25065490>
- DALLWITZ, M.J. 1980. A general system for coding taxonomic information. *Taxon* 29:41-46. <http://dx.doi.org/10.2307/1219595>
- DALLWITZ, M.J., PAINE, T.A. & ZURCHER, E.J. 2000. Principles of interactive keys. <http://delta-intkey.com> (último acesso em 17/12/2011).
- EDWARDS, M. & MORSE, D.R. 1995. The potential for computer-aided identification in biodiversity research. *Trends Ecol. Evol.* 10:153-158. [http://dx.doi.org/10.1016/S0169-5347\(00\)89026-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-5347(00)89026-6)
- ESPÍRITO-SANTO, F.S., SILVA-CASTRO, M.M. & RAPINI, A. 2012a. *Handroanthus grandiflorus* (Bignoniaceae), a new species from the semiarid region of Brazil. *Phytotaxa* 48:1-6. <http://www.mapress.com/phytotaxa/content/2012/1/pt00048p006.pdf>
- ESPÍRITO-SANTO, F.S., SILVA-CASTRO, M.M. & RAPINI, A. 2012b. Two new species of *Handroanthus* Mattos (Bignoniaceae) from the state of Bahia, Brazil. *Acta Bot. Bras.* 26:651-657. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062012000300014>
- ESPÍRITO-SANTO, F.S., SILVA-CASTRO, M.M. & RAPINI, A. 2013. Flora da Bahia: Bignoniaceae 2 – Aliança *Tabebuia*. *Sitientibus*, ser. Ci. Biol. 13: <http://pkp.uefs.br/ojs/index.php/sitientibusBiologia/article/view/211/282> (último acesso em 26/07/2013).
- FLANAGAN, D. 2004. Javascript – o guia definitivo. Ed. Bookman, Porto Alegre.
- FUJIHARA, R.T. 2008. Chave pictórica de identificação de famílias de insetos-pragas agrícolas. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- GENTRY, A.H. 1980. Bignoniaceae, Part I. Tribes Crescentieae and Tourrettieae. *Flora Neotropica Monograph* 25:1-131.
- GIULIETTI, AM., QUEIROZ, L.P., SILVA, T.R.S., FRANÇA, F., GUEDES, M.L. & AMORIM, A.M. 2006. Flora da Bahia. *Sitientibus*, ser. Ci. Biol. 6(3):169-173.
- GOODALL, D.W. 1968. Identification by computer. *BioScience*: 18:485-488. <http://dx.doi.org/10.2307/1294274>
- GORDH, G. & HEADRICK, D. 2001. A dictionary of entomology. CABI Publishing, Wallingford.
- GROSE, S.O. & OLMSTEAD, R.G. 2007. Evolution of a charismatic neotropical tree: molecular phylogeny of *Tabebuia s. l.*, and allied genera (Bignoniaceae). *Syst. Bot.* 32:650-659. <http://dx.doi.org/10.1600/036364407782250553>
- HARRIS, J.G. & HARRIS, M.W. 1994. Plant identification terminology: an illustrated glossary. Spring Lake Publishing, Spring Lake.

Chave interativa para a Aliança *Tabebuia* (Bignoniaceae) na Bahia

- HEIDORN, P.B. 2001. A tool for multipurpose use of online flora and fauna: the biological information browsing environment (BIBE). *First Monday* 6(2): <http://firstmonday.org/ojs/index.php/fm/article/view/835/744> (último acesso em 28/02/2013)
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 2002. Área territorial oficial. Resolução da presidência do IBGE de nº5, de 10 de outubro de 2002. IBGE. <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/areaterritorial/principal.shtm> (último acesso em 15/01/2012).
- JARVIE, J.K. & STEVENS, P.F. 1998. Interactive keys, inventory, and conservation. *Conserv. Biol.* 12:222-224. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1523-1739.1998.96123.x>
- LOHMANN, L.G. 2012. Bignoniaceae. In: Lista de espécies da flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB112305> (último acesso em 28/01/2012).
- MORSE, L.E. 1968. Construction of identification keys by computer. *Am. J. Bot.* 55:737.
- RADFORD, A.E., DICKINSON, W.C., MASSEY, J.R. & BELL, C.R. 1974. *Vascular plant systematics*. Harper & Row, New York.
- SELTMANN, K. 2004. Building web-based interactive keys to the hymenopteran families and superfamilies. M.Sc. thesis. University of Kentucky, Lexington.
- SILVA, H., PINHO, R., LOPES, L., NOGUEIRA, A.J.A. & SILVEIRA, P. 2011. Illustrated plant identification keys: An interactive tool to learn botany. *Comput. Educ.* 56:969-973. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2010.11.011>
- THIERS, B. 2013. Index Herbariorum: a global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. <http://sweetgum.nybg.org/ih> (último acesso em 28/02/2013).
- WALTER, D.E. & WINTERTON, S. 2007. Keys and the crisis in taxonomy: extinction or reinvention? *Annu. Rev. Entomol.* 52:193-208. PMID:16913830. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151054>

Recebido em 16/05/2013

Versão reformulada recebida em 28/07/2013

Publicado em 09/09/2013

A new species of *Omphale* Haliday 1833 (Hymenoptera: Eulophidae) from Brazil, parasitic on gall-midges on *Croton floribundus* Spreng (Euphorbiaceae)

Gabriela Cristina Gomes¹, Maíce Siqueira Franco¹ & Christer Hansson^{2,3}

¹*Departamento de Biologia Animal, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, CP 6190, CEP 13083-970, Campinas, SP, Brasil*

²*Scientific Associate of the Entomology Department, the Natural History Museum, Cromwell Road, London SW7 5BD, United Kingdom*

³*Corresponding author: Christer Hansson, e-mail: christerdennis@gmail.com*

GOMES, G.C.; FRANCO, M.S. & HANSSON, C. **A new species of *Omphale* Haliday 1833 (Hymenoptera: Eulophidae) from Brazil, parasitic on gall-midges on *Croton floribundus* Spreng (Euphorbiaceae).** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?article+bn00713032013>

Abstract: A tritrophic relationship involving the plant *Croton floribundus* Spreng (Euphorbiaceae), an unidentified gall-midge belonging to either *Clinodiplosis* Kieffer 1895 or *Alycaulus* Rübsaamen 1916 (Diptera: Cecidomyiidae), and a new species of parasitic wasp belonging to *Omphale* Haliday 1833 (Hymenoptera: Eulophidae) is described. The gall and *Omphale japii* sp. nov., are described and illustrated. This is the third record of *Omphale* from Brazil and the new species is compared to other *Omphale* species from the Neotropical region.

Keywords: *gall-maker, Cecidomyiidae, parasitoid, tritrophic interaction, Neotropical.*

GOMES, G.C.; FRANCO, M.S. & HANSSON, C. **Uma nova espécie de *Omphale* Haliday 1833 (Hymenoptera: Eulophidae) do Brasil, parasitoide de galhas em *Croton floribundus* Spreng (Euphorbiaceae).** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?article+bn00713032013>

Resumo: Neste estudo foi descrita a relação tritrófica envolvendo a planta *Croton floribundus* Spreng (Euphorbiaceae), um galhador não-identificado pertencente à *Clinodiplosis* Kieffer 1895 ou *Alycaulus* Rübsaamen 1916 (Diptera: Cecidomyiidae), e uma nova espécie de vespa parasitoide pertencente à *Omphale* Haliday 1833 (Hymenoptera: Eulophidae). A galha e *Omphale japii* sp. nov., foram descritas e ilustradas. Este é o terceiro registro de *Omphale* no Brasil e a nova espécie foi comparada a outras espécies de *Omphale* da região Neotropical.

Palavras-chave: *galhador, Cecidomyiidae, micro-himenóptero, interação tritrófica, Neotropical.*

Introduction

There are several regulatory processes in population dynamics. Tritrophic interactions between plants, herbivores, and their natural enemies is one of these, known as “bottom-up” (plants defense) or “top-down” (through natural enemies) processes (Price et al. 1980). Parasitoid insects, especially Hymenoptera parasitoids, are important natural enemies (Hanson & Gauld 2006). A tritrophic interaction involving *Croton floribundus* Spreng (Euphorbiaceae), Cecidomyiidae (Diptera) gall-makers, and a parasitoid belonging to *Omphale* Haliday 1833 (Hymenoptera: Eulophidae) attacking the gall-makers, is reported in this paper.

The plant in the tritrophic relationship, *Croton floribundus* (Euphorbiaceae), is a tree up to 13 meters high and is native to Brazil where it is known as “capixingui” or “tapixingui”. This tree requires ample light conditions and grows typically along forest edges, roads or paths in forests. Due to these light requirements it is a pioneer species characteristic of secondary semideciduous forests and is valuable for, and widely used in, reforestation programs (Fernandes et al. 2010). It also has medicinal properties including anti-inflammatory features (Correa 1984), and also with a potential to curb schistosomiasis (Medina et al. 2009).

Omphale Haliday 1833 is one of the largest genera in the subfamily Entedoninae, including 259 species worldwide (Noyes 2012). The knowledge of *Omphale* is concentrated mainly to Europe (Graham 1959, 1963; Bouček & Askew 1968), North America (Hansson 1996, 1997) and Central America (Hansson 2004). In the study of the fauna of Central America, which included 129 *Omphale* species – the majority of which were described in the study, the focus was on Costa Rica. Thus it has been shown that *Omphale* is well represented in the Neotropical region. However, the knowledge of the group in South America is very poor. In his catalogue on the Chalcidoidea of the Americas south of the U.S. De Santis (1979) listed only one species under *Omphale*, *O. striata* Howard 1897. It had been described from the island of Grenada, i.e. not from the South American mainland, and it has later been transferred from *Omphale* to *Euderus* (LaSalle & Schauff 1992). Hansson (2004) added a few species for South America and two of these, *O. divina* (Girault 1916) and *O. insetosa* Hansson 2004, were recorded from Brazil. The new species described here is thus the third species of *Omphale* known from Brazil.

Omphale species develop as koinobiont primary endoparasitoids (Dziurzynski 1961) and their hosts are gall-makers, mainly gall-midges (Diptera: Cecidomyiidae) (Bouček & Askew 1968, Hansson 1996, 2004). However, the hosts and biology are known only for a minority of species. For instance, in the Costa Rican study (Hansson 2004) hosts were recorded for only ten of the 129 species. The biology is an important part of species information and the new species described here has been reared from a host and the information published here is therefore a valuable contribution to the knowledge of this group.

Material and Methods

This study was carried out at Serra do Japi Reserve, Jundiá, SP, Brazil, in February and March 2011. Leaves with galls were collected and the leaves were kept separate in petri dishes pending the emergence of adults of gall-makers and parasitoids. The reared specimens were killed and kept in 80% ethanol. The alcohol preserved specimens were subsequently dried using a critical point drier and mounted on a rectangular card as described by Noyes (1982).

The SEM photos were made from uncoated specimens on their original cardboard mounting. This was possible to do in low vacuum mode on a JEOL® JSM 5600LV SEM microscope. The colour

photos were taken through a Nikon SMZ 1000 microscope with Nikon camera equipment DS-L1 & DS-5M. Each photo was made by merging several photos taken at different focus levels using the software Helicon Focus® Pro version 4.75.

The terminology used here follows Gibson (1997). For illustrations of the morphological terms see www.neotropicaeulophidae.com.

Acronyms of museums where material is deposited: BMNH (the Natural History Museum, London, UK), MUNI (Museum of Unicamp, Campinas, SP, Brazil), MZSP (Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, Brazil).

Descriptions

The gall (Figures 2-4)

The gall is always situated on the upper surface of the leaf (Figures 2, 4). It is a “furry” gall covered in long filaments (Figure 3). As young it is shaped like a ball, but as mature it is more or less ovoid - always higher than wide. The semi-minor axis of the gall is 1-7 mm with a mean of 2.5 mm, and semi-major axis 1-7 mm with a mean of 3.2 mm (n = 189). The number of galls per leaf varied from 1 to 38 with a mean of 6.7 galls/leaf (n = 367). The location of the galls on the leaf was with 70.5% in basal third, 28.5% in middle third and 1.0% in distal third (n = 189). The gall-inducer is a gall-midge (Diptera: Cecidomyiidae) belonging either to *Clinodiplosis* Kieffer 1895 or *Alycaulus* Rübsaamen 1916 (Maria Virgínia Urso-Guimarães, personal information).

This gall is similar to the gall on *Croton floribundus* found at Serra de São José, Minas Gerais, Brazil by Maia & Fernandes (2004). Both galls are ovoid leaf-galls that are slightly hairy. They are possibly galls induced by the same gall-midge but it is difficult to tell because Maia and Fernandes did not identify the gall, nor did they mention any insects reared from it.

The parasitoid

Omphale japii sp. nov. (Figures 1, 5-18)

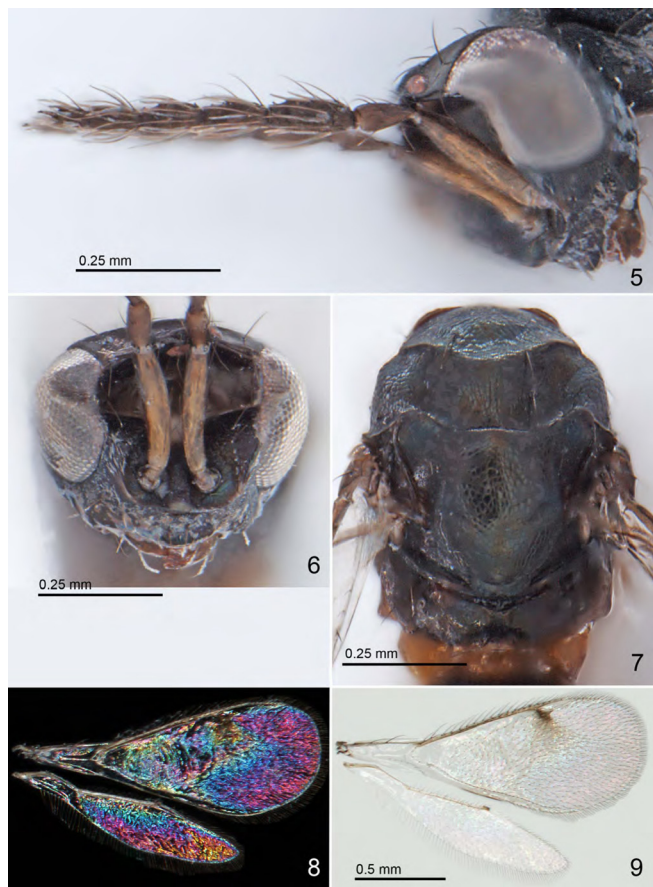
Diagnosis. Clypeus with rounded sides (Figure 11), i.e. not quadratic in shape; petiole dorsally with a laminar projection (Figure 18). Similar to *O. flavirufa* Hansson 2004, and runs to that species in the key to Costa Rican *Omphale*-species Hansson (2004), but differs from *O. flavirufa* in having occipital margin rounded (Figure 15), female with mesoscutum completely metallic (Figure 7), forewing with an infusate spot below the stigmal vein (Figure 9), with radial cell bare (Figure 9), and with postmarginal vein longer, 1.5-1.8X as long as stigmal vein.

Description. Female. Length of body 1.7-1.9 mm.

Scape yellowish-brown with dorsal edge dark brown, pedicel and flagellum dark brown (Figure 5). Frons below frontal suture black with metallic green and golden tinges, above frontal suture golden, clypeus black with golden tinges (Figure 6). Vertex golden-purple. Mesoscutum with posterior ½ golden-purple and with anterior ½ golden-green, to completely golden-green (Figure 7). Scutellum golden-purple with posterior 1/5 dull golden-green, to completely golden-green (Figure 7). Dorsellum black with golden-green tinges (Figure 7). Propodeum black to dark brown with golden tinges (Figure 7). Fore coxa dark brown, mid coxa pale brown with base dark brown to completely dark brown, hind coxa yellowish-brown; femora pale brown; tibiae and tarsi yellowish-brown, 4th tarsomere dark brown (Figure 1). Wings hyaline, forewing with an infusate spot below stigmal vein (Figure 9); wing interference patterns as in Figure 8. Petiole yellowish-brown (Figure 7). Gaster black, first



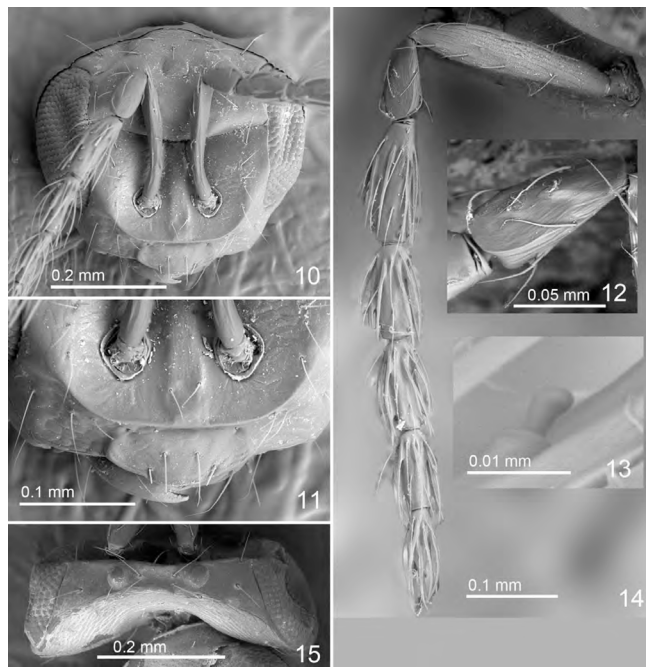
Figures 1-4. 1. *Omphale japii* sp.nov., habitus in lateral view, female, length of body 1.8 mm. 2-4. Galls of *Clinodiplosis/Alycaulus* sp. (Diptera: Cecidomyiidae) on *Croton floribundus*. 2. Galls on a tender leaf. 3. Close-up of a gall. 4. Galls on a mature leaf.



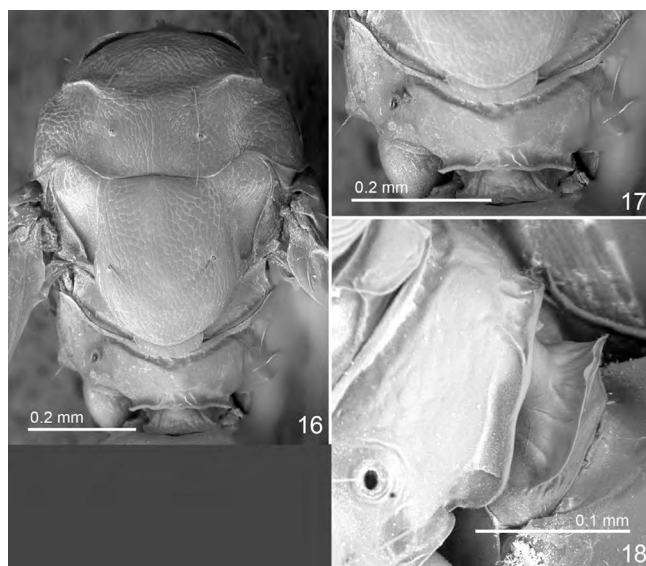
Figures 5-9. *Omphale japii* sp.nov., female. 5. Head with antenna in lateral view. 6. Head in frontal view. 7. Mesosoma in dorsal view. 8. Right wing-pair with interference pattern. 9. Right wing-pair in transparent mode.

tergite with golden-green and golden tinges, remaining tergites with golden tinges.

Antenna as in Figures 5, 14; flagellum with two short discoid anelli (Figure 12); sensilla ampullacea short and asymmetric (Figure 13). Vertex smooth (Figure 15). Frons with a frontal cross-ridge and with frontal suture V-shaped (Figure 10); below frontal



Figures 10-15. *Omphale japii* sp.nov., female. 10. Head in frontal view. 11. Lower part of head in frontal view with clypeus. 12. Part of antenna in lateral view with pedicel and two discoid anelli. 13. Sensillum ampullacea on flagellomere in lateral view. 14. Antenna in lateral view.



Figures 16-18. *Omphale japii* sp.nov., female. 16. Mesosoma in dorsal view. 17. Propodeum in dorsal view. 18. Petiole in lateral view.

suture with weak engraved reticulation, smooth close to eyes and close to frontal cross-ridge; above frontal suture smooth. Clypeus with very weak reticulation, rounded sides, roundly protruding lower margin, and 2.6X as wide as long (Figure 11). Occipital margin rounded (Figure 15). Ratios of height of eye/malar space/width of mouth 3.1/1.0/3.3; distance between posterior ocelli/posterior ocellus and compound eye/posterior ocelli and occipital margin 10.3/7.0/1.0; width of head/width of thorax 1.2.

Mesoscutum and scutellum with strong and engraved reticulation (Figure 16); midlobe of mesoscutum with two pairs of setae and

scutellum with one pair. Dorsellum flat and smooth (Figure 17). Forewing speculum closed below (Figure 9); with 7–11 admarginal setae attached to ventral surface of marginal vein, without stigmal hairlines but with radial cell bare. Propodeum smooth and shiny with a groove along anterior margin (Figure 17); propodeal callus with 2 setae; petiolar foramen rounded triangular. Ratios of length of wing/length of marginal vein/height of wing 1.8/1.1/1.0; length of postmarginal vein/length of stigmal vein 1.5-1.8.

Petiole short and wide, dorsally with a laminar projection (Figure 18). Gaster ovate-elongate; last tergite 0.6X as long as width at base. Ratio of length of mesosoma/length of gaster 0.7-0.9.

Male. Unknown.

Hosts. Reared from a gall-midge (Diptera: Cecidomyiidae) on *Croton floribundus* (Euphorbiaceae). The gall-midge belongs either to *Clinodiplosis* or *Alycaulus*, and probably represents an undescribed species. The similar species *O. flavirufa* is one of few *Omphale*-species with a host record. It has been reared from *Dialecta* sp. (Lepidoptera: Gracillariidae) on *Cordia alliodora* (Boraginaceae), i.e. a very different host and host plant from *O. japii*.

Distribution. Brazil.

Material examined.

Holotype female from BRAZIL, São Paulo State (SP), Jundiá, Serra do Japi Reserve, 1300 m, 23°11' S 46° 52' W, 18.iii.2011, reared from galls on *Croton floribundus*, collected by Gabriela C. Gomes and Maíce S. Franco (deposited in MUNI). Paratypes: 9 females with same label data as holotype (BMNH, MUNI, MZSP); 6 females from same locality and same host as holotype but collected ii.2011 (MUNI, MZSP).

Etymology. Named after collecting locality.

Remarks. *Omphale japii* sp. nov. belongs to species-group *scutellata*, i.e. to same group as the similar *O. flavirufa*.

Acknowledgements

Thanks to Maria Virgínia Urso-Guimarães for the identification of the gall-maker, Jober Fernando Sobczak and João Vasconcellos-Neto for help with development of the work. Thanks also to the Department of Biology, Lund University, for the use of their SEM facility.

References

- BOUČEK, Z. & ASKEW, R.R. 1968. Index of Palaearctic Eulophidae (excl. Tetrastichinae). Le Francois, Paris, Index of Entomophagous Insects, v.3, 254p.
- CORREA, M.P. 1984. Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas. Imprensa Nacional, Rio de Janeiro, v.1, p.503-504.
- DE SANTIS, L. 1979. Catálogo de los himenópteros calcidoideos de América al sur de los Estados Unidos. Publicacion Especial, La Plata, 488p.
- DZIURZYNSKI, A. 1961. The inhabitants of the galls of *Mikiola fagi* Htg. Part I. Materials for the morphology and development of *Mikiola fagi* Htg. (Toniidae), as well as of its endophagous primary parasite *Secodes coactus* Ratzb. (Chalcididae). Acta Zool. Cracov. 6:9-49.
- FERNANDES, L.B.R., DIAS FILHO, M.M., FERNANDES, M.A. & PENTEADO-DIAS, A.M. 2010. Ichneumonidae (Hymenoptera) parasitoids of Lepidoptera caterpillars feeding on *Croton floribundus* Spreng (Euphorbiaceae). Rev. Bras. Entomol. 54(2):263-269. <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262010000200009>
- GIBSON, G.A.P. 1997. Morphology and terminology. In Annotated Keys to the Genera of Nearctic Chalcidoidea (Hymenoptera) (Huber, J.T., Woolley J.B.). NRC Research Press, Ottawa, 794p., p.16-44.
- GRAHAM, M.W.R.V. 1959. Keys to the British genera and species of Elachertinae, Eulophinae and Euderinae (Hym., Chalcidoidea). Trans. Soc. Brit. Entomol. 13:169-204.
- GRAHAM, M.W.R.V. 1963. Additions and corrections to the British list of Eulophidae (Hym., Chalcidoidea), with descriptions of some new species. Trans. Soc. Brit. Entomol. 15:167-275.
- HANSON, P.E. & GAULD, I.D. (eds.). 2006. Hymenoptera de la Región Neotropical. Mem. Am. Entomol. Inst. 77:1-994.
- HANSSON, C. 1996. Taxonomic revision of the Nearctic species of *Omphale* Haliday (Hymenoptera: Eulophidae). Entomol. Scand. Suppl. 49:1-78.
- HANSSON, C. 1997. Mexican species of the genus *Omphale* Haliday (Hymenoptera: Eulophidae), a taxonomic study. J. Hymenoptera Res. 6:107-151.
- HANSSON, C. 2004. Eulophidae of Costa Rica, 2. Mem. Am. Entomol. Inst. 75:1-537.
- LASALLE, J. & SCHAUFF, M.E. 1992. Preliminary studies on Neotropical Eulophidae (Hymenoptera: Chalcidoidea): Ashmead, Cameron, Howard and Walker species. Contrib. Am. Entomol. Inst. 27:1-47.
- MAIA, V.C. & FERNANDES, G.W. 2004. Insect galls from Serra de São José (Tiradentes, MG, Brazil). Braz. J. Biol. 64(3):423-445. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842004000300007>
- MEDINA, J.M., PEIXOTO, J.L.B., SILVA, A.A., HARAGUCHI, S.K., FALAVIGNA, D.L.M., ZAMUNER, M.L.M., SARRAGIOTTO, M.H. & VIDOTTI, G.J. 2009. Evaluation of the molluscicidal and *Schistosoma mansoni* cercariae activity of *Croton floribundus* extracts and kaurenoic acid. Rev. Bras. Farmacogn. 19(1B):207-211. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-695X2009000200005>
- NOYES, J.S. 1982. Collecting and preserving chalcid wasps (Hymenoptera: Chalcidoidea). J. Nat. Hist. 16:315-334. <http://dx.doi.org/10.1080/00222938200770261>
- NOYES, J.S. 2012. Universal Chalcidoid Database. <http://www.nhm.ac.uk/research-curation/research/projects/chalcidoids/database/> (último acesso em 04/04/2012).
- PRICE, P.W., BOUTON, C.E., GROSS, P., McPHERON, B.A., THOMPSON, J.N. & WEIS, A.E. 1980. Interactions among three trophic levels: influence of plant on interactions between insect herbivores and natural enemies. Ann. Rev. Ecol. Syst. 11:41-65. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.es.11.110180.000353>

Received 08/10/2012

Revised 06/13/2013

Accepted 07/12/2013

Diversidade de moluscos em riachos de uma região de encosta no extremo sul do Brasil

Roger Lopes de Sá¹, Luciani Santin², Aline Monique Blank do Amaral¹,

Alcemar Rodrigues Martello¹ & Carla Bender Kotzian^{3,4}

¹Curso de Pós-graduação em Biodiversidade Animal, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, CEP 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil

²Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, CEP 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil

³Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Animal, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, CEP 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil

⁴Autor para correspondência: Carla Bender Kotzian, e-mail: modrizalok@hotmail.com

SÁ, R.L., SANTIN, L., AMARAL, A.M.B., MARTELLO, A.R. & KOTZIAN, C.B. **Diversity of mollusks in streams of a montane region in southern Brazil.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?inventory+bn00213032013>

Abstract: Stream mollusks in a region of slope in southern Brazil (Toropi River Basin) were inventoried by means of collections conducted in 40 sites, in altitudes ranging from 70 to 500 meters. At a whole, 18 species were found, represented predominantly by gastropods (11 species, 89.5% of the individuals). *Potamolithus catharinae* and *Uncancylus concentricus* were the dominant species. The latter was also well distributed, occurring in 81% of the sampling sites. Among the bivalves, only the invasive Asian clam *Corbicula fluminea* was abundant, but it occurred in only one sampling site. Four species were rare, being represented by less than three individuals, and the Unionoida were represented by two species only. Dominance and diversity of gastropods were higher than the bivalves, reflecting the gravel substrate of stream beds in the Toropi River Basin. The low richness recorded in the area studied is related to paucity of fine sediments and macrophytes in the streams, factors that commonly favors mollusks diversity. This condition also characterizes other southern Brazilian streams.

Keywords: freshwater mollusks, rithral zone, South America, gastropods, bivalves.

SÁ, R.L., SANTIN, L., AMARAL, A.M.B., MARTELLO, A.R. & KOTZIAN, C.B. **Diversidade de moluscos em riachos de uma região de encosta no extremo sul do Brasil.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?inventory+bn00213032013>

Resumo: Moluscos de riachos de uma região de encosta, no extremo sul do Brasil (Bacia do Rio Toropi) foram inventariados através de coletas conduzidas em 40 locais, com altitudes variando entre 70 e 500 metros. Ao todo, 18 espécies foram encontradas, representadas predominantemente por gastrópodes (11 espécies, 89,5% dos indivíduos). *Potamolithus catharinae* e *Uncancylus concentricus* foram as espécies dominantes. A última espécie também foi a melhor distribuída, estando presente em 81% dos locais amostrados. Entre os bivalves, apenas a espécie asiática invasora *Corbicula fluminea* foi abundante, mas ocorreu em um único local de coleta. Cerca de quatro espécies foram raras, estando representadas por não mais que três indivíduos. Apenas duas espécies de Unionoida foram encontradas. A dominância e a maior diversidade de gastrópodes em relação ao registrado para bivalves reflete o substrato predominantemente cascalhoso dos riachos da Bacia do Rio Toropi. A baixa riqueza registrada na área de estudo pode ser atribuída à escassez de sedimentos finos e de macrófitas, fatores que costumam favorecer a diversidade de moluscos. Essa condição também caracteriza outros riachos do sul do Brasil.

Palavras-chave: moluscos límnicos, zona rithral, América do Sul, gastrópodes, bivalves.

Introdução

Moluscos límnicos encontram-se entre os grupos animais mais ameaçados de extinção (Ricciardi & Rasmussen 1999, Bogan 2008, Strong et al. 2008). Práticas agrícolas como canalizações, barramentos, drenagem e liberação de agrotóxicos na água estão entre as principais causas do declínio da malacofauna de rios, lagos e banhados (Allan & Flecker 1993, Allan 2004), além de certos poluentes (Dudgeon et al. 2006). Essas interferências antrópicas alteram fatores ambientais importantes para sobrevivência dos moluscos, como velocidade da água, conteúdo de oxigênio dissolvido, matéria orgânica em suspensão, etc. (e.g., Howard & Cuffey 2006, Allen & Vaughn 2010, Pérez-Quintero 2012). A introdução de espécies exóticas de moluscos também tem sido sugerida como causa importante para a extirpação de certas espécies nativas (Ricciardi et al. 1998, Strayer 1999, Mansur et al. 2012). Desta forma, estudar a biodiversidade dos moluscos límnicos, gerando informações sobre diversos aspectos da ecologia de espécies, populações e comunidades, é imprescindível para preservá-los (Lysne et al. 2008, Downing et al. 2010, Pérez-Quintero 2011).

A malacofauna dulcícola do estado do Rio Grande Sul, possivelmente, é uma das mais bem conhecidas no Brasil. Cerca de 373 espécies nativas (Simone 2006) e nove exóticas (Santos et al. 2012) são registradas no país. Para o Rio Grande do Sul, inventários indicam a presença de aproximadamente 95 espécies nativas e cinco exóticas (Simone 2006, Agudo-Padrón 2009). No Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção do estado 11 espécies são consideradas em perigo ou vulneráveis (Mansur et al. 2003). Adicionalmente, um dos principais obstáculos ao conhecimento da diversidade da malacofauna do estado é a falta de conhecimento sobre a distribuição das espécies (Mansur et al. 2003). Enquanto a fauna de banhados e lagoas é relativamente bem inventariada (Mansur et al. 1991, Veitenheimer-Mendes et al. 1992, Lanzer 2001, Drügg-Hahn et al. 2006), a maioria dos estudos conduzidos em rios restringe-se a certas bacias ou sub-bacias hidrográficas (Pereira et al. 2000a, b, Mansur & Pereira 2006, Martello et al. 2006), ou a certos cursos de grandes rios (Pfeifer & Pitoni 2003, Mansur & Pereira 2006, Castillo et al. 2007). Riachos, que costumam abrigar uma alta diversidade de moluscos em certas regiões do mundo (Strong et al. 2008), são pouco estudados, principalmente em áreas de encosta (Pereira et al. 2011), as quais podem conter espécies endêmicas (Mehlhop & Vaughn 1994). Além disso, a maioria não foi conduzida de forma exaustiva, ou seja, utilizando no mínimo 25 locais de amostragem, esforço recomendado para um bom conhecimento sobre as comunidades de moluscos (Dorazio 1999).

O uso dos recursos hídricos para produção de energia elétrica e principalmente para finalidades agrícolas no estado do Rio Grande do Sul é antigo (Beskow 1984). Reservatórios de diversas dimensões são extremamente numerosos e continuam proliferando. Açudes com tamanho igual ou inferior a 5 ha não necessitam de autorização de órgãos ambientais para serem construídos (Portaria SEMA/FEPAM, n. 94, de 16 de dezembro de 2008), apesar de muitos deles serem obtidos às expensas dos barramentos de riachos. A situação de intenso represamento das águas de riachos, somada ao pouco conhecimento sobre a diversidade de moluscos nesses ambientes, mostra, claramente, a necessidade e a urgência de se inventariar esta malacofauna dos riachos do estado.

Este estudo apresenta o resultado de um levantamento de espécies de moluscos conduzido em 40 riachos da Bacia do Rio Toropi, na Encosta do Planalto do Rio Grande do Sul. Algumas características da estrutura da comunidade de moluscos também foram analisadas, de modo a contribuir-se de forma mais efetiva para o conhecimento da ecologia desse grupo, fornecendo informações que possam vir a ser úteis para ações de conservação.

Material e Métodos

1. Área de estudo

A Bacia do Rio Toropi localiza-se no extremo sul do Brasil (Estado do Rio Grande do Sul), entre as latitudes de 28° 30' S a 31° S, e longitudes de 53° 30' a 57° W (Figura 1), abrangendo uma área total de 47.740 km². As nascentes localizam-se no Planalto Meridional, onde a altitude alcança 499 metros, mas a maioria dos rios e riachos ocupa a encosta do Planalto. O Rio Toropi é de 6ª ordem próximo à foz, e desemboca no Rio Ibicuí, na Depressão Central, uma região com altitudes baixas, em torno de 72,54 metros (Hundertmarck & Miorin 2001). Geologicamente, nas áreas mais altas, os rios correm sobre rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, e na encosta correm sobre uma mistura de rochas vulcânicas e sedimentos, as últimas representadas pelas formações Botucatu e Caturrita. Próximo à foz, predominam sedimentos aluviais (Robaina et al. 2010).

O clima na região se caracteriza por apresentar chuvas durante todos os meses do ano, e precipitação acumulada anual variando entre 1.250 e 2.000 mm (Silva et al. 2006, Buriol et al. 2007). A temperatura média do mês mais quente é superior a 22 °C e a do mês mais frio superior a 3 °C e, na região, o clima é considerado temperado (Maluf 2000). A vegetação da área estudada está inserida na zona de transição entre a Floresta Estacional Decidual na encosta do Planalto e a Savana (campos) na Depressão Central (Marcuzzo et al. 1998, Quadros & Pillar 2002). Atualmente, grande parte da vegetação existente na Depressão Central deu lugar à agricultura (arroz), principalmente ao longo das margens dos rios e riachos (Pedron et al. 2006). Na encosta, plantações de milho e feijão são comuns, mas o cultivo de soja e a pecuária predominam, principalmente próximo ao Planalto.

2. Locais de coleta

As coletas foram feitas nos meses de outubro e novembro de 2010. Quarenta locais foram escolhidos para estudo (Figura 1), em riachos de ordem variável (1ª a 4ª) e mata ciliar preservada, desde o Planalto até as áreas mais baixas da Depressão Central. A caracterização dos mesmos foi feita considerando-se a presença de

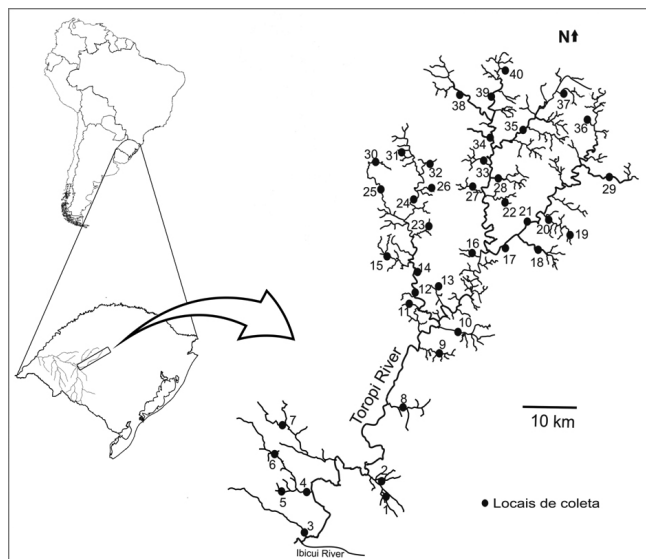


Figura 1. Área de estudo e locais de coleta de moluscos na bacia do Rio Toropi, RS, Brasil.

Figure 1. Study area and location of the mollusk sampling sites in the Toropi River Basin, RS, Brazil.

macrófitas (identificadas até gênero), granulometria predominante ($\geq 70\%$, escala de Wentworth), altitude (determinada com auxílio de GPS) e ordem (determinada com base em mapas cartográficos com escala 1:50.000). A descrição ambiental de cada local encontra-se na Tabela 1.

3. Amostragem e identificação

As coletas foram realizadas, preferencialmente, nas margens dos rios, não se ultrapassando 1 metro de profundidade. As amostragens foram feitas através de parcelas de 5×1 m (5 m^2), utilizando-se

peneiras (malha = 1 mm) (Cummins 1994, Martello et al. 2006, Tietze & De Francesco 2010). Em cada parcela, a amostragem foi conduzida por três pessoas igualmente treinadas, com esforço de coleta de 20 minutos/pessoa. Os exemplares coletados foram acondicionados em frascos com álcool 80%. Macrófitas presentes no interior da área de cada parcela foram vistoriadas individualmente, e os moluscos nelas encontrados adicionados às amostras. No laboratório, a identificação foi feita até o nível de espécie, com auxílio de bibliografia especializada e, eventualmente, de especialistas. A classificação das espécies em categorias taxonômicas superiores

Tabela 1. Localização e caracterização dos locais de coleta de moluscos em riachos da bacia do Rio Toropi, RS, Brasil. (Granulometria: Ca = cascalho; Ar = areia; La = lama. Macrófitas: 1 = gramínea; 2 = junco; 3 = *Eleocharis* sp.; 4 = *Litter* sp.; 5 = *Ludwigia* sp.; 6 = *Podostemum* sp.; 7 = *Eichhornia azurea*; 8 = *Myriophyllum aquaticum*; 9 = *Pontederia lanceolata*; 10 = *Sagittaria montevidensis*).

Table 1. Location and characterization of the mollusk sampling sites in streams of the Toropi River Basin, RS, Brazil. (Granulometry: Ca = gravel; Ar = sand; La = mud. Macrophytes: 1 = grasses; 2 = bulrush; 3 = *Eleocharis* sp.; 4 = *Litter* sp.; 5 = *Ludwigia* sp.; 6 = *Podostemum* sp.; 7 = *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth; 8 = *Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdc.; 9 = *Pontederia lanceolata* Nutt.; 10 = *Sagittaria montevidensis* Cham. & Schl.).

Local	Localização geográfica	Altitude (m)	Ordem	Granulometria (%)	Macrófitas
1	29° 36' 8.58 S / 54° 28' 58.6 W	100	1 ^a	Ca (89,5)	1, 2
2	29° 36' 50.0 S / 54° 20' 52.3 W	90	1 ^a	Ca (87,8)	8, 10
3	29° 33' 31.4 S / 54° 29' 09.2 W	99	2 ^a	Ca (95,3)	5
4	29° 36' 42.3 S / 54° 21' 04.2 W	81	2 ^a	Ar (41,9) La (58,1)	3
5	29° 35' 07.5 S / 54° 29' 20.2 W	100	3 ^a	Ar (99,4)	-
6	29° 36' 37.9 S / 54° 20' 40.3 W	94	3 ^a	Ar (92,9)	9
7	29° 38' 35.4 S / 54° 29' 06.4 W	96	4 ^a	Ar (91,8)	-
8	29° 43' 00.5 S / 54° 30' 28.5 W	92	4 ^a	La (100)	5, 7
9	29° 33' 31.1 S / 54° 29' 09.8 W	143	1 ^a	Ca (59,2) Ar (40,2)	-
10	29° 31' 30.9 S / 54° 13' 56.6 W	116	1 ^a	Ca (38,4) Ar (60,6)	-
11	29° 26' 31.7 S / 54° 12' 48.8 W	170	2 ^a	Ca (73,6)	-
12	29° 27' 13.0 S / 54° 09' 55.1 W	158	2 ^a	Ca (78,1)	-
13	29° 21' 00.4 S / 54° 06' 09.0 W	159	3 ^a	Ca (58) Ar (39,9)	4, 6
14	29° 28' 39.7 S / 54° 14' 00.9 W	106	3 ^a	Ar (90,2)	-
15	29° 27' 40.2 S / 54° 11' 37.9 W	134	4 ^a	Ca (96,6)	6
16	29° 30' 56.5 S / 54° 09' 29.3 W	110	4 ^a	Ar (93,3)	-
17	29° 31' 18.5 S / 54° 06' 02.2 W	230	1 ^a	Ca (93,5)	-
18	29° 32' 34.0 S / 54° 08' 15.4 W	227	1 ^a	Ca (91,4)	-
19	29° 25' 06.8 S / 54° 05' 29.4 W	231	2 ^a	Ca (100)	-
20	29° 32' 53.8 S / 54° 09' 06.2 W	221	2 ^a	Ca (64,5) Ar (34,4)	-
21	29° 21' 00.8 S / 54° 12' 37.7 W	267	3 ^a	Ca (100)	-
22	29° 26' 54.5 S / 54° 07' 46.3 W	206	3 ^a	Ca (95,7)	-
23	29° 19' 06.2 S / 54° 09' 15.7 W	274	4 ^a	Ca (49,7) Ar (49,1)	4, 6
24	29° 28' 59.3 S / 54° 04' 18.1 W	214	4 ^a	Ca (96,4)	-
25	29° 16' 57.2 S / 54° 05' 57.7 W	377	1 ^a	Ca (95,2)	-
26	29° 19' 35.9 S / 54° 03' 28.6 W	385	1 ^a	Ar (94,9)	6
27	29° 19' 04.9 S / 54° 07' 20.0 W	352	2 ^a	Ca (97)	-
28	29° 22' 56.5 S / 54° 03' 46.6 W	318	2 ^a	Ar (88,5)	6
29	29° 14' 34.9 S / 53° 57' 58.6 W	353	3 ^a	Ca (94)	-
30	29° 11' 27.2 S / 54° 05' 06.7 W	391	3 ^a	Ca (92,6)	-
31	29° 06' 19.4 S / 53° 56' 39.1 W	396	4 ^a	Ca (93,2)	-
32	29° 26' 42.0 S / 53° 56' 23.8 W	327	4 ^a	Ca (98,6)	-
33	29° 18' 37.2 S / 53° 48' 57.4 W	435	1 ^a	Ca (89,1)	-
34	29° 09' 30.8 S / 53° 44' 49.7 W	476	1 ^a	Ca (47) Ar (51,2)	-
35	29° 16' 25.7 S / 53° 47' 56.8 W	417	2 ^a	Ca (91,6)	-
36	29° 05' 48.5 S / 53° 58' 29.3 W	424	2 ^a	Ca (90,8)	-
37	29° 06' 44.5 S / 53° 50' 06.2 W	414	3 ^a	Ca (92)	-
38	29° 03' 58.6 S / 53° 56' 26.1 W	468	3 ^a	Ca (89,7)	-
39	29° 24' 27.0 S / 53° 42' 57.3 W	438	4 ^a	Ca (95)	-
40	29° 09' 09.5 S / 53° 58' 05.8 W	413	4 ^a	Ca (98,2)	-

a gênero baseou-se em Simone (2006). O material-testemunha foi depositado na Coleção de Moluscos do Setor de Zoologia, Departamento de Biologia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), sob a seguinte numeração: UFSM-M-101.371 *Corbicula fluminea* (Müller, 1774); UFSM-M-101.372 a 101.395 *Uncancylus concentricus* (d'Orbigny, 1835); UFSM-M-101.396 a 101.402 *Potamolithus catharinae* Pilsbry, 1911; UFSM-M-101.403 a 101.406 *Hebetancylus moricandi* (d'Orbigny, 1837); UFSM-M-101.407 a 101.415 *Potamolithus ribeirensis* Pilsbry, 1911; UFSM-M-101.416 a 101.419 *Heleobia bertoniana* Pilsbry, 1911; UFSM-M-101.420 a 101.423 *Biomphalaria straminea* (Dunker, 1848); UFSM-M-101.424 a 101.430 *Biomphalaria tenagophila* (d'Orbigny, 1835); UFSM-M-101.431 a 101.434 *Lymnaea columella* (Say, 1817); UFSM-M-101.435 e 101.436 *Eupera klappenbachi* Mansur & Veitenheimer, 1975; UFSM-M-101.437 *Eupera elliptica* Ituarte & Mansur, 1993; UFSM-M-101.438 a 101.441 *Asolene spixii* Orbigny, 1838; UFSM-M-101.442 a 101.444 *Pisidium sterkianum* Pilsbry, 1897; UFSM-M-101.445 *Pisidium punctiferum* (Guppy, 1867); UFSM-M-101.446 a 101.449 *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1804); UFSM-M-101.450 *Pomella americanista* (Ihering, 1919); UFSM-M-101.451 a 101.455 *Diplodon rhuacoicus* (d'Orbigny, 1835); e UFSM-M 101.460 *Anodontites tenebricosus* (Lea, 1834).

4. Análise dos dados

Exemplares representados apenas por conchas não foram incluídos nas análises. A diversidade da comunidade foi analisada conforme riqueza (S), número (N), frequência relativa (%) e dominância. A riqueza acumulada de espécies na área de estudo foi estimada através de curva do coletor, através do método de Coleman (Coleman 1981), obtida com 500 curvas geradas por adição aleatória das amostras, no programa *EstimateS* 8.0 (Cowell 2006). Este método foi selecionado, pois calcula a flutuação em torno da curva média, quando as amostras são adicionadas, e é excelente para avaliar o quanto o inventário se aproxima da riqueza total da área (Colwell & Coddington 1994).

Resultados

Na área de estudo, 2300 exemplares vivos, classificados em 18 espécies foram encontrados. A curva do coletor, construída com base nos moluscos obtidos em cada local de coleta, não atingiu a assíntota, mas mostrou tendência à estabilização (Figura 2), sugerindo que algum acréscimo na riqueza poderá ser obtido com novos esforços de amostragem.

Os gastrópodes foram mais numerosos, representando 89,5% do total de indivíduos coletados, e foram representados por 11 espécies (Tabela 2): *Pomacea canaliculata*, *Asolene spixii*, *Pomella americanista*, *Potamolithus catharinae*, *Potamolithus ribeirensis*, *Heleobia bertoniana*, *Lymnaea columella*, *Biomphalaria straminea*, *Biomphalaria tenagophila*, *Hebetancylus moricandi* e *Uncancylus concentricus*, enquanto os bivalves foram representados por sete espécies: *Diplodon rhuacoicus*, *Anodontites tenebricosus*, *Corbicula fluminea*, *Pisidium punctiferum*, *Pisidium sterkianum*, *Eupera elliptica* e *Eupera klappenbachi* (Figuras 3 a 5).

Discussão

A riqueza (S=18) e as espécies dominantes encontradas na área de estudo são semelhantes às registradas em outros riachos do sul do Brasil (Martello et al. 2006, Freitas 2011, Pereira et al. 2011). Riqueza maior (S=23) só foi registrada em uma área de nascentes do Rio Gravataí, localizada em banhado, rico em macrófitas (Veitenheimer-Mendes et al. 1992). A riqueza encontrada nos riachos do extremo sul do Brasil contrasta com aquela mencionada para outros locais

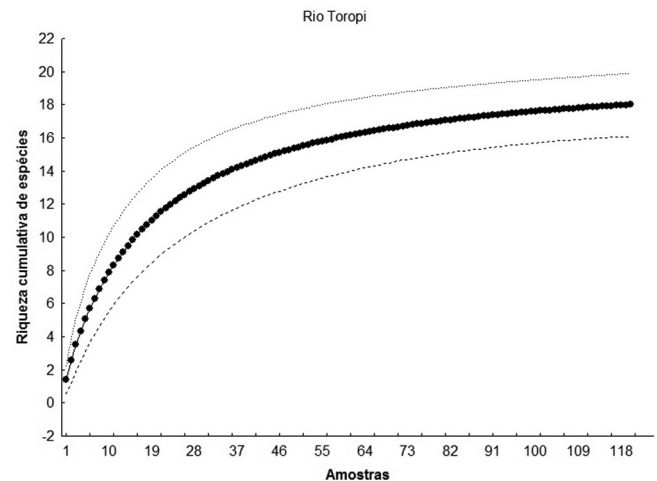


Figura 2. Curva do coletor com base nos moluscos obtidos em cada local de coleta da bacia do Rio Toropi, RS, Brasil.

Figure 2. Species accumulation curve based on mollusks collected in each sampling site in the Toropi River Basin, RS, Brazil.

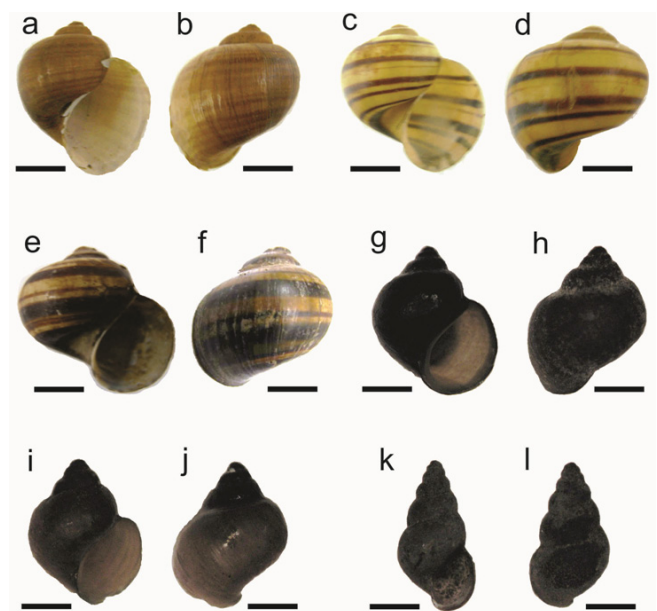


Figura 3. *Pomacea canaliculata* (a,b) vista ventral e dorsal (escala = 0,9 cm); *Asolene spixii* (c,d) vista ventral e dorsal (escala = 0,9 cm); *Pomella americanista* (e,f) vista ventral e dorsal (escala = 0,7 cm); *Potamolithus catharinae* (g,h) vista ventral e dorsal (escala = 0,2 cm); *Potamolithus ribeirensis* (i,j) vista ventral e dorsal (escala = 0,1 cm); *Heleobia bertoniana* (k,l) vista ventral e dorsal (escala = 0,4 cm).

Figure 3. *Pomacea canaliculata* (a,b) ventral and dorsal view (scale = 0.9 cm); *Asolene spixii* (c,d) ventral and dorsal view (scale = 0.9 cm); *Pomella americanista* (e,f) ventral and dorsal view (scale = 0.7 cm); *Potamolithus catharinae* (g,h) ventral and dorsal view (scale = 0.2 cm); *Potamolithus ribeirensis* (i,j) ventral and dorsal view (scale = 0.1 cm); *Heleobia bertoniana* (k,l) ventral and dorsal view (scale = 0.4 cm).

do hemisfério Norte. Um estudo abrangente sobre a diversidade de gastrópodes mostra que riachos são locais com grande riqueza e endemismo (Strong et al. 2008). Com efeito, um número maior de espécies em relação ao aqui registrado só é observado em rios de maior porte e/ou em áreas mais baixas da região sul do Brasil, bem como em áreas vizinhas (Bonetto & Di Persia 1975, Pereira et al.

Tabela 2. Abundância (N) e riqueza (S) de espécies de moluscos encontradas em riachos da Bacia do Rio Toropi, RS, Brasil.

Table 2. Abundance (N) and richness (S) of mollusk species found in streams of the Toropi River Basin, RS, Brazil.

Espécies	Locais de coleta																				Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
<i>P. canaliculata</i>	13	11	0	0	2	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
<i>A. spixii</i>	0	0	0	0	0	0	1	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
<i>P. americanista</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-
<i>P. catharinae</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	17	0	-
<i>P. ribeirensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	2	0	0	0	0	5	0	-
<i>H. bertoniana</i>	0	0	0	0	0	0	0	113	0	0	0	0	0	7	0	0	0	6	0	245	-
<i>L. columella</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	-
<i>B. straminea</i>	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
<i>B. tenagophila</i>	1	1	0	4	0	0	1	61	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	-
<i>H. moricandi</i>	2	0	0	6	0	0	0	86	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	-
<i>U. concentricus</i>	54	7	1	0	20	0	0	4	1	1	42	51	11	88	3	2	39	0	3	0	-
<i>D. rhuacoicus</i>	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	-
<i>A. tenebricosus</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-
<i>C. fluminea</i>	0	0	0	0	0	0	149	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
<i>P. punctiferum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
<i>P. sterkianum</i>	16	22	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	-
<i>E. elliptica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
<i>E. klappenbachi</i>	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
S	5	4	2	2	2	2	5	9	1	1	1	3	1	6	4	3	2	3	3	2	-
N	86	41	2	10	22	2	158	326	1	1	42	67	11	101	6	4	40	9	25	246	-

Espécies	Locais de coleta																				Total
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
<i>P. canaliculata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
<i>A. spixii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	16
<i>P. americanista</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>P. catharinae</i>	0	0	22	0	0	0	23	0	153	0	0	161	0	0	0	0	0	0	8	95	484
<i>P. ribeirensis</i>	0	0	28	0	0	0	0	1	107	0	0	95	0	0	0	0	0	0	2	80	332
<i>H. bertoniana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	371
<i>L. columella</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	7
<i>B. straminea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	24
<i>B. tenagophila</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	73
<i>H. moricandi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	2	113
<i>U. concentricus</i>	2	75	2	4	0	8	3	13	32	4	2	46	74	1	3	9	3	1	1	0	610
<i>D. rhuacoicus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	13
<i>A. tenebricosus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>C. fluminea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	149
<i>P. punctiferum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>P. sterkianum</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54
<i>E. elliptica</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>E. klappenbachi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	18
S	1	1	6	1	1	1	2	2	6	1	1	6	1	1	1	2	2	1	4	6	2300
N	2	75	57	4	1	8	26	14	296	4	2	323	74	1	3	10	5	1	12	182	2300

As espécies dominantes na área de estudo foram os gastrópodes *U. concentricus* (26%) e *P. catharinae* (21%). Entre os bivalves, a espécie invasora asiática, *C. fluminea*, foi dominante (62%). *Uncancylus concentricus* teve a ocorrência mais ampla, sendo encontrada em 81% dos locais. *Corbicula fluminea*, apesar de abundante, teve ocorrência restrita a um único local de coleta, enquanto *E. klappenbachi* ocorreu em apenas dois locais. Já *P. americanista*, *P. punctiferum*, *E. elliptica* e *A. tenebricosus* foram, também, raras, sendo representadas por no máximo três indivíduos.

2000a, Mansur & Pereira 2006, Pereira et al. 2011). Como será discutido adiante, essa condição está relacionada à variação do relevo e da geologia da região estudada, de montante para jusante.

De maneira geral, as espécies dominantes e melhor distribuídas nos riachos da Bacia do Rio Toropi refletem adequadamente o predomínio de cascalho e a presença localizada e pouco diversificada de macrófitas da região de estudo. *Potamolithus catharinae* e *U.*

concentricus são comuns nos rios de encosta de regiões próximas, com substrato cascalhoso (Veiteinheimer-Mendes et al. 1992, Pereira et al. 2011). Na bacia do Rio Toropi, *P. catharinae* assim como *P. ribeirensis* predominam em riachos de 4ª ordem e nos locais situados em áreas de maior altitude, onde a velocidade da água e o conteúdo de oxigênio costumam ser maiores. Ambas são espécies de prosobrânquios e dependem de águas bem oxigenadas

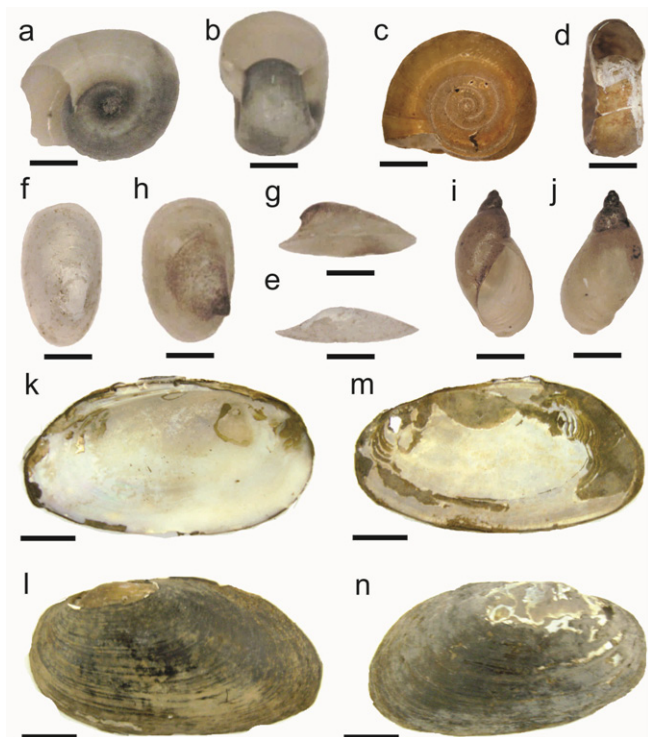


Figura 4. *Biomphalaria straminea* (a,b) vista lateral direita e ventral (escala = 0,1 cm); *Biomphalaria tenagophila* (c,d) vista lateral direita e ventral (escala = 0,3 cm); *Hebetancylus moricandi* (e,f) vista lateral e dorsal (escala = 0,5 cm); *Uncancylus concentricus* (g,h) vista lateral e dorsal (escala = 0,2 cm); *Lymnaea columella* (i,j) vista ventral e dorsal (escala = 0,3 cm); *Diplodon rhuacoicus* (k,l) vista interna e externa (escala = 1 cm); *Anodontites tenebricosus* (m,n) vista interna e externa (escala = 1 cm).

Figure 4. *Biomphalaria straminea* (a,b) right side and ventral view (scale = 0.1 cm); *Biomphalaria tenagophila* (c,d) right side and ventral view (scale = 0.3 cm); *Hebetancylus moricandi* (e,f) lateral and dorsal view (scale = 0.5 cm); *Uncancylus concentricus* (g,h) lateral and dorsal view (scale = 0.2 cm); *Lymnaea columella* (i,j) ventral and dorsal view (scale = 0.3 cm); *Diplodon rhuacoicus* (k,l) internal and external view (scale = 1 cm); *Anodontites tenebricosus* (m,n) internal and external view (scale = 1 cm).

para respirar (Brown et al. 1998). *Hebetancylus moricandi* foi abundante apenas em um riacho de 4^o ordem, situado em área com baixa altitude, com substrato lamoso e macrófitas. Esta espécie tem sido encontrada, comumente, em ambientes não poluídos, vivendo preferencialmente aderida a folhas ou talos de plantas aquáticas e folhas em decomposição (Pfeifer & Pitoni 2003, Santos 2003, Martello et al. 2006). Já *U. concentricus* mostrou tendência a ocorrer em áreas mais altas da encosta, em locais com substrato cascalhoso. Além de ser encontrada em substrato cascalhoso, esta espécie vive preferencialmente associada à macrófitas, madeiras e galhos secos (Lanzer & Veitenheimer-Mendes 1985, Pereira et al. 2011).

O único bivalve abundante na área de estudo, a espécie invasora *C. fluminea*, é um filtrador eficiente (Strayer et al. 1999, Spooner & Vaughn 2006). Riachos de ordem média, localizados em áreas mais baixas, tem maior conteúdo de partículas finas, as quais favorecem a presença de organismos filtradores (Vannote et al. 1980). Por isso, apesar de abundante na área de estudo, *C. fluminea* teve ocorrência restrita a um único local de 4^a ordem e baixa altitude com predomínio de areia. Bivalves Unionoidea (*D. rhuacoicus* e *A. tenebricosus*), embora raros na área de estudo, também ocorreram em riachos de ordem média (3^a e 4^a) e em locais com altitude mais baixa. Mexilhões

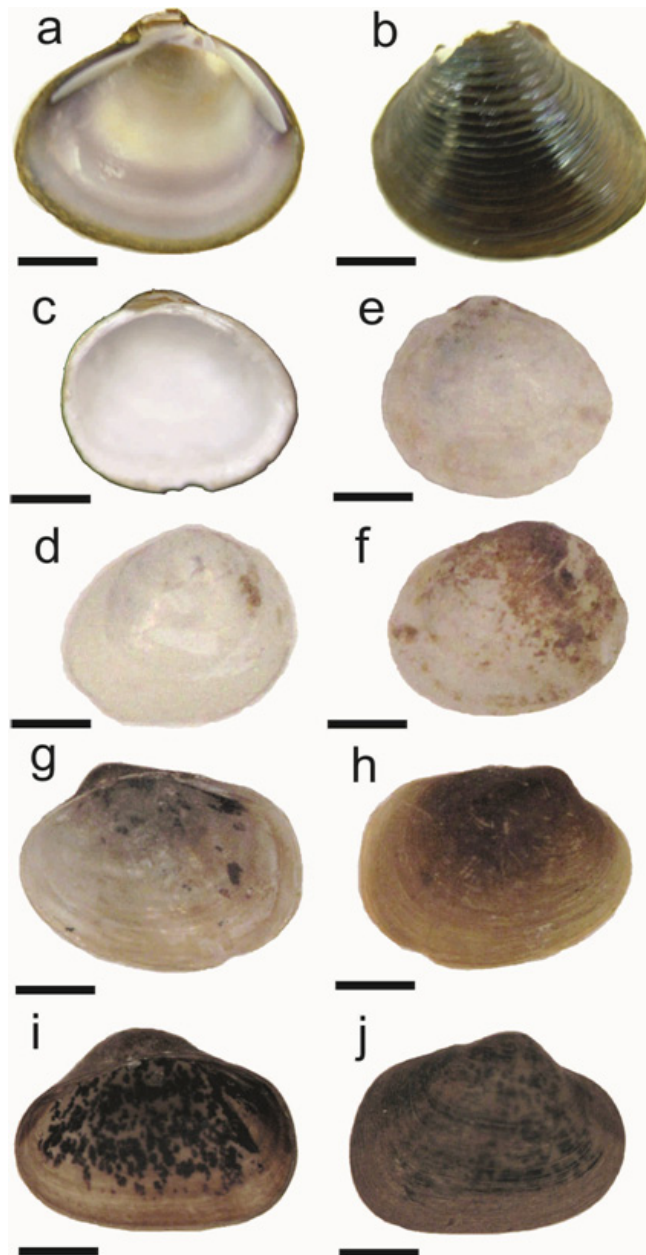


Figura 5. *Corbicula fluminea* (a,b) vista interna e externa (escala = 0,7 cm); *Pisidium punctiferum* (c,d) vista interna e externa (escala = 0,05 cm); *Pisidium sterkianum* (e,f) vista interna e externa (escala = 0,05 cm); *Eupera elliptica* (g,h) vista interna e externa (escala = 0,1 cm); *Eupera klappenbachi* (i,j) vista interna e externa (escala = 0,1 cm).

Figure 5. *Corbicula fluminea* (a,b) internal and external view (scale = 0.7 cm); *Pisidium punctiferum* (c,d) internal and external view (scale = 0.05 cm); *Pisidium sterkianum* (e,f) internal and external view (scale = 0.05 cm); *Eupera elliptica* (g,h) internal and external view (scale = 0.1 cm); *Eupera klappenbachi* (i,j) internal and external view (scale = 0.1 cm)

de água doce, apesar de filtradores, só são abundantes e diversificados no sul do Brasil em segmentos de grande ordem de rios como Jacuí (Pfeifer & Pitoni 2003), dos Sinos (Mansur & Pereira 2006) e Uruguai (Castillo et al. 2007), refletindo um comportamento geral do grupo (Strayer et al. 1999).

Moluscos raros ou com ocorrência muito localizada na região aqui estudada, como *E. klappenbachi* e *P. punctiferum*, são associados a substratos arenosos e maior riqueza de macrófitas (Pereira et al.

2000b, Pfeifer & Pitoni 2003). Desta forma, também refletem as características da área de estudo.

Um estudo conduzido em riachos do curso médio da Bacia do Rio Ibicuí, em área de planície na Depressão Central (Freitas 2011) e, realizado com a mesma metodologia utilizada no presente inventário, obteve resultados diferentes ao que foi obtido na área de encosta do curso superior desta bacia (Bacia do Rio Toropi). No curso médio, as espécies dominantes foram o gastrópode *U. concentricus* e o bivalve *Pisidium* sp. Além disso, os bivalves predominaram em número de exemplares, em relação aos gastrópodes. Esta diferença deve estar relacionada à granulometria do substrato. De maneira geral, a velocidade dos rios tende a diminuir nas áreas mais baixas (Allan 1997), permitindo a deposição de sedimentos mais finos (Bonetto & Di Persia 1975, Vannote et al. 1980). Nessas áreas, também ocorrem planícies de inundação que comumente apresentam ambientes lênticos, como remansos, banhados, meandros, etc. (McCabe 2010). Os riachos das regiões de baixa altitude da Bacia do Rio Ibicuí seguem essa tendência, apresentando maior porcentagem de areia do que cascalho (Dantas et al. 2010, Freitas 2011). Como já comentado, maior predominância de finos é uma condição mais apropriada para ocorrência de bivalves filtradores ou que se alimentam de detritos (Vannote et al. 1980, Allan 1997, Allen & Vaughn 2010). Por outro lado, substratos constituídos por cascalho são mais comuns na região da Encosta do Planalto formada, em boa parte, pelos basaltos da Formação Serra Geral (Kämpf & Streck 2010). Substrato pedregoso é importante para a ocorrência de muitos gastrópodes, devido ao hábito raspador que apresentam (Pereira et al. 2011), e essa condição deve ter determinado a maior riqueza de gastrópodes na área de encosta aqui estudada. Além disso, as áreas mais baixas amostradas localizavam-se em área de transição de relevo, o que também favorece o aumento da riqueza de macroinvertebrados (Morrone 2006, Príncipe & Corigliano 2006). Dessa forma, pode-se dizer que na Bacia do Rio Ibicuí a estrutura das comunidades de moluscos de riachos das regiões de baixa altitude difere daquela que ocorre em riachos de regiões de encosta (Bacia do Rio Toropi).

Conclusões

A baixa riqueza da comunidade de moluscos registrada nos riachos da bacia do Rio Toropi está relacionada à geomorfologia da região de estudo. Por estar em área de encosta e fluir sobre basalto, o leito dos riachos possui substrato predominantemente cascalhoso com escassez de macrófitas e de partículas orgânicas e inorgânicas finas. Dessa forma, bivalves são raros, especialmente os Unionoida, devido ao hábito filtrador e escavador da maioria das espécies. Nem mesmo o bivalve invasor *Corbicula fluminea* encontra-se bem distribuído. O predomínio de gastrópodes, cujas espécies geralmente têm hábito raspador e são mais bem adaptadas ao substrato cascalhoso da região, contrasta com o que é observado nos riachos de planície de áreas próximas, nos quais sedimentos arenosos e macrófitas aquáticas ocorrem de forma mais expressiva. Nesses, os bivalves predominam. Embora presente riqueza menor do que a observada em outros rios e riachos do sul do Brasil, a malacofauna dos riachos da bacia do Rio Toropi exhibe aspectos da estrutura das comunidades peculiares. As espécies *Potamolithus catharinae* e *Uncancylus concentricus* são dominantes, refletindo a boa correntez e oxigenação das águas. As peculiaridades da estrutura das comunidades de moluscos mostram que a Encosta do Planalto do Rio Grande do Sul é uma área que deve receber atenção, por parte de programas de proteção ambiental voltados à conservação da integridade dos rios brasileiros.

Agradecimentos

Os autores são gratos à Dr^a. Maria Cristina Dreher Mansur (Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS) e à Dr^a. Rosane

Lanzer (Universidade de Caxias do Sul, UCS) pela identificação dos Pisidiidae e Ancylidae, respectivamente. Agradecimentos especiais à Andréa Salvarrey, Bruna M. Braun, Elisângela Secretti, Mateus M. Pires, Michelle Antunes, Nicolas Figueiredo, Sarah Freitas e Vanessa Baptista pela ajuda durante o trabalho de campo, e aos revisores anônimos pelas sugestões apresentadas.

Referências Bibliográficas

- AGUDO-PADRÓN, A.I. 2009. Recent terrestrial and freshwater molluscs of Rio Grande do Sul State, RS, Southern Brazil Region: a comprehensive synthesis and check list. *Visaya*. 1-13.
- ALLAN, J.D. 1997. *Stream ecology: structure and function of running waters*. Chapman & Hall, London, 436p.
- ALLAN, J.D. 2004. Landscapes and Riverscapes: The Influence of Land Use on Stream Ecosystems. *Annu. Rev. Ecol. Evol. S.* 35:257-84. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.35.120202.110122>
- ALLAN, J.D. & FLECKER, A.S. 1993. Biodiversity Conservation in Running Waters: Identifying the major factors that threaten destruction of riverine species and ecosystems. *BioScience* 43(1):32-43. <http://dx.doi.org/10.2307/1312104>
- ALLEN, D.C. & VAUGHN, C.C. 2010. Complex hydraulic and substrate variables limit freshwater mussel species richness and abundance. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 29(2):383-394. <http://dx.doi.org/10.1899/09-024.1>
- BESKOW, P.R. 1984. A formação da economia arrozeira do Rio Grande do Sul. *Ensaios FEE* 4(2):55-84.
- BOGAN, A.E. 2008. Global diversity of freshwater mussels (Mollusca, Bivalvia) in freshwater. *Hydrobiologia* 595:139-147. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-007-9011-7>
- BONETTO, A.A. & DI PERSIA, D.H. 1975. Las poblaciones de pelecípodos del arroyo Ayuí Grande (Prov. Entre Ríos) y los factores que regulan su distribución y estructura. *Ecosur* 3:123-151.
- BROWN, K.M., ALEXANDER, J.E. & THORP, J.H. 1998. Differences in the ecology and distribution of lotic pulmonate and prosobranch gastropods. *Am. Malacol. Bull.* 14:91-101.
- BURIOL, G.A., ESTEFANEL, V., CHAGAS, A.C. & EBERHARDT, D. 2007. Clima e vegetação natural do Estado do Rio Grande do Sul segundo o diagrama climático de Walter e Lieth. *Cienc. Florest.* 2:91-100.
- CASTILLO, A.R., BRASIL, L.G., QUEROL, E., QUEROL, M.V.M., OLIVEIRA, E.V. & MANSUR, M.C.D. 2007. Moluscos bivalves da localidade de São Marcos, bacia do Médio rio Uruguai, Uruguiana, Brasil. *Rev. Biotemas* 20(4):73-79.
- COLEMAN, B.D. 1981. On random placement and species-area relations. *Math. Biosci.* 54:191-215. [http://dx.doi.org/10.1016/0025-5564\(81\)90086-9](http://dx.doi.org/10.1016/0025-5564(81)90086-9)
- COLWELL, R. & CODDINGTON, J.A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philos. T. Roy. Soc. B.* 45:101-118. PMID:7972351. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.1994.0091>
- COWELL, F.A., 2006. "Microeconomics: Principles and Analysis," OUP Catalogue, Oxford University Press.
- CUMMINS, R.H. 1994. Taphonomic process in modern freshwater molluscan death assemblages: implications for the freshwater fossil record. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol.* 108:55-73. [http://dx.doi.org/10.1016/0031-0182\(94\)90022-1](http://dx.doi.org/10.1016/0031-0182(94)90022-1)
- DANTAS, M.E., VIEIRO, A.C. & SILVA, D.R.A. 2010. Origem das paisagens. In *Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Sul* (A.C. Vieiro & D.R.A. Silva, orgs.). CPRM, Porto Alegre, 250p.
- DORAZIO, R.M. 1999. Design-based and model-based inference in surveys of freshwater mollusks. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 18:118-131. <http://dx.doi.org/10.2307/1468012>
- DOWNING, J.A., VAN METER, P. & WOOLNOUGH, D.A. 2010. Suspects and evidence: a review of the causes of extirpation and decline in freshwater mussels. *Anim. Biodivers. Conserv.* 33.2:151-185.

- DRÜGG-HAHN, S., LOPES-PITONI, V., CUNHA, F.B. & CARVALHO, A.P. 2006. Moluscos límnicos. In Biodiversidade. Regiões da Lagoa do Casamento e dos Butiazais de Tapes, planície costeira do Rio Grande do Sul (F.G. Becker, R.A. Ramos & L.A. Moura, orgs.). Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 388p.
- DUDGEON, D., ARTHINGTON, A.H., GESSNER, M.O., KAWABATA, Z.I., KNOWLER, D.J., LÉVÊQUE, C., NAIMAN, R.J., PRIEUR-RICHARD, A.H., SOTO, D., STIASSNY, M.L.J. & SULLIVAN, C.A. 2006. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biol. Rev.* 81:163-182. PMID:16336747. <http://dx.doi.org/10.1017/S1464793105006950>
- FREITAS, S.L. 2011. Influência da ordem e da microbacia, e de alguns fatores ambientais de escala local, na estrutura e na distribuição espacial de comunidades de moluscos. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- HOWARD, J.K. & CUFFEY, K.M. 2006. The functional role of native freshwater mussels in the fluvial benthic environment. *Freshwater Biol.* 51:460-474. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2427.2005.01507.x>
- HUNDERTMARCK, I.S. & MIORIN, V.M.F. 2001. Classificação das zonas agroecológicas na sub-bacia Rio Ibicuí-Mirim: Adequação das culturas ao tipo de solo- RS. *Geografia: Ensino & Pesquisa* 11(1):9-15.
- KÄMPF, N. & STRECK, E.V. 2010. Solos. In Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Sul (A.C. Vieiro & D.R.A. Silva, orgs.). CPRM, Porto Alegre, 250p.
- LANZER, R.M. 2001. Distribuição, fatores históricos e dispersão de moluscos límnicos em lagoas no sul do Brasil. *Biociências* 9(2):63-84.
- LANZER, R.M. & VEITENHEIMER-MENDES, I.L. 1985. Aspectos morfológicos e biológicos de uma população de *G. concentrica* (Orbigny, 1835) (Mollusca: Ancyliidae) de um açude do sul do Brasil. *Iheringia Ser. Zool.* 65:41-56.
- LYSNE, S.J., PEREZ, K.E., BROWN, K.M., MINTON, R.L. & SIDES, J.D. 2008. A review of freshwater gastropod conservation: challenges and opportunities. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 27:463-470. <http://dx.doi.org/10.1899/07-061.1>
- MALUF, J.R.T. 2000. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia* 8:141-150.
- MANSUR, M.C.D., HEYDRICH, I., PEREIRA, D., RICHINITTI, L.M.Z., TARASCONI, J.C. & RIOS, E.C. 2003. Moluscos. In Livro vermelho da fauna ameaçada de extinção no Rio Grande do Sul (C.S. Fontana, G.A. Benck & R.E. Reis, eds.). EdIPUCRS, Porto Alegre, 632p.
- MANSUR, M.C.D., SANTOS, C.P., PEREIRA, D., PAZ, I.C.P., ZURITA, M.L.L., RODRIGUEZ, M.T.R., NEHRKE, M.V. & BERGONCI, P.E.A. 2012. Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle. Porto Alegre: Redes Editora. 418 p.
- MANSUR, M.C.D., SCHULZ, C., SILVA, M.G.O. & CAMPOS-VELHO, N.M.R. 1991. Moluscos bivalves límnicos da Estação Ecológica do Taim e áreas adjacentes, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia Ser. Zool.* 71:43-58.
- MANSUR, M.C.D. & PEREIRA, D. 2006. Bivalves límnicos da bacia do rio dos Sinos, Rio Grande do Sul, Brasil (Bivalvia, Unionoidea, Veneroidea e Mytiloidea). *Rev. Bras. Zool.* 23(4):1123-1147. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752006000400021>
- MARCUZZO, S., PAGEL, S.M. & CHIAPETTI, M.I.S. 1998. A Reserva da Biosfera da Mata Atlântica no Rio Grande do Sul: situação atual, ações e perspectivas. Consórcio da Mata Atlântica e Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. São Paulo: Cetesb. 48 p.
- MARTELLO, A.R., KOTZIAN, C.B. & SIMÕES, M.G. 2006. Quantitative fidelity of recent freshwater mollusk assemblages from the Touro Passo River, Rio Grande do Sul, Brazil. *Iheringia Ser. Zool.* 96(4):453-465. <http://dx.doi.org/10.1590/S0073-47212006000400010>
- MCCABE, D.J. 2010. Rivers and streams: Life in flowing water. *Nature Education Knowledge* 1(12):4.
- MEHLHOP, P. & VAUGHN, C.C. 1994. Threats to and Sustainability of ecosystems for Freshwater Mollusks. In: Sustainable Ecological Systems: Implementing an Ecological Approach to Land Management (W. Covington & L.F. Dehand, eds.). General Technical Report RM-247 for Rocky Mountain Range and Forest Experimental Station. U.S. Forest Service, U.S. Department of Agriculture, Fort Collins, 363p.
- MORRONE, J.J. 2006. Biogeographic areas and transition zones of Latin America and the Caribbean islands based on panbiogeographic and cladistic analyses of the entomofauna. *Annu. Rev. Entomol.* 51:467-494. PMID:16332220. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.ento.50.071803.130447>
- PEDRON, F.A., POELKING, E.L., DALMOLIN, R.S.D. & KLAMT, A.C.A. E. 2006. A aptidão de uso da terra como base para o planejamento da utilização dos recursos naturais no município de São João do Polêsine – RS. *Ciência Rural* 36(1):105-112. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782006000100016>
- PEREIRA, D., ARRUDA, J.O., MENEGAT, R., PORTO, M.L., SCHWARZBOLD, A. & HARTZ, S.M. 2011. Guildas tróficas, composição e distribuição de espécies de moluscos límnicos no gradiente fluvial de um riacho subtropical brasileiro. *Biotemas* 1(24):21-36.
- PEREIRA, D., KONRAD, H.G. & PALOSKI, N.I. 2000a. Gastrópodos límnicos da bacia do rio Camaquã, RS, Brasil. *Acta Biol. Leopoldensia* 22(1):55-66.
- PEREIRA, D., VEITENHEIMER-MENDES, I.L., MANSUR, M.C.D. & SILVA, M.C.P. 2000b. Malacofauna límnica do sistema de irrigação da microbacia do Arroio Capivara, Triunfo, RS, Brasil. *Biociências* 8(1):137-157.
- PÉREZ-QUINTERO, J.C. 2011. Distribution patterns of freshwater mollusks along environmental gradients in the southern Guadiana River Basin (SW Iberian Peninsula). *Hydrobiologia* 678:65-76. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-011-0821-2>
- PÉREZ-QUINTERO, J.C. 2012. Environmental determinants of freshwater mollusk biodiversity and identification of priority areas for conservation in Mediterranean water courses. *Biodivers. Conserv.* 21:3001-3016. <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-012-0351-x>
- PFEIFER, N.T.S. & PITONI, V.L.L. 2003. Análise qualitativa estacional da fauna de moluscos límnicos no Delta do Jacuí, Rio Grande do Sul, Brasil. *Biociências* 11(2):145-158.
- PRINCIPE, R.E. & CORIGLIANO, M.C. 2006. Bentic, drifting and marginal macroinvertebrate assemblages in a low river: temporal and spatial variations and size structure. *Hydrobiologia* 553:303-317. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-005-0694-3>
- QUADROS, F.L. & PILLAR, V.P. 2002. Transições floresta-campo no Rio Grande do Sul. *Ciênc. Ambient.* 24:109-118.
- RICCIARDI, A., NEVES, R.J. & RASMUSSEN, J.B. 1998. Impending extinctions of North American freshwater mussels (Unionoidea) following the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) invasion. *J. Anim. Ecol.* 67: 613-619. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2656.1998.00220.x>
- RICCIARDI, A. & RASMUSSEN, J.B. 1999. Extinction rates of North American freshwater fauna. *Conserv. Biol.* 13(5): 1220-1222. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1523-1739.1999.98380.x>
- ROBAINA, L.E.S., TRENTIN, R., BAZZAN, T., RECKZIEGEL, E.W., VERDUM, R. & NARDIN, D. 2010. Compartimentação geomorfológica da bacia hidrográfica do Ibicuí, Rio Grande do Sul, Brasil: proposta de classificação. *Revista Brasileira de Geomorfologia* 11(2):11-23.
- SANTOS, S.B. 2003. Estado atual do conhecimento dos ancilídeos na América do Sul. (Mollusca, Gastropoda, Pulmonata, Basommatophora). *Rev. Biol. Trop.* 50(3):191-224.

Moluscos em riachos de uma região de encosta

- SANTOS, S.B., THIENGO, S.C., FERNANDEZ, M.A., MIYAHIRA, I.C., GONÇALVES, I.C.B., XIMENES, R.F., MANSUR, M.C.D. & PEREIRA, D. 2012. Espécies de moluscos límnicos invasores no Brasil. In Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle (M.C.D. Mansur, C.P. Santos, D. Pereira, I.C.P. Paz, M.L.L. Zurita, M.T.R. Rodriguez, M.V. Nehrke & P.E.A. Bergonci, orgs.). Redes Editora, Porto Alegre, 412p.
- SILVA, J.L.S., CAMPONOGARA, I., GOMES, J.A.A., FRANTZ, L.C., MORAIS, T.Z. & KONRAD, C.G. 2006. Mapeamento do Uso e Ocupação da Terra no Município de Toropi-RS, com Sistema de Informação Geográfica. In Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. UFSC.
- SIMONE, L.R.L. 2006. Land and Freshwater Molluscs of Brazil. EGB/Fapesp, São Paulo, 390p.
- SPOONER, D.E. & VAUGHN, C.C. 2006. Context-dependent effects of freshwater mussels on stream benthic communities. *Freshwater Biol.* 51:1016-1024. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2427.2006.01547.x>
- STRAYER, D.L. 1999. Effects of alien species on freshwater mollusks in North America. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 18:74-98. <http://dx.doi.org/10.2307/1468010>
- STRAYER, D.L., CARACO, N.F., COLE, J.J., FINDLAY, S. & PACE, M.L. 1999. Transformation of freshwater ecosystems by bivalves: a case study of zebra mussels in the Hudson River. *BioScience* 49:19-27. <http://dx.doi.org/10.2307/1313490>
- STRONG, E.E., GARGOMINY, O., PONDER, W.F. & BOUCHET, P. 2008. Global diversity of gastropods (Gastropoda; Mollusca) in freshwater. *Hydrobiologia* 595:149-166. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-007-9012-6>
- TIETZE, E. & DE FRANCESCO, C.G. 2010. Environmental significance of freshwater mollusks in the Southern Pampas, Argentina: to what detail can local environments be inferred from mollusk composition? *Hydrobiologia* 641:133-143. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-009-0072-7>
- VANNOTE, R.L., MINSHALL, G.W., CUMMINS, K.W., SEDELL J.R. & CUSHING, C.E. 1980. The River Continuum Concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37:130-137. <http://dx.doi.org/10.1139/f80-017>
- VEITENHEIMER-MENDES, I.L., LOPES-PITONI, V.L., SILVA, M.C.P., ALMEIDA-CAON, J.E. & SCHRÖDER-PFEIFER, N.T. 1992. Moluscos (Gastropoda e Bivalvia) ocorrentes nas nascentes do rio Gravataí, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia Ser. Zool.* 73:69-76.

Recebido em 05/02/2013

Versão reformulada recebida em 18/04/2013

Publicado em 01/07/2013

Distribution and biological aspects of the introduced species *Moina macrocopa* (Straus, 1820) (Crustacea, Cladocera) in the semi-arid central region of Argentina

Alicia María Vignatti¹, Gabriela Cecilia Cabrera¹ & Santiago Andrés Echaniz^{1,2}

¹Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa – UNLPam, Av. Uruguay, 151, 6300, Santa Rosa, provincia de La Pampa, República Argentina. <http://www.exactas.unlpam.edu.ar>

²Corresponding author: Santiago Andrés Echaniz, e-mail: sechaniz@cpenet.com.ar

VIGNATTI, A.M., CABRERA, G.C. & ECHANIZ, S.A. **Distribution and biological aspects of the introduced species *Moina macrocopa* (Straus, 1820) (Crustacea, Cladocera) in the semi-arid central region of Argentina.** Biota Neotrop. 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?article+bn01513032013>

Abstract: *Moina macrocopa* is common in eutrophic water bodies. Two subspecies have been described: *M. macrocopa macrocopa* (Straus, 1820), whose original distribution was restricted to the Old World, and *M. macrocopa americana* Goulden, 1968, recorded only in North America. In 1994, the species was found in Bolivia, and in 1997 it was found in the northeast of Argentina. As the specimens belonged to *M. macrocopa macrocopa* in both cases, the authors suggested that it may have been introduced from the Old World by anthropogenic means. The aim of this study was to assess the distribution of *M. macrocopa* in La Pampa (Argentina), and provide information on its population characteristics under natural conditions. The species was recorded in six out of more than 100 water bodies surveyed; the specimens belong to *M. macrocopa macrocopa*. Although this species is not considered halophilic, the water bodies where it was found present high salinity (5.7 to 21.8 g.L⁻¹). All are shallow, temporary and hypertrophic due to the agricultural activities carried out in their basins. Densities were between 1 and 312.6 ind.L⁻¹. Size varied between 0.6 and 1.8 mm and some specimens were larger than those of other places. The parthenogenetic fraction predominated and the number of eggs ranged between 2 and 23. No correlations were found between density, size, or number of eggs and the environmental parameters studied. The presence of *M. macrocopa* in Pampean lakes could be due to the introduction of fish from hatcheries in the province of Buenos Aires, where it is used as food. Considering that the invasive character of *M. macrocopa* has been recognized and that this study found that it is tolerant to a wide range of environmental conditions, attention should be paid to a possible displacement of its native congeneric species, typical of saline and temporary water bodies in central Argentina.

Keywords: Argentina, temporary lakes, Cladocera, *Moina macrocopa*, invasive species.

VIGNATTI, A.M., CABRERA, G.C. & ECHANIZ, S.A. **Distribución y aspectos biológicos de *Moina macrocopa* (Straus, 1820), (Crustacea, Cladocera) una especie introducida, en la región semiárida central de Argentina.** Biota Neotrop. 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?article+bn01513032013>

Resumen: *Moina macrocopa* es frecuente en cuerpos de agua eutróficos. Han sido descritas dos subespecies, *M. macrocopa macrocopa* (Straus, 1820), cuya distribución original estaba restringida al Viejo Mundo y *M. macrocopa americana* Goulden, 1968, registrada en América del Norte. En 1994 fue hallada en Bolivia y en 1997 en el noreste de Argentina. Como en ambos casos los ejemplares pertenecían a la subespecie típica, los autores afirmaron que podría haber ocurrido una introducción antrópica desde el Viejo Mundo. El objetivo de esta contribución es dar a conocer la distribución de *M. macrocopa* en La Pampa (Argentina), y aportar información sobre características poblacionales en condiciones naturales. Se relevaron más de 100 cuerpos de agua y se registró esta especie en seis. Los ejemplares pertenecen a *M. macrocopa macrocopa*. Si bien no se la consideraba halófila, los lagos en los que se la halló presentaron salinidad elevada (5,7 a 21,8 g.L⁻¹). Todos fueron someros, temporarios e hipertróficos a causa de las actividades agropecuarias desarrolladas en sus cuencas. Se registraron densidades entre 1 y 312,6 ind.L⁻¹. La talla varió entre 0,6 y 1,8 mm y algunos especímenes fueron más grandes que los de otros lugares. Predominó la fracción partenogenética y el número de huevos de las hembras osciló entre 2 y 23. No se encontraron correlaciones entre la densidad, talla o número de huevos y los parámetros ambientales. La presencia de *M. macrocopa* en lagunas pampeanas podría deberse a siembras de peces provenientes de criaderos de la provincia de Buenos Aires, donde es utilizada como alimento. Considerando que ha sido reconocido el carácter invasor de *M. macrocopa* y que en este estudio se comprobó su tolerancia, dado el amplio rango de condiciones ambientales en que se registró, debería prestarse atención a un posible desplazamiento de especies cogenéricas autóctonas, típicas de lagos salinos y temporarios del centro de Argentina.

Palabras clave: Argentina, lagos temporarios, Cladocera, *Moina macrocopa*, especie invasora.

Introduction

Moina macrocopa is a cladoceran which has been mainly recorded in water bodies under heavy anthropogenic influence, such as sewage treatment basins, lakes for the paper-making industry sewage treatment, or rivers with strong domestic organic pollution (Espinosa-Chávez et al. 1992, Martínez & Gutiérrez 1997, Benider et al. 1998, Vanjare et al. 2010). It is a species whose populations play an important role in food webs of epicontinental aquatic environments (Iannacone & Alvarino 2000) and is of economic importance, since it is used in aquaculture as live food for larval stages of some fish. In a survey of freshwater cladocerans carried out in Perú, Valdivia-Villar (1988) reported the presence of *M. macrocopa* as a species introduced for use in aquaculture ventures. The species is also important because it is one of the most commonly used worldwide in standardized laboratory ecotoxicological bioassays (Martínez-Tabche et al. 2000, Iannacone & Alvarino 2002, Nandini et al. 2004, Sarma et al. 2006, Mac-Quhae et al. 2007).

This cladoceran is characterized by having the head and caparace surface covered with long hairs, a broad, rounded head, without supraocular depression, anterior seta on the penultimate segment of the female's first trunk limb toothed, post-abdomen with seven to ten lateral feathered teeth and one short bifid tooth nearly equal in length, ephippium with two eggs and covered with polygonal cells (Paggi 1997, Elmoor-Loureiro et al. 2010). The male's first trunk limb has a large hook on the endopodite and long seta on the exopodite (Elmoor-Loureiro et al. 2010).

Two subspecies have been described so far: *M. macrocopa macrocopa* (Straus, 1820), the typical form, whose original distribution was restricted to water bodies of the Old World (Europe, Africa, Middle East and Asia), and *M. macrocopa americana* Goulden, 1968, recorded only in North America (Smirnov 1976).

Although the original distribution of *M. macrocopa* did not include South America, it was recorded in Bolivia more than two decades ago (Elias-Gutiérrez & Zamuriano-Claros 1994) and some specimens were found in an ephemeral pond of Corrientes Province, Argentina, in 1994 (Paggi 1997). In both cases, the authors agreed that the specimens belonged to the typical subspecies, and thus claimed that its presence in these countries could be due to an anthropogenic introduction from the Old World.

The species was later recorded in the basin of the Rímac River, in Perú, although the authors did not mention the corresponding subspecies (Iannacone & Dale 1999). The species was found again in Argentina, in Norris Lake, which is a natural water body in the province of Buenos Aires (Berasain et al. 2000), and in a small urban lake with high anthropogenic influence of the city of Santa Fe (Jose de Paggi et al. 2008). In 2008, *M. macrocopa* specimens were also recorded in the city of Rio de Janeiro (Brazil) (Elmoor-Loureiro et al. 2010).

In the province of La Pampa, in the semi-arid central region of Argentina, although more than 100 water bodies have been surveyed since 1992, *M. macrocopa* was first recorded in December 1999, in a sub-saline shallow temporary lake (Bajo de La Tigra) and subsequently in other five water bodies (Echaniz et al. 2005, 2006, Echaniz & Vignatti 2011), being last recorded in February 2007. Although its presence was reported, no specific information was provided. Thus, the aim of this study was to assess the distribution of *M. macrocopa* in shallow lakes in the province of La Pampa, and to provide data on the population characteristics and lifecycle in natural conditions.

Material and Methods

1. Study area

Systematic sampling in more than 100 water bodies has been performed in the framework of research projects carried out at the Faculty of Exact and Natural Sciences of the University of La Pampa (La Pampa, Argentina) since 1992, with an aim of obtaining data regarding the ecology and distribution of zooplankton in lakes and reservoirs in the province of La Pampa. In the present work, we analyzed qualitative and quantitative samples of six water bodies in which this species had been recorded. These lakes are all shallow, with depths between 0.17 m and 1.96 m (Figure 1). All are temporary, fed by rainfall and to a lesser extent by groundwater inputs. They are located in a region where evapotranspiration exceeds precipitation (Ponce de León 1998), which is a situation that leads to marked changes in salinity. All of the water bodies are located in arheic basins where agriculture with the addition of fertilizers and extensive or semi-intensive cattle breeding is carried out (Echaniz 2010, Echaniz et al. 2010, Vignatti 2011). Aquatic macrophytes and fish fauna are lacking in all lakes.

2. Field and laboratory work

Qualitative samples were collected using tows with networks of 40 micrometers of mesh opening, whereas quantitative samples were collected with a Schindler-Patalas trap of 10 liters, fitted with a network of the same mesh opening. In the Bajo de La Tigra, only one qualitative sample of zooplankton was obtained, whereas in the other lakes, samplings were carried out on a monthly basis in different periods (Table 1).

Samples were anesthetized in the field with CO₂ until their analysis in the laboratory and subsequently fixed with formalin to 5-8%. The material was deposited in the plankton library of the Faculty of Exact and Natural Sciences of the National University of La Pampa (La Pampa, Argentina).

The following parameters were measured *in situ*: water transparency (Secchi disk 22 cm in diameter), pH (digital pH meter Corning PS-15), and concentration of dissolved oxygen (DO) and water temperature (Oximeter Lutron DO 5510). Water samples to determine salinity were taken using the method of solid residue (American... 1992). Total concentrations of nutrients

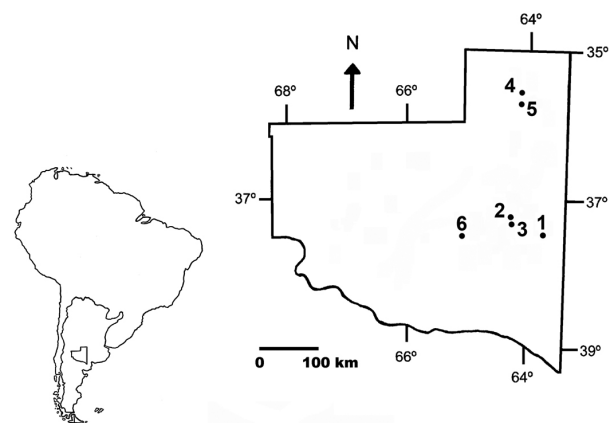


Figure 1. Distribution of *Moina macrocopa macrocopa* in La Pampa province: 1: Bajo de La Tigra (37° 26' S and 63° 38' W); 2: El Destino (37° 06' S and 64° 17' W); 3: La Laura (37° 10' S and 64° 17' W); 4: Pey - Ma (35° 26' S and 64° 15' W); 5: Aime (35° 28' S and 64° 15' W) y 6: El Carancho (37° 27' S and 65° 04' W).

Table 1. Main physicochemical parameters of the environments where *Moina macrocopa macrocopa* was recorded. Pey-Ma and Aime, where *Moina macrocopa macrocopa* was found on more than two sampling occasions. Mean values are indicated and minima and maxima are between parentheses. w/d: without data.

	La Tigra	El Destino	La Laura	Pey-Ma	Aime	El Carancho
Years	1999	2001	2001	2005-2006	2006	2007
Months	Dec.	Jan.	Nov.	Dec.-Jan.-Feb.-Mar.	Apr.-May-June	Feb.
Depth max. (m)	0.80	1.25	1.96	1.46 (1.4-1.5)	0.23 (0.17-0.29)	1.60
Water temp. (°C)	24.00	22.83	19.83	23.4 (20.8-26.9)	13.6 (9.4-19.1)	19.60
Salinity (g.L⁻¹)	15.10	18.51	12.79	20.64 (18.4-21.8)	11.94 (9.7-14.2)	5.70
pH	8.40	9.20	9.50	9 (8.8-9.3)	9.2 (8.9-9.3)	9.20
Transparency (m)	0.15	0.28	1.96	0.21 (0.15-0.31)	0.04 (0.02-0.06)	0.68
Chl. a (mg.m⁻³)	w/d	s/d	s/d	61.5 (35.2-94.8)	181.2 (126.8-244.1)	3.58
TP (mg.L⁻¹)	w/d	w/d	w/d	13.1 (11.2-15)	20.7 (13.7-25.8)	7.50
TN (mg.L⁻¹)	w/d	w/d	w/d	26.7 (20.6-31.9)	32.5 (26.3-39.49)	5.63
DO (mg.L⁻¹)	w/d	w/d	w/d	5.4 (3.1-9.8)	10.1 (7.5-13.6)	8.70
TSS (mg.L⁻¹)	w/d	w/d	w/d	74.9 (54.7-93)	465.1 (207.9-831.4)	7.38
ISS (mg.L⁻¹)	w/d	w/d	w/d	19.9 (10-39.2)	324.2 (116.4-614.3)	3.36
OSS (mg.L⁻¹)	w/d	w/d	w/d	55 (38.7-78.7)	140.8 (91.4-217.1)	4.02

(phosphorus - TP and nitrogen - NT), total suspended solids (TSS), organic suspended solids (OSS), inorganic suspended solids (ISS) and chlorophyll *a* (Chl. *a*) were determined in three of the six lakes (American... 1992, Arar 1997).

The reports of Goulden (1968), Smirnov (1976), Paggi (1997) and Elmoor-Loureiro et al. (2010) were used for the taxonomic determination of species and subspecies. Counts of the quantitative samples were conducted in Bogorov chambers of 5 ml, under a stereoscopic microscope (with the exception of the samples from Bajo de La Tigra); the number of eggs per female and the spectrum of sizes were determined with a conventional optical microscope equipped with a micrometer eyepiece (Carl Zeiss). In all cases, a minimum of 30 specimens were measured, and in cases when fewer were recorded, all were measured.

A nonparametric Kruskal-Wallis test was applied to determine significant differences between biological parameters and Spearman correlation coefficients were calculated (Sokal & Rohlf 1995, Zar 1996, Pereyra et al. 2004) to examine relationships between environmental factors and zooplankton attributes. Infostat (Di Rienzo et al. 2010) and Past (Hammer et al. 2001) software were used for all the analyses.

Results

The setae of the ventral edge of the shells of the specimens collected in all the lakes were not grouped and were roughly the same size (Figure 2). The number of setae of the ventral edge of the shells ranged from 42 to 74 and was different among lakes ($H = 33.1$; $p = 0.0000$) (Figure 3). The samples from El Destino (49.2 ± 3.6) and Pey-Ma (47.7 ± 4.2) presented the lowest quantities and variations, whereas those from Bajo de la Tigra presented the

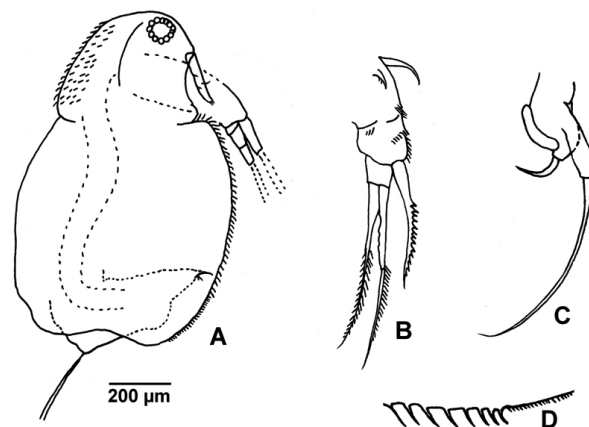


Figure 2. *Moina macrocopa macrocopa*. A: Parthenogenetic female (lateral view). B: First trunk limb of female. C: First trunk limb of male. D: Ventral rims of the shells.

largest (61.2 ± 9.2) (Figure 3). The ephippium surface was covered by relatively polygonal cells that protruded from the surface.

In the Bajo de La Tigra, *M. macrocopa* was recorded on the only occasion in which the lake was sampled, in Pey-Ma it was found along four consecutive months, in Aime along three consecutive months, and in the other three lakes it was found only in one occasion (Table 1).

The salinity of the water bodies where specimens were found was relatively high, ranging from 5.7 g.L^{-1} to 21.8 g.L^{-1} (Table 1). The water temperature varied between 9.4 and 26.9 °C and pH

values were always high, ranging between 8.4 and 9.5 (Table 1). Water transparency also presented a wide range of variation, and was very low in Aime (0.02 m) and very high in La Laura (1.96 m) (Table 1).

The overall mean density of the population was higher in the lakes where the species was recorded in more than one occasion: 84 ind.L⁻¹ (±152.6) in Pey-Ma and 49.3 ind.L⁻¹ (±30.5) in Aime. In Pey-Ma, density was low in the first few months (19, 3 and 1 ind.L⁻¹ in December, January and February, respectively) and then reached a high maximum density in March (312.6 ind.L⁻¹). In Aime, the species was present in April, May and June, with total densities of 16, 60 and 56 ind.L⁻¹, respectively. In the lakes where the species was found in a single occasion, the density was higher in El Carancho (51.7 ind.L⁻¹) followed by El Destino (22.9 ind.L⁻¹) and La Laura (9.8 ind.L⁻¹). No correlations were found between the density of populations and the environmental parameters studied.

In all cases, the parthenogenetic fraction of the population predominated over the gamogenetic one. In Bajo de La Tigra, the parthenogenetic fraction represented 100% of the population. In the other lakes, the parthenogenetic females accounted for 99% (La Laura), 96% (Pey-Ma), 89% (Aime), 87% (El Destino) and 70% (El Carancho) of the population, respectively (Figure 4).

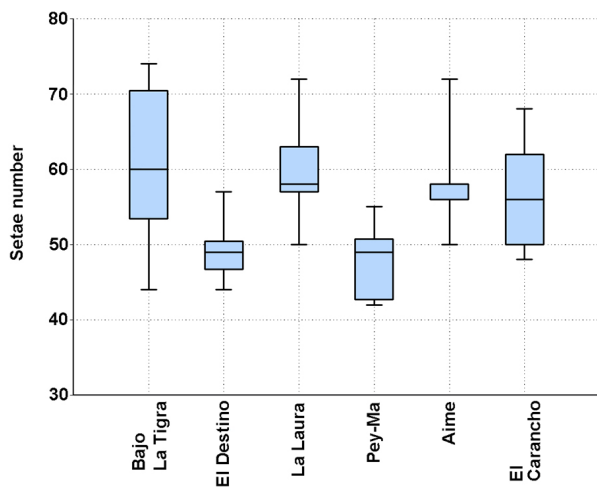


Figure 3. Number of setae of de ventral rims of the shells.

The sizes of the specimens varied between 0.6 and 1.8 mm and were different among the lakes studied ($H = 118.8$; $p = 0.0000$). The largest specimens were recorded in El Carancho (Table 2). When considering the parthenogenetic females with eggs, the lengths were also different ($H = 112.7$; $p = 0.0000$); the largest specimens were measured in El Carancho and Pey-Ma, where they were close to 1.8 and 1.4 mm, respectively (Table 2). The sizes of the gamogenetic females were also different ($H = 17.58$; $p = 0.0005$), with the largest ones recorded in El Carancho, where some specimens were longer than 1.6 mm (Table 2). The size of the males also differed ($H = 11.68$; $p = 0.0199$) and the largest specimens, which reached 0.9 mm, were found in La Laura and El Carancho. No correlations were found between total sizes or the different fractions and the environmental parameters studied.

The mean number of eggs per parthenogenetic female was very variable and differed between lakes ($H = 79.25$; $p = 0.0000$), being higher in the specimens from Bajo de La Tigra (12.8) followed by those from La Laura (10.3). Although the parthenogenetic females of Pey-Ma had a lower mean number of eggs, they were the females with greatest variation, since they presented between 3 and 23 eggs (Figure 5). No correlations were found between the number of eggs and the size of parthenogenetic females or the environmental parameters studied.

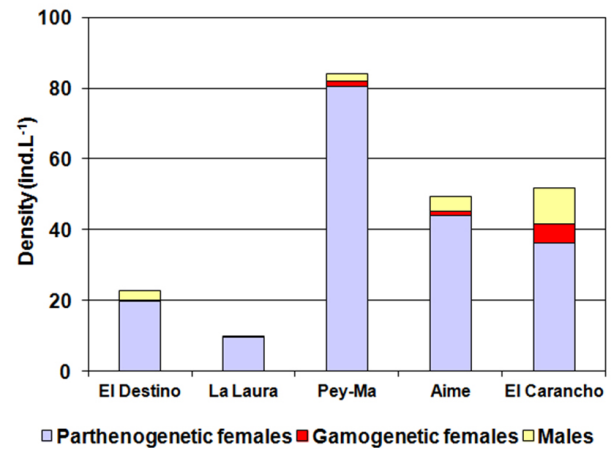


Figure 4. Total density of *M. macrocopa macrocopa* (in ind.L⁻¹). Parthenogenetic fraction (blue). Gamogenetic fraction: ehippial females (red) and males (green).

Table 2. Sizes (mean, minimum and maximum values) of *Moina macrocopa macrocopa* (mm), both of the general population and of the parthenogenetic and gamogenetic fractions (females and males) in particular.

		Population general sizes	Parthenogenetic females (with eggs)	Gamogenetic females	Males
La Tigra	Mean	1.08	1.07		
	Min.-max.	(0.78-1.38)	(0.78-1.38)		
El Destino	Mean	0.93	0.940	0.79	0.699
	Min.-max.	(0.69-1.29)	(0.69-1.19)	(0.76-0.83)	(0.69-0.71)
La Laura	Mean	0.900	0.905		0.840
	Min.-max.	(0.71-1.19)	(0.71-1.19)		(0.78-0.91)
Pey-Ma	Mean	0.954	1.005	0.76	0.66
	Min.-max.	(0.66-1.39)	(0.71-1.39)	(0.70-0.80)	
Aime	Mean	1.002	1.281	1.18	0.71
	Min.-max.	(0.64-1.31)	(1.23-1.31)	(1.14-1.24)	(0.64-0.80)
El Carancho	Mean	1.363	1.432	1.36	0.886
	Min.-max.	(0.86-1.78)	(1.00-1.78)	(1.00-1.63)	(0.86-0.91)

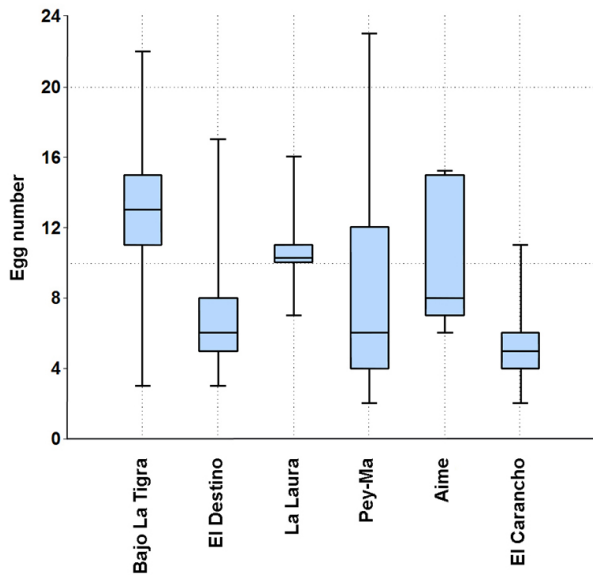


Figure 5. Parthenogenetic females: Number of eggs.

Discussion

The analysis of the relevant characters to distinguish the two subspecies allows the assertion that the specimens found in La Pampa belong to *M. macrocopa macrocopa*, which is native to the Old World. Both the distribution pattern of the row of setae of the ventral edge of the shells (not grouped and approximately of the same size) and the ornamentation of the ephippium surface (covered by polygonal cells that protrude from the surface) are similar to those of the specimens recorded in Corrientes (Paggi 1997). The row of ventral filaments is also similar to that of the specimens found in Rio de Janeiro (Elmoor-Loureiro et al. 2010), whereas the ephippium surface seems to be different; the ephippium surface of the specimens of Rio de Janeiro seems to be more similar to that of the subspecies *M. macrocopa americana*, while the ephippium surface of the specimens of La Pampa is similar to that of the specimens of the Old World. One difference between the specimens of La Pampa and those from Corrientes and Rio de Janeiro is the smaller number of filaments of the ventral edge of the shells and their greater variability, since those from Corrientes and Rio de Janeiro showed between 73 and 76 filaments; this makes the Pampean specimens more similar to those found in Bolivia by Elias-Gutiérrez & Zamuriano-Claros in 1994.

Although it has been shown that *M. macrocopa* can survive up to 35 °C under controlled laboratory conditions (Benider et al. 2002), this species has been recorded in natural conditions in temperatures ranging between 8 and 26 °C (Benider et al. 2002). The temperature range in the lakes of the province of La Pampa is similar, although the highest temperature at which *M. macrocopa* was recorded was slightly higher (almost 27 °C). The greatest fertility was observed with high water temperatures, with the highest mean number of eggs per female verified in Bajo de La Tigra at 24 °C. Although no correlation was found, the maximum density was recorded at the end of the summer in Pey-Ma, when a large predominance of the parthenogenetic fraction was found. This allows this species to be characterized as widely tolerant, but with a certain preference for higher temperatures, which is similar to that recorded for its congeneric *Moina eugeniae* Olivier 1954 in lakes of La Pampa (Vignatti et al. 2012).

Moina macrocopa has not been categorized as a halophilic species. By means of laboratory bioassays, Suhett et al. (2011) found

that the tolerance to salinity stress was associated with the presence of humic substances in the water, but considered a maximum value of 5.5 g.L⁻¹. According to Löffler (1961), this species may inhabit environments with levels of up to 22.2 g.L⁻¹, whereas Alonso (1996) mentioned that the waters inhabited by *M. macrocopa* in Spain are temporary and not very saline. However, in La Pampa, this species has been recorded in water bodies with a wide range of salinity of up to approximately 22 g.L⁻¹ (Hammer 1986).

Anthropic eutrophication, which is due to the input of an excess of nutrients (phosphorus and nitrogen) into any water body, can come from three sources: industrial, domestic or agricultural (Freitas & Rocha 2011). In other parts of the world, *M. macrocopa* is often associated with hypertrophic or eutrophic environments with high anthropogenic influence, especially those under the influence of cities; for example, sewage treatment basins or rivers with strong domestic organic pollution, such as the Mula River in India (Vanjare et al. 2010), or those impacted by industrial activities, such as lakes for paper-making industry sewage treatment (Espinosa-Chávez et al. 1992, Martínez & Gutiérrez 1997, Benider et al. 1998, 2002). In all cases, the constant discharge of wastewater increases their organic load, usually resulting in pollution (Loh et al. 2009).

In the case of Pampean aquatic environments where *M. macrocopa* was recorded, the trophic state was very high, but the most important anthropogenic influence is caused by agricultural activities. These activities are reflected in the high content of nutrients contributed by the fertilization of crops as well as by the feces and urine of cattle raised in the surrounding area. This is enhanced by the archeic character of the basins, which favors the concentration of nutrients both in water and in sediment (Echaniz et al. 2009, 2010, 2012, Echaniz & Vignatti 2011).

Goulden (1968) reported a maximum size of 1.5 mm for parthenogenetic females, but some specimens of the Pampean lakes, as well as some from Corrientes (Paggi 1997) and Rio de Janeiro, exceed this size (Elmoor-Loureiro et al. 2010) (1.19 mm and 1.08 mm, respectively). The sizes of the specimens from La Pampa were similar to those recorded by Hanazato & Yasuno (1984) and Benider et al. (2002), although in the latter two cases they were specimens bred in the laboratory, under controlled feeding and temperatures between 20 and 25 °C.

The populations of *M. macrocopa* recorded in Pampean lakes could have originated from the introduction of larvae of *Odontesthes bonariensis* (Cuvier & Valenciennes 1835) from hatcheries of the Buenos Aires province. This introduction may have occurred in several water bodies, some of which were relatively close to the lakes in which the species was recorded (Del Ponti pers. comm.).

Paggi (1997) reported that specimens of *M. macrocopa* imported from Japan were raised in laboratories of that province as live food for silverside juveniles. Considering that juveniles are transported in plastic bags containing water from the breeding site, some living specimens or their structures of resistance (ephippia) could have been transported involuntarily. It must also be considered that their presence in La Pampa could be due to natural dispersal, as is the case of other species of cladocerans in other parts of the world (Elias-Gutiérrez 1995), since it is known that wind, water and biotic means (e.g. birds) are used for dispersal (Badii & Landeros 2006-2007). This could have occurred either from water bodies of La Pampa in which fish larvae were introduced or from outside the provincial territory, since *M. macrocopa* was also recorded in Norris Lake (Berasain et al. 2000), which is a natural water body in the province of Buenos Aires.

Some authors consider the invasion of non-native species as the second threat to global biodiversity (after the loss and fragmentation of habitat) (Walker & Steffen 1997), whereas others consider it the

first (Unión... 1999). Badii & Landeros (2006-2007) mentioned that invasive species could thrive and transform a new habitat, having the potential to displace native species until they are on the edge of extinction (Comisión... 2001). According to the National Advisory Committee on Invasive Species of Mexico (2010), 40% of extinctions in continental aquatic environments are due to predation, parasitism, or competition with invasive species. Ricciardi & Rasmussen (1999) indicated that the rates of extinction in aquatic environments, especially those of epicontinental waters, are five times higher than those on the continent.

The invasive nature of *M. macrocopa* has been reported by several authors. Okolodkov et al. (2007) included this species within a list of 94 potential invaders of inland waters, coastal and littoral lakes in Mexico, suggesting more than one possible mechanism for their introduction, among which they considered aquaculture activities. Badii & Landeros (2006-2007) noted that a successful colonizing species presented type r strategies characterized by a short generation time and high fertility, which are characteristics that have also been observed in *M. macrocopa* (Benider et al. 2002). Allendorf & Lundquist (2003) mentioned that the success of invasive species could also be due to the absence of enemies, which would enable them to grow and reproduce without the regulatory effect of a predator on the population. As mentioned previously, since the water bodies of La Pampa where *M. macrocopa* was found have no fish or invertebrate predators, the “top-down” regulatory factor should be ruled out.

The environmental parameters in the six lakes studied ranged widely, indicating that this species is relatively tolerant, which would confirm their opportunistic nature and potentially invasive nature. Based on this information, special attention should be paid to *M. macrocopa*, a potentially invasive species that could displace other congeneric native species such as *M. eugeniae*, which is common in saline and temporary lakes in the province of La Pampa, including the environments where *M. macrocopa* was found.

Acknowledgements

We thank the Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de La Pampa for financial support and two anonymous reviewers whose work improved this contribution.

References

- ALLENORF, F.W. & LUNDQUIST, L.L. 2003. Population Biology, evolution, and control of invasive species. *Conserv. Biol.* 17(1):24-30. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1523-1739.2003.02365.x>
- ALONSO, M. 1996. *Crustacea, Branquiopoda*. In Fauna Ibérica. vol. 7 (M.A. Ramos, J. Alba-Tercedor, X. Bellés, J. Gosálbez, A. Guerra, E. Macpherson, J. Serrano & J. Templado, eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid, 486p.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th edition. APHA, AWWA, WPCF, Washington.
- ARAR, E.J. 1997. In Vitro Determination of Chlorophylls a, b, c + c and Pheopigments in Marine and Freshwater Algae by Visible Spectrophotometry. Method 446.0. U.S. Environmental Protection Agency.
- BADII, M.H. & LANDEROS, J. 2006-2007. Invasión de especies o el tercer jinete de apocalipsis ambiental, una amenaza a la sustentabilidad (Invasive species or the third horseman of environmental apocalypses, a threat to sustainability). *Int. J. Good Conscie.* 2(1):39-53. www.daenajournal.org.
- BENIDER, A., TIFNOUTI, A. & POURRIOT, R. 1998. Growth of *Moina macrocopa* (Straus 1820) (Crustacea: Cladocera). Influence des conditions trophiques, de la densité de population, du groupement et de la température. *Annls. Limnol.* 34(4):387-399. <http://dx.doi.org/10.1051/limn/1998031>
- BENIDER, A., TIFNOUTI, A. & POURRIOT, R. 2002. Reproduction parthénogénétique de *Moina macrocopa* (Straus 1820) (Crustacea: Cladocera). Influence of trophic conditions, population density and temperature. *Hydrobiologia* 468:1-11. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1015214530485>
- BERASAIN, G., REMES LENICOV, M. & COLAUTI, D. 2000. Los Tamariscos, La Manga y de Norris. Lagunas del partido de Coronel Dorrego. Campaña de relevamientos limnológicos e ictiológicos. Dirección provincial de fomento, producción y desarrollo de la pesca, Subsecretaría de actividades pesqueras, Ministerio de Producción, Pcia. de Bs. As., 20p.
- COMISIÓN PARA LA COOPERACIÓN AMBIENTAL DE NORTEAMÉRICA - CCA. 2001. Prevención de la Introducción y Propagación de Especies Invasoras Acuáticas en América del Norte: Actividades del Taller. 81p.
- DI RIENZO, J.A., CASANOVES, F., BALZARINI, M.G., GONZÁLEZ, L., TABLADA, M. & ROBLEDO, C.W. 2010. InfoStat (versión 2010). Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar/>. (último acceso em 20/04/2011).
- ECHANIZ, S.A. 2010. Composición y abundancia del zooplancton en lagunas de diferente composición iónica de la provincia de La Pampa. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Río Cuarto, Facultad de Ciencias Físico Químicas y Naturales.
- ECHANIZ, S., VIGNATTI, A., PAGGI, J.C. & JOSE DE PAGGI, S. 2005. Riqueza y composición del zooplancton de lagunas saladas de Argentina. *Rev. FABICIB* 9:25-39.
- ECHANIZ, S.A., VIGNATTI, A.M., JOSE DE PAGGI, S., PAGGI, J.C. & PILATI, A. 2006. Zooplankton seasonal abundance of South American saline shallow lakes. *Int. Rev. Hydrobiol.* 91(1):86-100. <http://dx.doi.org/10.1002/iroh.200510803>
- ECHANIZ, S., VIGNATTI, A. & CABRERA, G. 2009. Características limnológicas de una laguna turbia orgánica de la provincia de La Pampa y variación estacional del zooplancton. *Biol. Acuát.* 26:71-82.
- ECHANIZ, S., VIGNATTI, A.M., JOSE DE PAGGI, S.B. & PAGGI, J.C. 2010. Los nutrientes en los sedimentos de lagunas de La Pampa. Relación con la granulometría y uso de la tierra. In Libro de Trabajos del 3º Congreso Pampeano del Agua. p.23-31.
- ECHANIZ, S.A. & VIGNATTI, A.M. 2011. Seasonal variation and influence of turbidity and salinity on the zooplankton of a saline lake in central Argentina. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 39(2):306-315. <http://dx.doi.org/10.3856/vol39-issue2-fulltext-12>
- ECHANIZ, S.A., VIGNATTI, A.M., CABRERA, G.C. & JOSE DE PAGGI, S.B. 2012. Zooplankton richness, abundance and biomass of two hypertrophic shallow lakes with different salinity. *Biota Neotrop.* 12(2): 37-44. <http://www.biotaneotropica.org.br/v12n2/en/abstract?article+bn00712022012> (último acceso em 06/03/2013).
- ELIAS-GUTIÉRREZ, M. 1995. Notas sobre los cladóceros de embalses a gran altitud en el Estado de México, México. *An. Esc. Nac. Cienc. Biol.* 40:197-214.
- ELIAS-GUTIÉRREZ, M. & ZAMURIANO-CLAROS, R. 1994. Primer registro de *Moina macrocopa* (Daphniiformes: Moinidae) en Bolivia. *Rev. Biol. Trop.* 42(1-2):385.
- ELMOOR-LOUREIRO, L.M.A., SANTÁNGELO, J.M., LOPES P.M. & BOZELLI, R.L. 2010. A new report of *Moina macrocopa* (Straus, 1820) (Cladocera Anomopoda) in South America. *Braz. J. Biol.* 70(1):225-226. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842010000100031>
- ESPINOSA-CHÁVEZ, F., MARTÍNEZ-JERÓNIMO, F. & RAMÍREZ-GRANADOS, R. 1992. Tasa de filtración y cultivo de *Moina macrocopa* (Crustacea: Cladocera) alimentada con *Scenedesmus incrassatulus* (Chlorophyceae) y estiércol vacuno digerido. *An. Inst. Cienc. Mar Limnol.* <http://biblioweb.tic.unam.mx/cienciasdelmar/instituto/1992-2/articulo410.html> (último acceso em 30/06/2013).
- FREITAS, E.C. & ROCHA O. 2011. Acute and chronic effects of sodium and potassium on the tropical freshwater cladoceran *Pseudosida ramosa*. *Ecotoxicology* 20:88-96. <http://dx.doi.org/10.1007/s10646-010-0559-z>

- GOULDEN, C.E. 1968. The systematics and evolution of the Moinidae. *Trans. Am. Philos. Soc.* 58(6):1-101. <http://dx.doi.org/10.2307/1006102>
- HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T. & RYAN, P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontol. Electron.* 4(1):1-9.
- HAMMER, U.T. 1986. *Saline Lake Ecosystems of the World. Monographiae Biologicae* 59. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht.
- HANAZATO, T. & YASUNO, M. 1984. Growth, reproduction and assimilation of *Moina macrocopa* fed on *Microcystis* and/or *Chlorella*. *Jap. J. Ecol.* 34(2):195-202.
- IANNACONE, J.A. & DALE, W. 1999. Protocolo de bioensayos ecotoxicológicos para evaluar metales pesados contaminantes de agua dulce con *Chironomus calligraphus* (Diptera: Chironomidae) y *Moina macrocopa* (Crustacea: Cladocera), en el río Rímac, Lima, Perú. *Rev. Per. Ent.* 41:111-120.
- IANNACONE, J.A. & ALVARIÑO, L. 2000. *Chironomus calligraphus* Goeldi y *Moina macrocopa* (Sars) como herramientas ecotoxicológicas para la evaluación del lindano y clorpirifos. *Bol. Soc. Biol. Concepción (Chile)* 71:33-39.
- IANNACONE, J.A. & ALVARIÑO, L. 2002. Evaluación del riesgo ambiental del insecticida CARTAP en bioensayos con tres invertebrados. *Agric. Téc.* 62(3):366-374.
- JOSE DE PAGGI, S., PAGGI, J.C., COLLINS, P., COLLINS, J. & BERNAL, G. 2008. Water quality and zooplankton composition in a receiving pond of the stormwater runoff from an urban catchment. *J. Environ. Biol.* 29(5):693-700.
- LÖFFLER, H. 1961. Beiträge zur Kenntnis der Inranischen Binnengewässer. II. Regional-limnologische Studie mit besonderer Berücksichtigung der Crustaceen-Fauna. *Int. Revue. ges Hydrobiol.* 46:309-406.
- LOH, J.O., HOW, C.W., HII, Y.S., KHOO, G., KIAT, H. & ONG, A. 2009. Fish faeces as a potential food source for cultivating the water flea, *Moina macrocopa*. *JOSTT.* 5:5-9.
- MAC-QUHAE, C.A., ROMERO, C. & MORALES, D.A. 2007. Toxicidad aguda del hidróxido de sodio sobre *Moina macrocopa* (Crustácea, Branquiopoda). *Ecotrópicos* 20(1):24-30.
- MARTÍNEZ, F. & GUTIÉRREZ, A. 1997. Fecundity, reproduction and growth of *Moina macrocopa* fed on different algae. *Hydrobiología* 222:49-59. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00017499>
- MARTÍNEZ-TABCHE, L., GÓMEZ-OLIVÁN, L., MARTÍNEZ, M., CASTILLO, C. & SANTIAGO, A. 2000. Toxicity of nickel in artificial sediment on acetylcholinesterase activity and hemoglobin concentration of the aquatic flea, *Moina macrocopa*. *J. Environ. Hydrol.* 8(4):1-10.
- NANDINI, S., MAYELI, S.M. & SARMA, S.S.S. 2004. Effect of stress on the life-table demography of *Moina macrocopa*. *Hydrobiologia* 526:245-254. <http://dx.doi.org/10.1023/B:HYDR.0000041597.96720.f>
- NATIONAL ADVISORY COMMITTEE ON INVASIVE SPECIES. 2010. National strategy on invasive species in Mexico, prevention, control and eradication. http://www.conabio.gob.mx/invasoras/images/e/e4/Invasive_species_Mexico_dec2010.pdf (último acceso em 30/06/2013).
- OKOLODKOV, Y.B., BASTIDA-ZAVALA, R., IBÁÑEZ, A.L., CHAPMAN, J.W., SUÁREZ-MORALES, E., PEDROCHE, F. & GUTIÉRREZ-MENDIETA, F.J. 2007. Especies acuáticas no indígenas en México. *Cienc. Mar.* 11(32):29-67.
- PAGGI, J.C. 1997. *Moina macrocopa* (Straus 1820) Branquiopoda, Anomopoda in South America: another case of species introduction? *Crustaceana* 70(8):886-893. <http://dx.doi.org/10.1163/156854097X00500>
- PEREYRA, A., ABIATI, N. & FERNÁNDEZ, E. 2004. Manual de estadística para proyectos de investigación. Ed. Fac.de Cs Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora.
- PONCE DE LEÓN, E. 1998. Evapotranspiración. In *El agua en La Pampa* (Fundación Chadileuvú). Fondo Editorial Pampeano, Santa Rosa, p.31-42.
- RICCIARDI, A. & RASMUSSEN, J.B. 1999. Extinction rates of North American Freshwater Fauna. *Conserv. Biol.* 13(5):1220-1222. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1523-1739.1999.98380.x>
- SARMA, S.S.S., NANDINI, S., MORALES-VENTURA, J., DELGADO-MARTÍNEZ, I., GONZÁLEZ-VALVERDE, L. 2006. Effects of NaCl salinity on the population dynamics of freshwater zooplankton (rotifers and cladocerans). *Aquat. Ecol.* 40:349-360. <http://dx.doi.org/10.1007/s10452-006-9039-1>
- SMIRNOV, N.N. 1976. Macrothricidae I Moinidae fauni mira. *Fauna SSSR. Rakoobraznie* 1(3):1-237. (Macrothricidae and Moinidae of the world. In Russian).
- SOKAL, R. & ROHLF, F. 1995. *Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica.* Ed. Blume, Barcelona. 832p.
- SUHETT, A.L., STEIMBERG, C.E.W., SANTÁNGELO, J.M., BOZELLI, R.L. & FARJALLA, V.F. 2011. Natural dissolved humic substances increase the lifespan and promote transgenerational resistance to salt stress in the cladoceran *Moina macrocopa*. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 18(6):1004-1014. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-011-0455-y>
- UNIÓN MUNDIAL PARA LA NATURALEZA - UICN. 1999. Cuarta Reunión del Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico, Técnico y Tecnológico. Especies Invasoras. Recomendaciones. 6 pp. <http://erespecies-invasoras.wikispaces.com/file/view/UICN+especies+invasoras+Humbolt.pdf> (último acceso em 30/06/2013).
- VALDIVIA-VILLAR, R.S. 1988. Checklist of freshwater Cladocera from Perú. *Amazoniana* 10:283-297.
- VANJARE, A.I., PADHYE, S.M. & PAI, K. 2010. Zooplankton from a polluted river, Mula (India), with record of *Brachionus rubens* (Ehrenberg, 1838) epizoic on *Moina macrocopa* (Straus, 1820). *Opusc. Zool. Budapest* 41(1):89-92.
- VIGNATTI, A. 2011. Biomasa del zooplancton en lagunas salinas y su relación con la concentración de sales en ausencia de peces. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Río Cuarto, Facultad de Ciencias Físico Químicas y Naturales.
- VIGNATTI, A., CABRERA, G. & ECHANIZ, S. 2012. Changes in the zooplankton and limnological variables of a temporary hypomesosaline wetland of the central region of Argentina during the drying. *PanamJAS* 7(2):93-106.
- WALKER, B. & STEFFEN, W. 1997. An overview of the implications of global change and manager terrestrial ecosystems. *Conserv. Biol.* 1(2): <http://www.ecologyandsociety.org/vol1/iss2/art2/manuscript.frames.html> (último acceso em 30/06/2013)
- ZAR, J.H. 1996. *Biostatistical analysis.* 3. ed. Prentice Hall, New Jersey, 988p.

Received 03/15/2013

Revised 06/30/2013

Accepted 07/31/2013

Flutuações mensais na abundância dos Charadriidae e Scolopacidae da praia da Ilha Comprida, São Paulo, Brasil

Edison Barbieri^{1,4}, Roberta Tonolli Chivavone Delchiaro² & Joaquim Olinto Branco³

¹Instituto de Pesca – APTA, Secretária da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo – SAA, CP 61, CEP 11990-000, Cananéia, SP, Brasil

²Programa de Pós-graduação em Oceanografia, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo – USP, CEP 05508-120, São Paulo, SP, Brasil

³Centro de Ciências Tecnológicas, da Terra e do Mar – CTTMar, Universidade do Vale – UNIVALI, CP 360, CEP 88301-970, Itajaí, SC, Brasil

⁴Autor para correspondência: Edison Barbieri, e-mail: edisonbarbieri@yahoo.com.br

BARBIERI, E., DELCHIARO, R.T.C. & BRANCO, J.O. **Monthly fluctuation in the abundance of Scolopacidae and Charadriidae at Ilha Comprida beach, SP, Brazil.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?inventory+bn02013032013>

Abstract: We recorded the frequency of occurrence and monthly fluctuations of Charadriidae and Scolopacidae along a 70km transect of beach between Boqueirão Sul and Boqueirão Norte north of Comprida island, São Paulo State over a 1-year period (Jan - 2010 to Dec - 2010). A total of 12.153 shorebirds were recorded. The greatest abundance occurred between October and April and the lowest occurred between May and September. The most abundant of the 20 species recorded were *Charadrius semipalmatus*, *Charadrius colaris*, *Vanellus chilensis* and *Tringa flavipes*. The least abundant were *Tryngites subruficolis*, *Limosa haemastica*, *Tringa melanoleuca* and *Actitis macularia*. Sixteen species were migrants from the Northern Hemisphere, two were migrants from the Southern Hemisphere, and two were residents. Seven species were recorded regularly, five were recorded sporadically, and eight were recorded occasionally. Four Nearctic species were recorded in June and July most likely indicating the presence of non-breeding immature. The number of species and the number of individuals probably fluctuated due to migration or movements between neighbouring beaches. The Comprida Island beach is important migration stopover and wintering sites for many shorebirds in south São Paulo and should be a focus of conservation efforts, especially given the increasing development pressure that threatens these areas.

Keywords: monthly fluctuations, Ilha Comprida, Scolopacidae, Charadriidae.

BARBIERI, E., DELCHIARO, R.T.C. & BRANCO, J.O. **Flutuações mensais na abundância dos Charadriidae e Scolopacidae da praia da Ilha Comprida, São Paulo, Brasil.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?inventory+bn02013032013>

Resumo: Foram registradas as frequências de ocorrências e as flutuações mensais das famílias Charadriidae e Scolopacidae ao longo de um transecto de 70 km de praia entre o Boqueirão Sul e o Boqueirão Norte na Ilha Comprida, estado de São Paulo, durante o período de um ano (Janeiro a dezembro de 2010). Um total de 12.153 indivíduos de aves foram contados com a maior abundância ocorreu entre outubro e abril e a mais baixa entre maio a setembro. Das 20 espécies registradas as mais abundantes foram *Charadrius semipalmatus*, *Charadrius colaris*, *Vanellus chilensis* e *Tringa flavipes*. As menos abundantes foram *Tryngites subruficolis*, *Limosa haemastica*, *Tringa melanoleuca* e *Actitis macularia*. Dezesesseis espécies eram migrantes do Hemisfério Norte, duas migrantes do Hemisfério Sul, e duas residentes. Sete espécies foram registradas regularmente, cinco esporadicamente e oito foram ocasionais. Quatro espécies neárticas foram registradas em Junho e julho, provavelmente indicando a presença de indivíduos imaturos não reprodutores. O número de espécies e o número de indivíduos provavelmente flutuaram devido a migração ou movimentos entre as praias vizinhas. A praia da Ilha Comprida é um importante sítio de parada durante a migração para muitas aves de praia na costa Sul do estado de São Paulo. Por esse motivo, devem ser feitos esforços de preservação, especialmente tendo em conta a crescente pressão de desenvolvimento que ameaça essa região.

Palavras-chave: flutuação mensal, Ilha Comprida, Scolopacidae, Charadriidae.

Introdução

Áreas costeiras são ecossistemas com elevada produtividade primária que associada à complexidade ambiental contribuem para as atividades de alimentação, descanso e nidificação das aves aquáticas (Warnock et al. 2002). A crescente ocupação humana sem planejamento adequado, associada à falta de esclarecimento, tem provocado acentuada alteração da paisagem costeira, perda de biodiversidade e degradação das estruturas biológicas das comunidades (Powell & Powell 1986, Butler 1997, Warnock et al. 2002) Como resposta à essas modificações, as porções remanescentes das paisagens tem se tornado cada vez menores e mais isoladas, causando impacto sobre a elevada diversidade de aves marinhas costeiras, limícolas e habitantes das bordas (Sick 1997, Warnock et al. 2002).

O Brasil possui um extenso litoral com aproximadamente 8.000 km de costa (Ab'Saber 2001), onde as praias arenosas constituem um dos ambientes predominantes, frequentemente delimitadas na sua parte superior por um sistema de dunas frontais ou costeiras (Barbieri et al. 2003). Este ambiente constitui importantes áreas de descanso e forrageamento para aves das famílias Charadriidae e Scolopacidae. Sazonalmente o Brasil recebe grande contingente de aves migratórias vindas dos Hemisférios Norte e Sul (Morrison & Ross 1989, Sick 1997, Alves 2007, Costa & Sander 2008, Costa et al. 2011, Petry et al. 2012, Scherer & Petry 2012).

Esses deslocamentos são mais evidentes com a proximidade do inverno no Hemisfério Norte, quando a redução na oferta de alimento e fatores endógenos indicam o momento da migração nas aves aquáticas (Hayman et al. 1986, Azevedo Junior et al. 2002, Costa et al. 2011, Petry et al. 2012, Scherer & Petry 2012).

Os migrantes que abandonam a América do Norte durante o inverno utilizam várias rotas rumo às áreas de alimentação na América do Sul (Morrison 1984, Morrison & Ross 1989, Myers et al. 1990, Sick 1997, Alves 2007, Costa & Sander 2008, Costa et al. 2011, Petry et al. 2012, Scherer & Petry 2012) sendo que uma das mais utilizada pelas batuínas (Charadriidae) e maçaricos (Scolopacidae) inclui a Ilha Comprida, no litoral Sul de São Paulo (Barbieri & Paes 2008). Na Ilha Comprida, a praia com substrato arenoso é a principal área utilizada pelas aves migratórias (Barbieri & Pinna 2005), bem como local de reprodução de *Charadrius collaris* e *Himantopus palliatus* (Barbieri & Delchiaro 2009). Além das migrantes do Norte na Ilha Comprida também ocorrem aves que se deslocam a partir do Hemisfério Sul, as migrantes austrais como *Charadrius modestus*, que visitam a região entre maio a setembro (Barbieri & Paes 2008).

Entre os Charadriidae e Scolopacidae que utilizam essa área como ponto de parada, *Pluvialis squatarola*, *P. dominica*, *Charadrius semipalmatus* deslocam-se do Hemisfério Norte chegando no Brasil no começo de setembro, enquanto que *C. falklandicus*, *C. modestus*, *Oriophos ruficollis* vem do Sul e são aves que aparecem no inverno no litoral brasileiro (Sick 1997).

Estudos de outros autores citam a ocorrência de espécies da família Charadriidae e Scolopacidae para todo o litoral brasileiro (Vooren & Chiaradia 1990, Sick 1997, Sanabria & Brusco 2011), porém não quantificam precisamente o número de indivíduos e as áreas preferenciais que costumam ocorrer ao longo do ano. Trabalhos como os de Costa & Sander (2008), Manuel et al. (2011a), Scherer & Petry (2012) quantificam a variação temporal para o litoral gaúcho e catarinense, entretanto, ainda existem lacunas para outras regiões do Brasil, Assim, nosso conhecimento é ainda muito esparso sobre as áreas preferenciais de descanso e forrageio das aves dessa família ao longo do litoral Sudeste brasileiro.

A Ilha Comprida situa-se no Bioma da Mata Atlântica que se encontra entre os cinco "hotspots" mais ameaçados do mundo

(Meyers et al. 2000), sendo uma das regiões com maior prioridade de conservação do planeta. Apesar da abundância e diversidade de aves migratórias registradas nessa região, até o momento, existem poucas informações sobre as flutuações mensais das batuínas e dos maçaricos (Barbieri & Pina 2005, Barbieri & Paes 2008). Por esse motivo, o presente trabalho teve como objetivo analisar as flutuações mensais na abundância dos Charadriidae e Scolopacidae da praia da Ilha Comprida, durante o período de janeiro a dezembro de 2010.

Material e Métodos

1. Área de estudo

No extremo Sul do estado de São Paulo ocorre o recuo da escarpa da Serra do Mar, formando a bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape, cuja foz marca o limite Norte do Complexo Estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape-Paranaguá, estando a Ilha Comprida situada na região central. Esta ilha possui mais de 70 km de comprimento, com 3 km de largura em média, entrecortada por pequenos riachos, tornando-se um grande atrativo para aves e outros animais (Figura 1). A praia da Ilha Comprida é constituída de extensa faixa arenosa paralela à linha da costa, com sedimentos de granulação fina, homogênea e baixa declividade, o que a caracteriza como do tipo dissipativo (Barbieri & Cavalheiro 2000). A Ilha Comprida é uma ilha de barreira quaternária de sedimentação recente, predominantemente marinha (Suguió & Martins 1987), formada pelo acúmulo de materiais arenosos (Tessler 1988).

As marés astronômicas têm uma altura de aproximadamente 1,50 metros, com uma marcante influência dos ventos no seu nível. A praia tem pouca declividade, resultando em uma zona de varrido com aproximadamente 20 metros de extensão havendo altas densidades de invertebrados (Tessler & Souza 1998) que podem servir como alimento para as aves migratórias.

A vegetação é composta basicamente por restingas, mangues, brejos, dunas, praias e matas da planície atlântica, juntamente com sua fauna residente e com as aves visitantes do Hemisfério Norte e Sul, formam um complexo ecossistema, onde ainda podem ser encontradas espécies de animais ameaçadas de extinção, como o papagaio-de-cara-rocha (*Amazona brasiliensis*) e o macuco (*Tinamus solitarius*) (Barbieri & Paes 2008) e ainda vulneráveis como o pirupiru (*Haematopus palliatus*) (Barbieri & Delchiaro 2009).

A Ilha Comprida é considerada o principal ponto de parada dos Charadriidae e Scolopacidae migratórios no Sudeste brasileiro, devido a extensão da praia (70 km), amplitude de maré e composição do substrato (Barbieri & Paes 2008). A parte voltada para o continente constitui-se de manguezais com planície intermareais, fazem deste um ambiente ideal para alimentação, descanso e restabelecimento dos migrantes (Barbieri & Mendonça 2005, 2008). Além disso, a ilha integra o Complexo estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape-Paranaguá, que é um dos ambientes mais produtivos do Atlântico Sul, ainda está em bom estado de preservação.

Metodologia

Os censos dos Charadriidae e Scolopacidae foram efetuados utilizando o método itinerário fixo (Bibby et al. 1992). Durante o qual a praia da Ilha Comprida foi percorrida de carro, com velocidade média de 40 km/h, seguindo uma transecção de 70 km por 200 metros pré-estabelecidos seguindo metodologia proposta por Vooren & Chiaradia 1990, Bibby et al. 1992, Barbieri & Mendonça 2005. O trajeto percorrido foi sempre iniciado na parte Sul da ilha (Boqueirão Sul) em direção ao Norte (Canal de Icapara). As aves avistadas foram identificadas com o auxílio de binóculos 7X50 e 20X60, contadas, registradas e fotografadas. As saídas foram realizadas semanalmente,

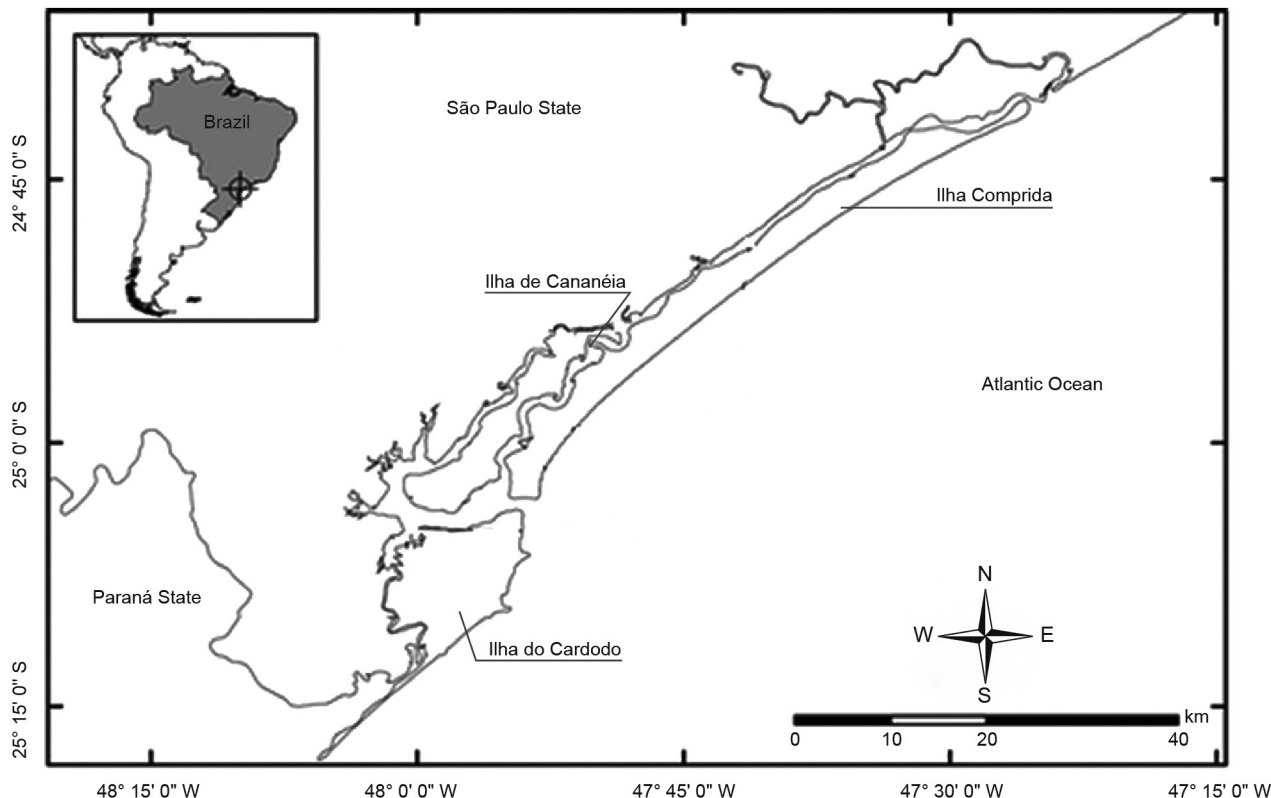


Figura 1. Localização da Ilha Comprida no Complexo Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape. Fonte: Santos & Rosso (2008).

Figure 1. Localization of Ilha Comprida at Cananéia-Iguape estuary. Source: Santos & Rosso (2008).

alternando manhã e tarde com duração de duas horas de observação. Os 43 censos realizados totalizaram 86 horas (2 horas/visita) de observação e ocorreram, entre janeiro e dezembro de 2010. O período matutino iniciou as 8:30 h finalizando-se as 10:30 h, já o período vespertino iniciou as 14:00 h e finalizando-se as 16:00 h.

Foi calculada a Frequência de Ocorrência (FO) das espécies registradas por mês. A FO foi definida como a percentagem do número de indivíduos de uma espécie em relação ao total dos indivíduos contados. A frequência foi calculada com o número de visitas em que a espécie foi encontrada sobre o número de visitas efetuadas, multiplicadas por 100. As espécies foram categorizadas de acordo com a Tabela 1 (Dajoz 1978), em **regular**: presentes em mais de 50% das visitas, **esporádica**: entre 25 a 50% e **ocasionais**: em menos de 25% das espécies nas visitas.

A comparação das flutuações populacionais ao longo do período foram testadas quanto a normalidade pelo teste estatístico Shapiro-Wilk, quando a distribuição mostrou-se normal utilizou-se ANOVA ($p < 0,05$) (ZAR 1999). Entretanto, quando a distribuição não foi normal utilizou-se o teste não paramétrico Kruskal Wallis.

Resultados

Durante o período estudado foram registrados 12.153 indivíduos, sendo sete espécies de Charadriidae (84,0% das aves) e 13 espécies de Scolopaciidae (16,0%) (Tabela 1). Não houve diferença significativa entre a média de indivíduos e os períodos da manhã e tarde (ANOVA) (Figura 2).

Das 20 espécies registradas, duas são consideradas pelo CRBO (Comitê... 2011) aves residentes na Ilha Comprida, 16 migrantes do Hemisfério Norte e duas do Hemisfério Sul (Tabela 2). Em geral,

as amostragens foram dominadas por poucas espécies, dentre elas destacam-se *Charadrius semipalmatus*, presente em 54,36% das amostragens e as duas espécies residentes (*V. chilensis* e *C. collaris*), ambas Charadriidae que contribuíram com 17,02% e 10,26% respectivamente das aves contadas (Tabela 1). Entre os Scolopaciidae mais abundantes, *Calidris alba* e *C. fuscicollis* representaram entre 5,66 e 5,33%, respectivamente do total indivíduos (Tabela 1).

As batuíras e maçaricos amostrados apresentaram amplas flutuações e a categorização das espécies está apresentada na Tabela 2. Entre as sete espécies de Charadriidae registrados quatro foram categorizados como regulares nas amostragens, duas ocasionais, e uma esporádica. Das 13 espécies de Scolopaciidae, três foram regulares, quatro esporádicas e seis ocasionais (Tabela 2).

Durante o período de amostragens ocorreram flutuações mensais acentuadas na população de *C. semipalmatus* da Ilha Comprida com incremento moderado a partir de janeiro até alcançar as maiores abundâncias médias em abril ($237,2 \pm 374,5$), seguidas pela redução no número de registros e com acentuada queda em agosto ($22,4 \pm 17,6$), com oscilações até dezembro ($123,3 \pm 58,0$) (Figura 3). Através do teste estatístico ANOVA pode-se constatar que os números de indivíduos nos meses de maio, junho, julho e agosto foram significativamente diferentes dos outros meses.

A maior média mensal para *C. collaris* ocorreu em junho ($43,5 \pm 6,1$) e a menor em dezembro (2,0) (Figura 4). Comparando-se os meses de janeiro, novembro e dezembro, observou-se que o número de indivíduos dessa espécie foi estatisticamente diferente (ANOVA) dos outros meses estudados.

A população de *V. chilensis* apresentou uma tendência moderada de incremento de janeiro a março, seguido de oscilações até alcançarem as maiores abundâncias em julho ($62,1 \pm 55,6$) e

Scolopacidae e Charadriidae da ilha Comprida, SP

Tabela 1. Número total de espécies mais abundantes contadas durante o período estudado. ST - status (MN - Migrante do Norte, MS - Migrante do Sul, RE - Residente). N - Número total de indivíduos, M - Média da abundância, SD - Desvio padrão da abundância, FO - Frequência de Ocorrência).

Table 1. Total number of the species more abundant counted in all the study. CE - ecological category (MN - North migration, MS - South migration, RE - Resident). N - total number of individuals, M - Abundance average, SD - Standard deviation of abundance, FO - Occurrence frequency).

Família / Espécie	ST	Frequência	N	M	SD	FO
Charadriidae						
<i>Vanellus chilenses</i>	RE	Regular	2069	30,42	31,96	17,02
<i>Pluvialis dominica</i>	MN	Regular	229	9,16	10,66	1,88
<i>Pluvialis squatarola</i>	MN	Esporádica	53	3,53	2,64	0,44
<i>Charadrius semipalmatus</i>	MN	Regular	6606	106,54	150,33	54,36
<i>Charadrius collaris</i>	RE	Regular	1247	21,5	18,23	10,26
<i>Charadrius falklandicus</i>	MS	Ocasional	2	1	0	0,02
<i>Charadrius modestus</i>	MS	Ocasional	2	1	0	0,02
Scolopacidae						
<i>Limosa haemastica</i>	MN	Esporádica	3	3	0	0,02
<i>Numenius phaeopus</i>	MN	Esporádica	9	2,25	1,89	0,07
<i>Actitis macularius</i>	MN	Ocasional	2	1	0	0,02
<i>Tringa melanolenca</i>	MN	Ocasional	2	1	0	0,02
<i>Tringa flavipes</i>	MN	Regular	145	4,26	4,78	1,19
<i>Arenaria interpres</i>	MN	Esporádica	30	5	4,19	0,25
<i>Calidris canutus</i>	MN	Esporádica	218	16,76	14,07	1,79
<i>Calidris alba</i>	MN	Regular	687	17,17	16,57	5,66
<i>Calidris pusilla</i>	MN	Ocasional	190	31,66	42,87	1,56
<i>Calidris fuscicolis</i>	MN	Regular	647	24,88	40,34	5,33
<i>Calidris melanotus</i>	MN	Ocasional	4	1	0	0,03
<i>Tryngites subruficollis</i>	MN	Ocasional	4	1	0	0,03
<i>Phalaropus tricolor</i>	MN	Ocasional	4	1	0	0,03

Tabela 2. Frequência de ocorrência mensal das aves registradas na praia da Ilha Comprida de janeiro a dezembro de 2010.

Table 2. Monthly occurrence frequency of birds recorded at Ilha Comprida beach between January to December 2010.

Família / Espécie	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Charadriidae												
<i>Vanellus chilenses</i>	4,8	5,5	20,5	9,0	38,7	21,8	46,8	45,0	11,9	11,9	11,7	6,5
<i>Pluvialis dominica</i>	0,2	-	0,1	0,2	0,6	-	-	-	3,0	3,0	7,3	10,1
<i>Pluvialis squatarola</i>	0,2	0,2	0,2	-	-	0,2	-	-	0,6	0,6	1,0	3,1
<i>Charadrius semipalmatus</i>	81,2	85,6	73,4	71,8	21,2	29,6	21,7	20,2	35,7	35,7	53,0	35,1
<i>Charadrius collaris</i>	1,8	3,4	3,0	4,7	34,3	45,9	30,8	33,5	9,5	9,5	1,1	1,5
<i>Charadrius falklandicus</i>	-	-	-	-	-	-	0,1	0,1	-	-	-	-
<i>Charadrius modestus</i>	-	-	-	-	-	-	0,1	0,2	-	-	-	-
Scolopacidae												
<i>Limosa haemastica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4
<i>Numenius phaeopus</i>	-	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	0,7	-
<i>Actitis macularius</i>	-	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-
<i>Tringa flavipes</i>	0,1	0,1	1,3	1,5	2,9	1,0	0,4	0,5	1,9	1,9	2,7	0,1
<i>Tringa melanolenca</i>	-	--	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Arenaria interpres</i>	-	-	0,1	-	-	-	-	-	-	-	1,2	2,1
<i>Calidris canutus</i>	-	-	-	0,7	-	-	-	-	7,3	7,3	2,3	4,5
<i>Calidris alba</i>	11,1	3,1	1,1	1,6	1,5	1,5	-	0,4	12,2	12,2	10,1	12,3
<i>Calidris pusilla</i>	-	0,4	-	-	0,4	-	-	-	9,0	9,0	-	-
<i>Calidris fuscicolis</i>	0,7	1,8	0,4	10,7	-	-	-	-	8,2	8,2	9,0	24,4
<i>Calidris melanotus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	0,2	-	-
<i>Tryngites subruficollis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	0,2	-	-
<i>Phalaropus tricolor</i>	0,1	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	0,1	0,1

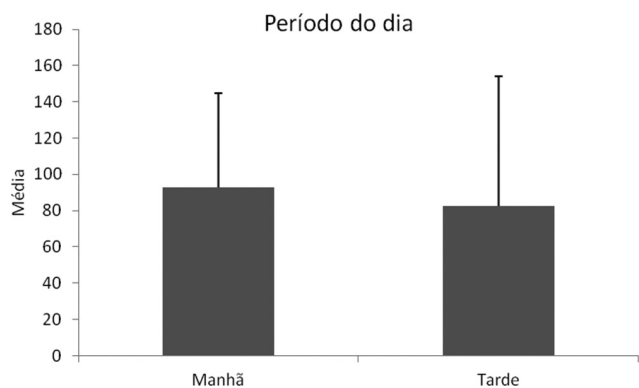


Figura 2. Médias do número de indivíduos nos diferentes períodos do dia (manhã e tarde) observados na praia da Ilha Comprida. As barras representam os respectivos desvios padrões de cada média.

Figure 2. Individual averages of birds in different periods of the day (morning and afternoon) observed at Ilha Comprida beach. The bars represent the respective standard deviations.

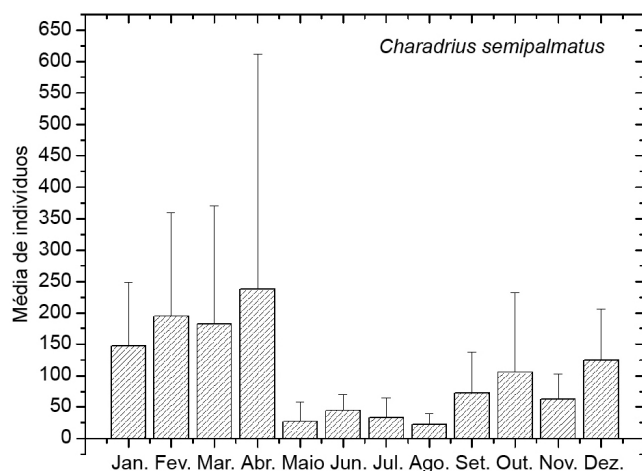


Figura 3. Médias mensais (barras representa desvio padrão) de *Charadrius semipalmatus* na Ilha Comprida (SP), Brasil, durante o ano de 2010.

Figure 3. Monthly average count (\pm SD) of *Charadrius semipalmatus* during the 2010 study at Ilha Comprida Beach on the coast of São Paulo State, Brazil.

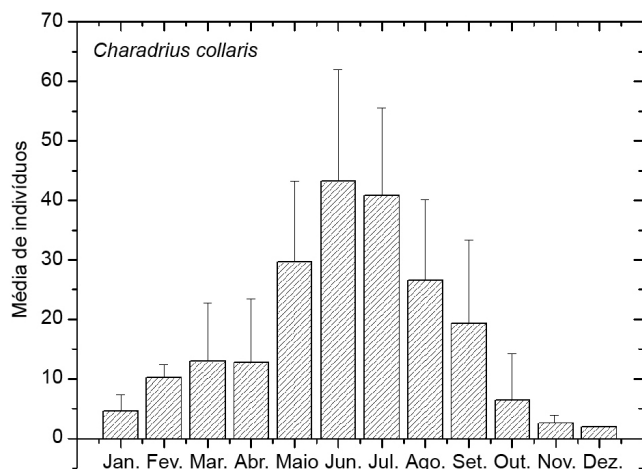


Figura 4. Médias mensais (barras representa desvio padrão) de *Charadrius collaris* na Ilha Comprida (SP), Brasil, durante o ano de 2010.

Figure 4. Monthly average count (\pm SD) of *Charadrius collaris* during the 2010 study at Ilha Comprida Beach on the coast of São Paulo State, Brazil.

queda gradual até novembro ($8,8 \pm 9,7$) (Figura 5). A população de *V. chilensis* foi significativamente (ANOVA) diferente em janeiro, fevereiro e novembro ao serem comparadas com outros meses estudados.

Flutuações mensais também foram evidentes nos Scolopacidae, com os primeiros indivíduos de *Calidris alba* chegando na Ilha Comprida em agosto, seguido do ingresso de novos migrantes até dezembro e do abandono gradativo até junho (Figura 6). Padrão semelhante de ocorrência foi observado na população de *C. fuscicollis* que iniciou a ocupação do sítio a partir de setembro e deixaram à ilha em meados de abril (Figura 7), o teste Kruskal Wallis demonstrou que para as duas espécies os meses de maio, junho, julho e agosto, foram estatisticamente diferentes dos outros meses estudados. Já a população de *C. canutus* esteve presente de setembro a dezembro, regressando novamente em abril (Figura 8).

As espécies *Calidris melanotos*, *Tryngites subruficollis*, *Charadrius falklandicus* e *Charadrius modestus* foram raras na praia da Ilha sendo registradas apenas em duas ocasiões (Tabela 1).

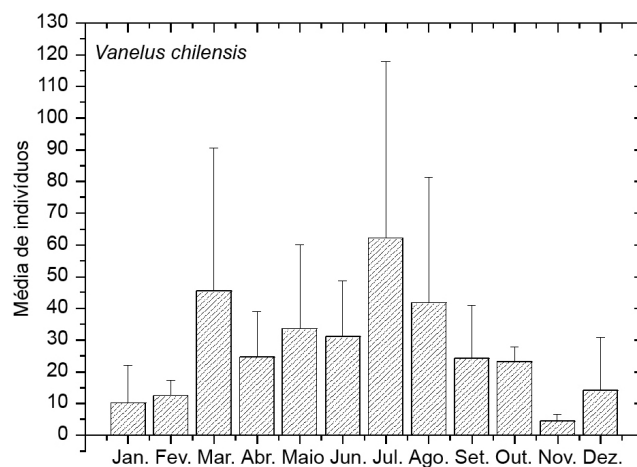


Figura 5. Médias mensais (barras representa desvio padrão) de *Vanelus chilensis* na Ilha Comprida (SP), Brasil, durante o ano de 2010.

Figure 5. Monthly average count (\pm SD) of *Vanelus chilensis* during the 2010 study at Ilha Comprida Beach on the coast of São Paulo State, Brazil.

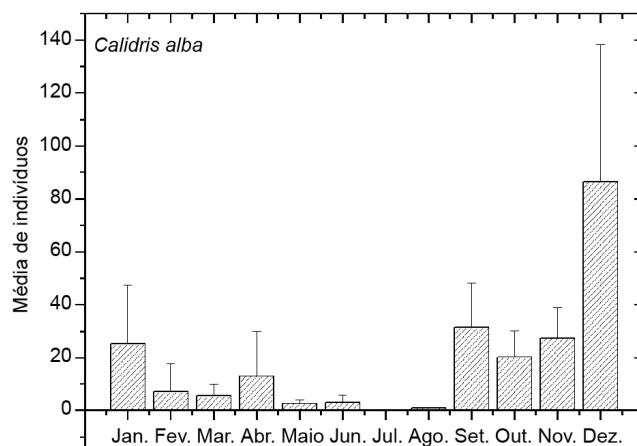


Figura 6. Médias mensais (barras representa desvio padrão) de *Calidris alba* na Ilha Comprida (SP), Brasil, durante o ano de 2010.

Figure 6. Monthly average count (\pm SD) of *Calidris alba* during the 2010 study at Ilha Comprida Beach on the coast of São Paulo State, Brazil.

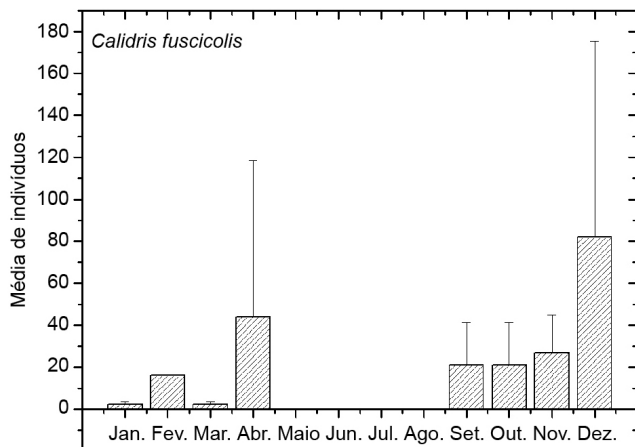


Figura 7. Médias mensais (barras representa desvio padrão) de *Calidris fuscicollis* na Ilha Comprida (SP), Brasil, durante o ano de 2010.

Figure 7. Monthly average count (\pm SD) of *Calidris fuscicollis* during the 2010 study at Ilha Comprida Beach on the coast of São Paulo State, Brazil.

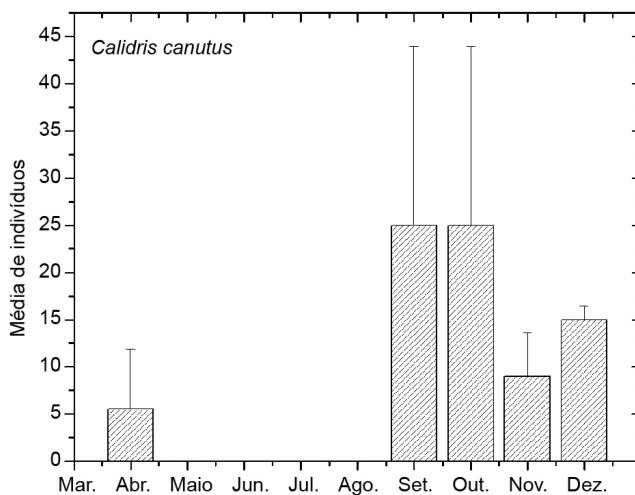


Figura 8. Médias mensais (barras representa desvio padrão) de *Calidris canutus* na Ilha Comprida (SP), Brasil, durante o ano de 2010.

Figure 8. Monthly average count (\pm SD) of *Calidris canutus* during the 2010 study at Ilha Comprida Beach on the coast of São Paulo State, Brazil.

Discussão

Durante o período deste estudo foram observados 12.153 indivíduos das famílias Charadriidae e Scolopacidae, sendo que das 20 espécies registradas 18 eram migrantes, o que demonstra que a região é um importante ponto de parada e invernada para essas aves. A presença dessas espécies confirma a importância da praia da Ilha Comprida na costa Sul do estado de São Paulo como relevante ponto de parada para aves migratórias principalmente as do Hemisfério Norte.

A presença de aves em uma determinada região depende de fatores como ambiente e época do ano (McWhinter & Beaver 1977). Assim, a soma dos deslocamentos sazonais, juntamente com as espécies residentes compõe a avifauna de um território. A qual na Ilha Comprida é composta por diversas aves migratórias. Entretanto, a ocupação desordenada das áreas costeiras vem forçando o deslocamento dos sítios de forrageio e nidificação, acarretando na exclusão de espécies de algumas regiões litorâneas (Hvenegaard &

Barbieri 2010). Assim sendo, torna-se imperativo para a preservação das aves de praia a preservação também, de suas áreas de parada e invernada.

Nesse cenário, a praia de Ilha Comprida vem sendo ocupada desordenadamente pela especulação imobiliária, além de ser utilizada por turistas, como via de acesso, com trânsito livre de veículos. Essa presença humana gera distúrbios para as algumas espécies de aves que descansam durante a maré alta (Hvenegaard & Barbieri 2010), obrigando-as a voarem de um lado a outro, acarretando em perda desnecessária de energia (Barbieri 2007), que poderá comprometer o processo migratório dos indivíduos afetados e a composição das aves deste ambiente.

Charadrius collaris habita praias abertas, arroios, locais com areia ou lama e zonas de vegetação pioneira, forrageia durante o verão sobre bancos de pequenos crustáceos e vermes marinhos, no inverno ocupa regiões mais distantes d'água como as dunas, utilizando também o local para reprodução durante a primavera (Sick 1997). Essa espécie foi regular na Ilha Comprida, ocupando a região de praia arenosa com grande biomassa de invertebrados, que serve de alimento para as aves de praia (Barbieri & Hvenegaard 2008). A abundância média mensal de *C. collaris* sugere flutuações com um padrão definido de ocupação da ilha, iniciando em janeiro até pequena pausa entre março-abril, seguido incremento até alcançar as maiores abundâncias médias em junho e deslocamento gradativo da praia amostrada até atingir a menor abundância em dezembro. Lara-Resende & Leeuwenberg (1987) relatam que encontraram na Lagoa do Peixe (RS) *C. collaris* reproduzindo de novembro a janeiro, também observaram forrageando nas proximidades dos ninhos, e na praia quando chegava o inverno. Da mesma maneira Belton (1984), Costa & Sander (2008) e Scherer & Petry (2012) observaram um maior número da espécie na praia durante os meses de junho, julho e agosto no Rio Grande do Sul. O aumento do número de indivíduos na Ilha Comprida no período de maio a setembro pode ser explicado, por essa espécie não estar em época reprodutiva. Durante a reprodução (outubro a março) essa espécie está forrageando próximo a seu ninho, que são construídos nas dunas e bernas.

O quero-quero (*Vanellus chilensis*) é uma espécie residente no país, geralmente costuma alimentar-se de invertebrados, larvas de insetos e peixes (Sick 1997), podendo utilizar ambientes modificados pelo homem (salinas e viveiros de cultivo) como suporte alimentar (Nascimento & Lazarrábal 2000). Essa espécie esteve presente durante todas as estações do ano na Ilha Comprida, apresentando maiores densidades durante a primavera. Também foi encontrada ao longo do ano em praias de Santa Catarina (Navegantes e Laguna) (Schiefler & Soares 1994), no estuário do Saco da Fazenda (SC) (Manuel et al. 2011a, b), Barra de Cunhaú (RN), onde apresentou as maiores densidades entre outubro e novembro (Nascimento & Lazarrábal 2000). No rio Grande do Sul as maiores densidades forma em abril, maio e junho (Scherer & Petry 2012).

As espécies *Vanellus chilenses*, *Charadrius semipalmatus*, *C. collaris*, *Tringa flavipes* foram registrados em todos os meses de amostragens, ao contrário de *Limosa haemastica* e *Tringa melanolenca* que ocorreram em apenas um mês e outras setes em duas amostragens (Tabela 1). De acordo com a mesma tabela durante os meses de junho, julho e agosto foram registradas as menores ocorrências de espécies e indivíduos e entre setembro e outubro as maiores. Os mesmos resultados foram encontrados por Scherer & Petry (2012) para as espécies *Vanellus chilenses*, *Charadrius semipalmatus*, *C. collaris* e *Tringa flavipes* que foram observados ao longo de todo ano no Rio Grande do Sul.

De acordo com nossos resultados, *Pluvialis squatarola* e *P. dominica* são espécies frequentes durante os meses de setembro a dezembro (Tabela 1), e apresentam baixa densidade de janeiro a

março, sendo ausentes nos meses de julho e agosto. A ausência nesses meses pode ser explicada pelo deslocamento para o Hemisfério Norte, pois é nessa época do ano que estão em período de reprodução (Sick 1997, Alves 2007). Comportamento semelhante foi registrado para *P. dominica* nas praias de Navegantes e Laguna (Schiefler & Soares 1994), por Vooren & Chiaradia (1990), Costa & Sander (2008), Sanabria & Brusco (2011), Scherer & Petry (2012) no Rio Grande do Sul (Praia do Cassino, Lagoa do Peixe, litoral Norte do Rio Grande do Sul), e para a Argentina na Patagônia (Belton, 1984).

Constatou-se que poucos indivíduos de *Charadrius semipalmatus* e alguns raros de *Calidris alba* e *Tringa flavipes* invernavam na praia da Ilha Comprida. Provavelmente a maioria da população migra para as áreas reprodutivas no Hemisfério Norte. De acordo com Sick (1997) estas espécies retornam ao Hemisfério Norte para reprodução durante o nosso inverno, assim os bandos observados nos meses de junho, julho e agosto, provavelmente são formados por aves imaturas que não acompanham a sua rota migratória (Vooren & Chiaradia 1990, Costa & Sander 2008, Scherer & Petry 2012). Belton (1984) relata um fenômeno similar no Sul do Brasil, onde um grupo de *Calidris canutus* permaneceu na região do Rio Grande do Sul durante o verão boreal (julho). Costa & Sander (2008) registra a permanência das espécies *Arenaria interpres*, *Tringa solitária*, *Sterna hirundo*, *Tringa melanoleuca*, *Charadrius semipalmatus*, *Calidris fuscicollis* e *Calidris Alba* para o litoral Norte do rio Grande do Sul durante o inverno austral.

Calidris canutus ocorreu em baixa abundância (Tabela 1) na Ilha Comprida, sendo mais comuns em abril e de setembro a dezembro, resultados similares aos de, Belton (1984), Telino-Júnior et al. (2003) e Scherer & Petry (2012) para outras regiões do país. Entretanto, Vooren & Chiaradia (1990) estudando aves costeiras em Rio Grande (RS), e Rodrigues (2000) no golfo de Maranhão registraram um pico de março a maio. Essas informações e nossos resultados reforçam a hipótese da Ilha Comprida ser utilizada como ponto de parada para locais de internada mais ao Sul do país (Lagoa do Peixe) e Argentina (Morrison 1984, Vooren & Chiaradia 1990, Telino-Júnior et al. 2003, Costa & Sander 2008, Scherer & Petry 2012). Bem como, para *Charadrius semipalmatus*, *Pluvialis dominica*, *P. squatarola*, *C. alba*, *C. canutus* e *C. fuscicollis* durante a migração de retorno para o Hemisfério Norte (abril) e para as áreas de forrageio do Hemisfério Sul (setembro). Também pode ser considerado um sítio de internada para *C. semipalmatus*, pois além da elevada abundância nos meses de primavera e verão, ocorreu em todos os meses estudados na ilha.

As menores ocorrências das espécies e dos indivíduos ocorreram no período de junho a agosto e as maiores em setembro e outubro, sugerindo que muitas aves abandonam a Ilha Comprida no final de maio seguindo sua rota migratória para reprodução, retornando em setembro (Tabela 1). Esse registro coincide com os dados obtidos por Vooren & Chiaradia (1990) para a Praia do Cassino (RS), por Costa & Sander (2008) e Scherer & Petry (2012) para o litoral Norte do Rio Grande do Sul e por Manuel et al. (2011a, b) para o Saco da Fazenda(SC).

A proteção das aves migratórias das famílias Charadriidae e Scolopacidae está diretamente ligada à preservação dos seus sítios de reprodução, alimentação e repouso (Alves 2007, Manuel et al. 2011b, Barbieri & Bete 2013). A perda ou alteração dos sítios de internada e de repouso dessas aves pode resultar na redução e até mesmo a extinção local de algumas espécies ou a diminuição da população (Cordeiro et al. 1996, Barbieri 2007, Alves 2007, Barbieri & Hvenegaard 2008, Hvenegaard & Barbieri 2010, Scherer & Petry 2012). Muitas espécies de aves interrompem seus deslocamentos migratórios para descanso e restabelecimento para continuarem viagem. Durante o deslocamento as aves migrantes requerem alta demanda energética e para isso, selecionam suas áreas de “paradas”

ou pontos de “descanso”, de acordo com a qualidade, produtividade e risco de predação do local (Alerstan et al. 2003, Fedrizzi et al. 2004). Moore & Simons (1992) relatam a importância da qualidade dos habitats utilizados como ponto de descanso e alimentação para aves migratórias, especialmente aquelas que atravessam grandes barreiras geográficas durante seus deslocamentos. Assim, a energia acumulada nesses sítios é fundamental para retornarem ao Hemisfério Norte em meados de abril e para as migrantes austral em meados de outubro (Sick 1997). Nesse cenário, a Ilha Comprida atua como ponto de parada (alimentação e repouso) (Barbieri & Paes 2008), onde o alimento obtido nas áreas de descanso fornece energia para continuar migração (Davison & Evens 1988), incrementando as reservas essenciais ao sucesso reprodutivo nas áreas de procriação (Hvenegaard & Barbieri 2010). Nesta dimensão, a proteção das áreas de internada e dos pontos de parada na Ilha Comprida, como praias, lagoa, planícies intermareais (baixios) e campos de inundação, tornam-se relevante para a preservação das várias espécies de aves que transitam pela região, quer sejam residentes, migrantes setentrionais, meridionais, ou regionais.

Agradecimentos

Ao Instituto de Pesca da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo que possibilitou essa pesquisa, ao CNPq (processo: 308700/2010-4) e pelas bolsas de produtividade em pesquisa dos autores.

Referências Bibliográficas

- AB'SABER, A.N. 2001. Litoral do Brasil. Metalivros, São Paulo, p.287.
- ALERSTAN, T., HEDENSTRÖM, A.E. & ÅKESSON, S. 2003. Long-distance migration: evolution and determinants. *Oikos* 103:247-260.
- ALVES, M.A.S. 2007. Sistemas de migrações de aves em ambientes terrestres no Brasil: exemplos, lacunas e propostas para o avanço do conhecimento. 2007. *Rev. Bras. Ornitol.* 15: 243-250.
- AZEVEDO JUNIOR, S.M., DIAS, M.M. & LARRAZÁBAL, M.E. 2002. Plumagens e mudas de Charadriiformes (Aves) no litoral de Pernambuco, Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 18(3):657-672.
- BARBIERI, E., MENDONÇA, J.T. & XAVIER, S.C. 2003. Importance of Ilha Comprida (São Paulo State, Brazil) for the sanderlings (*Calidris alba*) migration. *J. Coast. Res.* (35 special issue):121-130.
- BARBIERI, E. & CAVALHEIRO, F. 2000. Diagnóstico do impacto ambiental na parte Sul da Ilha Comprida (litoral Sul do Estado de São Paulo). In *Simpósio de Ecossistemas Brasileiros*. Vitória, v.1. p.338-348.
- BARBIERI, E. & PINNA, F.V. 2005. Distribuição da batufrade-coleira (*Charadrius collaris*) durante o período de 1999 a 2001 na praia da Ilha Comprida. *Rev. Bras. Ornitol.* 13(2):25-31.
- BARBIERI, E. & MENDONÇA, J.T. 2005. Distribution and abundance of Charadriidae at Ilha Comprida, São Paulo State, Brazil. *J. Coastal Res.* 21(2): e1-e10.
- BARBIERI, E. 2007. Seasonal abundance of shorebirds at Aracaju, Sergipe, Brazil. *Wader Stud. Group Bull.* 113:40-46.
- BARBIERI, E. & MENDOÇA, J.T. 2008. Seasonal abundance and distribution of larids at Ilha Comprida (São Paulo State, Brazil). *J. Coastal Res.* 24(1A):70-78.
- BARBIERI, E. & PAES, E.T. 2008. The birds at Ilha Comprida beach (São Paulo State, Brazil): a multivariate approach. *Biota Neotrop.* 8(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v8n3/en/abstract?article+bn00408032008> (último acesso em 19/04/2011).
- BARBIERI, E. & HVENEGAARD, G.T. 2008. Seasonal Occurrence and Abundance of Shorebirds at Atalaia Nova Beach in Sergipe State, Brazil. *Waterbirds* 31(4):636-644.

- BARBIERI, E. & DELCHIARO, R.T.C. 2009. Nesting of the American Oystercatcher *Haematopus palliatus Temminck 1820, Haematopodidae* in the southern coast of São Paulo State, Brazil. *Biota Neotrop.* 9(4): <http://www.biotaneotropica.org.br/v9n4/en/abstract?short-communication+bn02609042009> (último acesso em 02/05/2013)
- BARBIERI, E. & BETE, D. 2013. Occurrence of *Stercorarius pomarinus* (Temminck, 1815, Charadriiformes: Stercorariidae) in Cananéia estuary, Southern Coast of São Paulo State, Brazil. *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?article+bn00613012013> (último acesso em 02/05/2013).
- BELTON, W. 1984. Birds of Rio Grande do Sul, Brasil. Part I. Rheidae through Furnariidae. *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.* 178:389-636.
- BIBBY, J.C., BURGUES, N.D. & HILL, D.A. 1992. *Bird Census Techniques*. Academic Press, London, 127p.
- BUTLER 1997. *The Great Blue Heron*. University of British Columbia Press, Vancouver.
- CORDEIRO, P.H.C., FLORES, J.M. & NASCIMENTO, J.L.X. 1996. Análise das recuperações de *Sterna hirundo* no Brasil entre 1980 e 1994. *Ararajuba* 4:3-7.
- COSTA, E.S. & SANDER, M. 2008. Variação sazonal de aves costeiras (Charadriiformes e Ciconiiformes) no litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil. *Biodiver. Pampeana (Online)*, 6: 3-8.
- COSTA, E.S., AYALA L., SUL, J.A.I., CORIA, N.R., SÁNCHEZ-SCAGLIONI, R.E., ALVES, M.A.S., PETRY, M.V. & PIEDRAHITA, P. 2011. Antarctic and Sub-Antarctic seabirds in South America: A Review. *Oecol. Baust.* 15:59-68.
- COMITÊ BRASILEIRO DE REGISTROS ORNITOLÓGICOS – CRBO. 2011. <http://www.cbro.org.br/CBRO/index.htm> (último acesso em 22/07/2012).
- DAJOZ, R. 1978. *Ecologia Geral*. 3. ed. Vozes, Petrópolis.
- DAVISON, N. & EVENS, P. 1988. Prebreeding accumulation of fat and muscle protein by Arctic nesting shorebirds. *Proc. Int. Ornithol. Congr.* 19:342-352.
- FEDRIZZI, C.E., AZEVEDO JUNIOR, S.M. & LARAZZÁBAL, M.E.L. 2004. Body mass and acquisition of breeding plumage of wintering *Calidris pusilla* (Linnaeus) (Aves, Scolopacidae) in the coast of Pernambuco, north-eastern Brazil. *Rev. Bras. Zool.* 21(2):249-256.
- HVENEGAARD, G.T. & BARBIERI, E. 2010. Shorebirds in the State of Sergipe, northeast Brazil: potential tourism impacts. *Rev. Bras. Ornitol.* 18(3):169-175.
- HAYMAN, P., MARCHANT, J. & PRATER, T. 1986. *Shorebirds. An identification guide to the waders of the world*. Christopher Helm, London, 412p.
- LARA-RESENDE, S.L. & LEEUWENBERG, D.L. 1987. *Ecological studies of Lagoa do Peixe*. International Report 4. World Wildlife Foundation–WWF/US, District of Columbia, Washington.
- MANUEL, F.C., BRANCO, J.O. & BARBIERI, E. 2011a. Composição da avifauna aquática do Saco da Fazenda, Itajaí-SC. *Mundo Saúde.* 35(1):31-41.
- MANUEL, F.C., BRANCO, J.O. & BARBIERI, E. 2011b. Flutuações sazonal e diária das aves aquáticas no Saco da Fazenda, Itajaí-SC. *Mundo Saúde.* 35(1):47-54.
- McWHINTER, D.W. & BEAVER, D.L. 1977. Birds of the capital count area of Michigan, with seasonal and historical analyses. *Publ. Museum Mich. State Univ., Biol. Ser.* 5:353-442.
- MEYERS, N.R.A., MITTERMEIER, C.G., MITTERMEIER, G.A., FONSECA, B. & KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priority. *Nature* 403:853-858.
- MOORE, F.R. & SIMONS, T.R. 1992. Habitat suitability and stopover ecology of Neotropical landbird migrants. In *Ecology and conservation of neotropical migrant landbirds* (J. M. Hagan III & D. W. Johnston, eds.). Smithsonian Institution Press, Washington, p.345-355.
- MYERS, J.P., SALLABERRY, M.A., ORTIZ, E., CASTRO, G., GORDON, L.M., MARON, J.L., SCHICK, C.T., TABILO, E., ANTAS, P. & BELOW, T. 1990. Migration routes of new world sanderlings (*Calidris alba*). *The Auk* 107:172-180.
- MORRISON, R.I.G. 1984. Migration systems of some New World shorebirds. *Behav. Mer. Org.* 6:123-202.
- MORRISON, R.I.G. & ROSS, R.K. 1989. *Atlas of nearctic shorebirds on the coast of South America*. Canadian Wildlife Service, Ottawa, 325p.
- NASCIMENTO, J.L.X. & LARAZZÁBAL, M.E.L. 2000. Alimentação de aves limícolas em Barra de Cunhaú, Canguaretama, Rio Grande do Norte. *Melopsittacus.* (3):91-120.
- PETRY, M.V., SCHERER, J.F.M. & SCHERER, A.L. 2012. Ocorrência, alimentação e impactos antrópicos de aves marinhas nas praias do litoral do Rio Grande do Sul, Sul do Brasil. *Rev. Bras. Ornitol.* 20:65-70.
- POWELL, G.V.N. & POWELL, A.H. 1986. Reproduction by great white herons *Ardea Herodias* in Florida Bay as an indicator of habitat quality. *Biol. Conser.* 36:101-13.
- RODRIGUES, A.A.F. 2000. Seasonal abundance of nearctic shorebirds in the Gulf of Maranhão, Brazil. *Journal of Field Ornithology* 71: 655-675.
- SANABRIA, J.A.F. & BRUSCO, G.M. 2011. Registros relevantes de Charadriiformes em praias do Litoral Norte do Rio Grande do Sul. *Rev. Bras. Ornitol.* 19(4):529-534.
- SCHERER, A.L. & PETRY, M.V. 2012. Seasonal Variation In Shorebird Abundance In The State of Rio Grande do Sul, Southern Brazil. *The Wilson Journal of Ornithology*, 124:40-50.
- SCHIEFLER, F.A. & SOARES, M. 1994. Estudo comparativo da avifauna das praias de Navegantes e Laguna, Santa Catarina. *Biotemas* 7(1-2):31-45.
- SICK, H. 1997. *Ornitologia brasileira*. Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 868p.
- SUGUIO, K. & MARTINS, L. 1987. Classificação de costas e evolução geológica das planícies litorâneas quaternárias do sudeste e Sul do Brasil. *Simpósio sobre Ecossistema da Costa Sul e Sudeste Brasileira, Síntese dos conhecimentos*. ACIESP. 54-I: 1-28.
- TELINO-JÚNIOR, W.R., AZEVEDO JÚNIOR, S.M. & LYRA-NEVES, R.M. 2003. Censo de aves migratórias (Charadriidae, Scolopacidae e Laridae) na Coroa do Avião, Igarassu, Pernambuco, Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 20(3):451-456.
- TESSLER, M.G. 1988. Dinâmica sedimentar quaternária no litoral Sul paulista. São Paulo. Tese de doutorado, Instituto de Geologia da Universidade de São Paulo, 276p.
- TESSLER, M.G. & SOUZA, L.A.P. 1998. Dinâmica sedimentar e feições sedimentares na superfície de fundo do sistema Cananéia-Iguape, SP. *Bol. Inst. Oceanogr.* 46:69-93.
- VOOREN, C.M. & CHIARADIA, A. 1990. Seasonal Abundance and behavior of Coastal Birds on Cassino Beach, Brazil. *Ornitol. Neotrop.* 1:9-14.
- WARNOCK, N., ELPHICK, C. & RUBEGA, M.A. 2002. *Shorebirds in the Marine Environment*. In: *Biology of Marine Birds* (E. A. Schreiber & J. Burger, ed.). CRC Press, New York.
- ZAR, J.H. 1999. *Biostatistical Analysis*. 4th ed. Prentice-Hall, New Jersey, 663 p.

Recebido em 02/04/2013

Versão reformulada recebida em 05/07/2013

Publicado em 12/08/2013

Apêndice. Fotos de algumas espécies encontradas durante a realização deste trabalho.



Vanelus chilensis



Charadrius modestus



Charadrius collaris



Pluvialis dominica



Charadrius semipalmatus



Calidris canutus

Scolopacidae e Charadriidae da ilha Comprida, SP



Calidris alba



Arenaria interpres



Calidris fuscicollis



Phalaropus tricolor



Tringa flavipes



Limosa haemastica



Numenius phaeopus

***Cercosaura ocellata* Wagler, 1830 (Lacertilia, Gymnophthalmidae):
distribution extension of Northeastern Brazil**

Camila Nascimento de Oliveira¹ & Geraldo Jorge Barbosa de Moura^{1,2}

¹Laboratório de Estudos Herpetológicos e Paleoherpetológicos,
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, CEP 52171-900, Recife, PE, Brasil
²Corresponding author: Geraldo Jorge Barbosa de Moura, e-mail: geraldojbm@yahoo.com.br

OLIVEIRA, C.N. & MOURA, G.J.B. ***Cercosaura ocellata* Wagler, 1830 (Lacertilia, Gymnophthalmidae):
distribution extension of Northeastern Brazil.** Biota Neotrop. 13(3): [http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/
en/abstract?short-communication+bn00313032013](http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?short-communication+bn00313032013)

Abstract: The lizard, *Cercosaura ocellata*, with its type-locality suggested as being South America's Northeast, is widely distributed in the North and Midwest regions of Brazil, with scarcity of records for the states in the Northeast Region. This work aims to enlarge the geographical distribution of this species. An individual of *C. ocellata* was registered in a fragment of Atlantic Rain Forest, Mata de Tejipiú (08° 05' 45.59" S, 34° 57' 04.91" W). This register expands its distribution 585 km north and 770 km south, respectively from its closest locations, Bahia and Ceará, filling a gap of disjunct distribution of approximately 900 km in the northeast region of the country.
Keywords: lizard, herpetofauna, occurrence, Atlantic Rain Forest, Pernambuco.

OLIVEIRA, C.N. & MOURA, G.J.B. **Ampliação da distribuição geográfica de *Cercosaura ocellata* Wagler, 1830 (Lacertilia, Gymnophthalmidae), Nordeste do Brasil.** Biota Neotrop. 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?short-communication+bn00313032013>

Resumo: O lagarto, *Cercosaura ocellata*, com localidade-tipo sugerida para o Nordeste da América do Sul, apresenta ampla distribuição no Norte e Centro-Oeste do Brasil, com escassez de registros para os estados da Região Nordeste. O presente trabalho tem como objetivo ampliar a distribuição geográfica da espécie. Foi registrado um espécime de *C. ocellata* em remanescente de Mata Atlântica, Mata de Tejipiú/Recife (08° 05' 45,59" S, 34° 57' 04,91" W). Este registro amplia a distribuição da espécie em 585 km ao norte e 770 km ao sul das localidades respectivamente mais próximas, Bahia e Ceará, preenchendo um hiato de distribuição disjunta de aproximadamente 900 km na região nordeste do país.
Palavras-chave: lagarto, herpetofauna, ocorrência, Mata Atlântica, Pernambuco.

The Gymnophthalmidae family is composed of 232 lizard species (Uetz & Jirí Hošek 2013), 84 of them in Brazil (Bérnils & Costa 2012) and six of them occurring in the Pernambuco state (Moura et al. 2011). According to Doan (2003), this family is widely distributed in South America (absent only in Chile), with a few in Central America (Doan 2003, Pellegrino et al. 2001). They have synapomorphies like: cylindrical body, long tail, reduction of limbs, elongation of body and the loss of eyelids (Presch 1980).

After systematic reviews initiated by Pellegrino et al. (2001) which were continued by Doan (2003), the genera *Pantodactylus*, *Prinodactylus* and *Cercosaura*, were fused in one single clade called *Cercosaura*, consisting initially of 11 species (Doan 2003) and after that some species were synonymized, being now composed of 7 species (Bérnils & Costa 2012). Morphological analysis made by Presch (1980) show that, unlike the family's characteristics, the group which the genre *Cercosaura* belongs does not have reduction of the members.

Cercosaura ocellata Wagler, 1830 (type-locality suggested by Ruibal (1952) as being South America's northeast) shows common characteristics of the Gymnophthalmidae family, besides presents developed anterior and posterior limbs and, all digits with claws (Ávila-Pires 1995). In Brazil, the species is distributed in the following regions: Midwest: Tocantins (Shepard 2007), Mato Grosso (Valdujo et al. 2009), Mato Grosso do Sul (Uetanabaro et al. 2007), Goiás (Vaz-Silva et al. 2007), North: Amazon (Ávila-Pires et al. 2009), Acre (Bernarde et al. 2011), Amapá (Ávila-Pires 1995), Pará (Mendes-Pinto & Souza 2011), Rondônia (Gainsbury & Colli 2003); Northeast: Ceará (Borges-Nojosa & Caramaschi 2003), Bahia (Couto-Ferreira et al. 2011), Maranhão (Ávila-Pires 1995); Southeast: Minas Gerais (Sousa et al. 2010), São Paulo (Ihering 1898) and South: Rio Grande do Sul (Santos et al. 2005). Occupation in different biomes and ecosystems: Cerrado (Recoder & Nogueira 2007), Campos Sulinos (Santos et al. 2005), Amazon Forest (Ávila-Pires et al. 2009) and Restinga (Couto-Ferreira et al. 2011).

This species occupies terrestrial microhabitats, often found in open areas (Ávila-Pires 1995, Recoder & Nogueira 2007), moist leaf litter (Cunha et al. 1985), forest edge (Cunha et al. 1985, Recoder & Nogueira 2007), forest areas (Cunha et al. 1985, Macedo et al. 2008) and forested area near the rivers (Macedo et al. 2008). Studies of species reproduction are still insufficient (Ávila-Pires 1995, Cassel et al. 2012), however Colli et al. (2007) presented data of spermatozoa ultrastructure and Cassel et al. (2012) of reproductive biology. The species present sexual dimorphism (Cunha et al. 1985, Pellegrino et al. 2001), with presence of femoral pores in males (Pellegrino et al. 2001) and variation in number and shape of ocelli between males, females and juveniles (Cunha et al. 1985), diurnal habit and heliothermal (Ávila-Pires 1995, Cunha et al. 1985). This work aims to enlarge the geographical distribution of species.

A individual of *C. ocellata* (Figure 1) was collected in a fragment of Atlantic Rain Forest (Mata de Tejipió/08° 05' 45.59" S, 34° 57' 04.91" W and 15 m elevation) located in Tejipió neighborhood, Recife city, state of Pernambuco Brazil, with permission by Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) (number 31795-1) and vouchered in the Herpetological and Paleoherpetological Collection of Universidade Federal Rural de Pernambuco: CHP-UFRPE 1216.

The lizard was registered in May 25, 2012, in Floresta Ombrófila Densa (Veloso et al. 1991), found on ground occupied mainly by grass and other ruderal plants.

This new record expands the geographic distribution of *Cercosaura ocellata* in 585 km north and 770 km south, respectively from its closest locations, Bahia and Ceará. Regarding the northeast, its geographic distribution was documented only to the states of Ceará



Figure 1. *Cercosaura ocellata* collected in Forest Tejipio (08° 05' 45.59" S, 34° 57' 04.91" W) (25 May 2012), Recife, Pernambuco, Brazil. Photograph: Camila Nascimento de Oliveira.

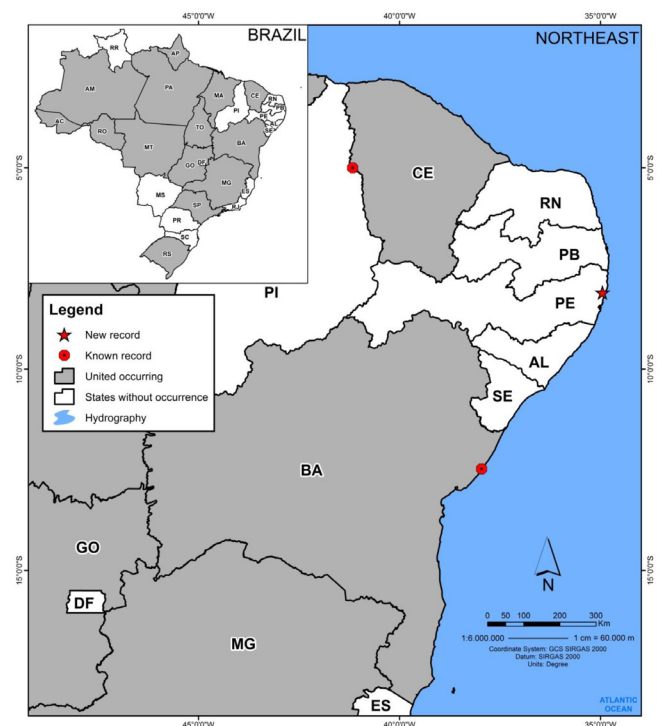


Figure 2. Distribution map of *Cercosaura ocellata*, with emphasis to the Northeastern Brazil. New record represented by star. Records closer to the new location represented by red circle (Planalto da Ibiapaba/CE and Mata de São João/BA).

(Borges-Nojosa & Caramaschi 2003), Bahia (Couto-Ferreira et al. 2011) and Maranhão (Ávila-Pires 1995), having a gap of occurrence in the state of Piauí and between the states of Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco Alagoas and Sergipe, with a gap of 900 km without any record between Ceará and Bahia (Figure 2).

Acknowledgments

This manuscript is a contribution of the "Rede de Investigação em Biodiversidade e Saberes Locais" (REBISA), with financial support of FACEPE (APQ-1264-2.05/10).

References

- ÁVILA-PIRES, T.C.S. 1995. Lizards of Brazilian Amazonia. Zool. Verh. Leiden. 299(1):1-706.
- ÁVILA-PIRES, T.C.S., VITT, L.J., SARTORIUS, S.S. & ZANI, P.A. 2009. Squamata (Reptilia) from four sites in southern Amazonia, with a biogeographic analysis of Amazonian lizards. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat. 4(2):99-118.
- BERNARDE, P.S., MACHADO, R.A. & TURCI, L.C.B. 2011. Herpetofauna of Igarapé Esperança area in the Reserva Extrativista Riozinho da Liberdade, Acre – Brazil. Biota Neotrop. 11(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n3/en/abstract?inventory+bn02111032011> (último acesso em 22/08/2012).
- BÉRNILS, R.S. & COSTA, H.C. (org.). 2012. Répteis brasileiros: Lista de espécies. versão 2012.1. Sociedade Brasileira de Herpetologia: <http://www.sberpetologia.org.br/>. (último acesso em 02/05/2013).
- BORGES-NOJOSA, D.M. & CARAMASCHI, U. 2003. Composição e análise comparativa da diversidade das afinidades biogeográficas dos lagartos e anfisbenídeos (Squamata) dos brejos nordestinos. In Ecologia e conservação da Caatinga (I.R. Leal, M. Tabarelli & J.M.C. Silva, eds). Editora Universitária UFPE, Recife, p.463-512.
- CASSEL, M., STRÜSSMANN, C. & FERREIRA, A. 2012. Histological evidence of reproductive activity in lizards from the APM Manso, Chapada dos Guimarães, Mato Grosso State, Brazil. Acta Scientiarum. Biological Sciences 34(3):327-334.
- COLLI, G.R., TEIXEIRA, R.D., SCHELTINGA, D.M., MESQUITA, D.O., WIEDERHECKER, H.C. & BÁO, S.N. 2007. Comparative study of sperm ultrastructure of five species of teiid lizards (Teiidae, Squamata), and *Cercosaura ocellata* (Gymnophthalmidae, Squamata). Tissue Cell 39(1):59-78. PMID:17331552. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tice.2006.12.001>
- COUTO-FERREIRA, D., TINÔCO, M.S., OLIVEIRA, M.L.T., BROWNE-RIBEIRO, H.C., FAZOLATO, C.P., SILVA, R.M., BARRETO, G.S. & DIAS, M.A. 2011. Restinga lizards (Reptilia: Squamata) at the Imbassai Preserve on the northern coast of Bahia, Brazil. J. Threatened Taxa 3(8):1990-2000. <http://dx.doi.org/10.11609/JoTT.o2800.1990-2000>
- CUNHA, O.R., NASCIMENTO, F.P. & ÁVILA-PIRES, T.C.S. 1985. Os Répteis da área de Carajás, Pará, Brasil (Testudines e Squamata) I. Pub. Avul. Mus. Para. Emílio Goeldi. 40:1-92.
- DOAN, M.T. 2003. A new phylogenetic classification for the gymnophthalmid genera *Cercosaura*, *Pantodactylus* and *Prionodactylus* (Reptilia: Squamata). Zool. J. Linn. Soc. 137(1):101-115. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1096-3642.2003.00043.x>
- GAINSBURY, A.M. & COLLI, G.R. 2003. Lizard assemblages from natural cerrado enclaves in southwestern Amazonia: the role of stochastic extinctions and isolation. Biotropica 35(4):503-519.
- ILERING, H.V. 1898. Contributions to the Herpetology of Sao Paulo, Brazil. P. Acad. Nat. Sci. Phila. 50:101-109.
- MACEDO, L.M., BERNARDE, P.S. & ABE, A.S. 2008. Lagartos (Squamata: Lacertilia) em áreas de floresta e de pastagem em Espigão do Oeste, Rondônia, sudoeste da Amazônia, Brasil. Biota Neotrop. 8(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v8n1/pt/abstract?inventory+bn01108012008> (último acesso em 20/08/2012).
- MENDES-PINTO, T.J. & SOUZA, S.M. 2011. Preliminary assessment of amphibians and reptiles from Floresta Nacional do Trairão, with a new snake record for the Pará state, Brazilian Amazon. Salamandra 47(4):199-206.
- MOURA, G.J.B., FREIRE, E.M.X., SANTOS, E.M., LINS, E., ANDRADE, E.V.E. & CAVALCANTE, J.D. 2011. Distribuição Geográfica e Caracterização Ecológicas dos Répteis do Estado de Pernambuco. In Herpetologia do Estado de Pernambuco (G.J.B. Moura, E.M. Santos, M.A.B. Oliveira & M.C.C. Cabral, Orgs). Ministério do Meio Ambiente, Brasília, p.229-290.
- PELLEGRINO, K.C.M., RODRIGUES, M.T., YONENAGA-YASSUDA, Y & SITES JUNIOR., J.W. 2001. A molecular perspective on the evolution of microteiid lizards (Squamata, Gymnophthalmidae), and a new classification for the family. Biol. J. Linn. Soc. 74(3):315-338.
- PRESCH, W. 1980. Evolutionary history of the South American microteiid lizards (Teiidae: Gymnophthalminae). Herpetologica 34(1):108-112.
- RECODER, R. & NOGUEIRA, C. 2007. Composição e diversidade de répteis Squamata na região sul do Parque Nacional Grande Sertão Veredas, Brasil Central. Biota Neotrop. 7(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v7n3/pt/abstract?inventory+bn01107032007> (último acesso em 20/08/2012).
- RUIBAL, R. 1952. Revisionary studies of some South American Teiidae. Bulletin of the Museum of Comparative Zoology, Harvard 106:477-529.
- SANTOS, T.G., KOPP, K.A., SPIES, M.R., TREVISAN, R. & CECHIN, S.Z. 2005. Répteis do campus da Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil. Biota Neotrop. 5(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v5n1/pt/abstract?inventory+BN02705012005> (último acesso em 21/08/2012).
- SHEPARD, D.B. 2007. Habitat but not body shape affects predator attack frequency on lizard models in the Brazilian cerrado. Herpetologica 63(2):193-202. [http://dx.doi.org/10.1655/0018-0831\(2007\)63\[193:HB NBSA\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1655/0018-0831(2007)63[193:HB NBSA]2.0.CO;2)
- SOUZA, B.M., NASCIMENTO, A.E.R., GOMIDES, S.C., VARELA RIOS, C.H., HUDSON, A.H. & NOVELLI, I.A. 2010. Répteis em fragmentos de Cerrado e Mata Atlântica do Campo das Vertentes, Estado de Minas Gerais, sudeste do Brasil. Biota Neotrop. 10(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v10n2/en/abstract?article+bn03510022010> (último acesso em 20/08/2012).
- UETANABARO, M., SOUZA, F.L., LANDGREF FILHO, P., BEDA, A.F. & BRANDÃO, R.A. 2007. Anfíbios e répteis do Parque Nacional da Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul, Brasil. Biota Neotrop. 7(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v7n3/pt/abstract?inventory+bn01207032007> (último acesso em 29/08/2012).
- UETZ, P. & JIRÍ HOŠEK (eds.). The Reptile Database. <http://www.reptile-database.org> (último acesso em 02/05/2013).
- VALDUJO, P.H., NOGUEIRA, C.C., BAUMGARTEN, L., HENRIQUE, F., RODRIGUES, G., BRANDÃO, R.A., ETEROVIC, A., RAMOS-NETO, M.B. & MARQUES, O.A.V. 2009. Squamate reptiles from Parque Nacional das Emas and surroundings, Cerrado of Central Brazil. Check List 5(3):405-417.
- VAZ-SILVA, W., GUEDES, A.G., AZEVEDO-SILVA, P.L., GONTIJO, F.F., BARBOSA, R.S., ALOÍSIO, G.R. & OLIVEIRA, F.C.G. 2007. Herpetofauna, Espora Hydroelectric Power Plant, state of Goiás, Brazil. Check List 3(4):338-345.
- VELOSO, H.P., RANGEL FILHO, A.L.R. & LIMA, J.C.A. 1991. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro, IBGE, 124p.

Received 10/09/2012

Revised 05/08/2013

Accepted 07/03/2013

Nidification of *Polybia rejecta* (Hymenoptera: Vespidae) associated to *Azteca chartifex* (Hymenoptera: Formicidae) in a fragment of Atlantic Forest, in the state of Minas Gerais, southeastern Brazil

Marcos Magalhães de Souza¹, Epifânio Porfiro Pires^{2,4} & Fábio Prezoto³

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas – IFSULDEMINAS, Campus Inconfidentes, CEP 37576-000, Inconfidentes, MG, Brazil

²Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Lavras – UFLA, CEP 37200-000, Lavras, MG, Brazil

³Departamento de Zoologia, Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF, CEP 36036-900, Juiz de Fora, MG, Brazil

⁴Corresponding author: Epifânio Porfiro Pires, e-mail: epifaniopires@yahoo.com.br

SOUZA, M.M., PIRES, E.P. & PREZOTO, F. **Nidification of *Polybia rejecta* (Hymenoptera: Vespidae) associated to *Azteca chartifex* (Hymenoptera: Formicidae) in a fragment of Atlantic Forest, in the state of Minas Gerais, southeastern Brazil.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?short-communication+bn02513032013>

Abstract: Records to nesting between associated social wasp *Polybia rejecta* (Fabricius, 1798) and the ant *Azteca chartifex* Forel, 1896 in the Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, are reported. This association is reported for the first time in this biome. Twelve colonies of *P. rejecta* founded close to nests of *A. chartifex* were observed. The wasp colonies were founded at a distance of about 10-20 cm from the ant nest and they did not overlap. The nests of wasps were smaller compared to ant, but the coloring was similar protective casing, making it difficult to differentiate between the wasp nest and the ant.

Keywords: interaction, social wasp, ant, Atlantic Forest, colonies.

SOUZA, M.M., PIRES, E.P. & PREZOTO, F. **Nidificação de *Polybia rejecta* (Hymenoptera: Vespidae) associada com *Azteca chartifex* (Hymenoptera: Formicidae) em um fragmento de Mata Atlântica, no estado Minas Gerais, Sudoeste do Brasil.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?short-communication+bn02513032013>

Resumo: Registra-se a nidificação associada entre a vespa social *Polybia rejecta* (Fabricius, 1798) e a formiga *Azteca chartifex* Forel, 1896 no Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais. Esta associação é observada neste bioma pela primeira vez. Observaram-se doze colônias de *P. rejecta* fundadas ao lado de ninhos da *A. chartifex*. Cada colônia da vespa social foi fundada a uma distância em torno de 10 a 20 cm do ninho da formiga, não ocorrendo sobreposição das colônias. Os ninhos das vespas eram menores em relação a formiga, porém a coloração do invólucro protetor era semelhante, o que dificultava a diferenciação entre os ninho da vespa e da formiga.

Palavras-chave: interação, vespa social, formiga, Mata Atlântica, colônias.

Introduction

Social wasps are insects that carry out countless ecological functions in ecosystems, acting in biological control, pollination and environmental bioindicators (Prezoto et al. 2005, Souza et al. 2010, Souza & Zanúncio 2012) and, like any eusocial insect, their survival depends on the success of the foundation of new colonies among other factors (Lima & Prezoto 2003, Silva et al. 2006, Gobbi et al. 2009).

It is known that ants exerted a selective pressure on the evolution of the architectural standard of wasp nests, due to predation (Andena et al. 2009), and they are considered a threat for Neotropical social wasps (Jeanne 1970).

In spite of the antagonistic relationships between ants and social wasps, they can form interspecific nest associations, as already known for *Polybia rejepta* (Fabricius, 1798) and *Synoeca chalybea* Saussure, 1852, which usually build their nests associated to those of ants of the genus *Azteca*, as recorded in Peru, Costa Rica and Trinidad and Tobago (Vesey-Fitzgerald 1938, Richards 1945, Herre et al. 1986). It has been demonstrated that most of the species of Vespidae nest on plants that possibly possess substances repellent to ants, and that nesting associated to ants represents 11.5% of the total recorded in French Guiana (Corbora et al. 2009). Association of wasp nests with ants of the genus *Azteca* can be one of the few defenses tropical wasps have against invasions by ants of the tribe Ecitonini (Richards & Richards 1951).

The relationships between wasps and *Azteca* ants can also be competitive, as recorded for wasps in the genera *Polybia* (Fry, 1972) and *Charterginus* Fox, 1898, which were observed stealing food from *Azteca* ants in French Guiana and Costa Rica (LaPierre et al. 2007). In the Brazilian Amazon also no record of the association between social wasps *Polybia rejepta* and *Synoeca virginea* (Fabricius, 1804) and the ant *Azteca chartifex* (Somavilla et al. 2013).

Nidification is an important aspect for better understanding the role of those insects in natural ecosystems (Dejean et al. 1998, Hunt & Carpenter 2004), and there is little information on social wasps nesting in the Atlantic Forest, a fragmented biome with strong human influence, and considered a biodiversity "hotspot" (Myers et al. 2000).

The objective of this study was to report the nesting association between the social wasp *P. rejepta* and the ant *Azteca chartifex* Forel, 1896 in Parque Estadual do Rio Doce, the largest Atlantic Forest reserve in the state of Minas Gerais, Brazil.

Material and Methods

The study was conducted in Parque Estadual do Rio Doce, the largest remnant of Atlantic Forest in Minas Gerais (36.970 hectares), inserted in the municipalities of Marliéria, Timóteo and Dionísio (19° 45' to 19° 30' S and 42° 38' to 48° 28' W). The average climate is hot and humid, with two well defined seasons: a dry and moderately cold season, with temperatures ranging from 7 to 20 °C, and a hot and humid season, with temperatures ranging from 28 to 39 °C. The precipitation varies from 1350 to 1900 mm annually and the altitude ranges between 236 and 515 m (Instituto... 1994, Nemésio & Silveira 2006).

The records of the associations were made from January to December, 2010. On this period it was performed 20 observations. An active search method was employed to record the colonies, which consists of walking trails for present inside and edge of woods, watching the treetops, roots of epiphytes, broadleaf, ravines and rocky outcrops (Souza & Prezoto 2006). The number of associated colonies and the distance between nests was obtained with the aid of binoculars and naked eye. There was a high activity of the individuals at the moment the observations and the collection of individuals which was intentional, in order to perform observations during 15 to 20

minutes for each colony, by using the *ad libitum* method, recording all behavioral activities (Del-Claro 2010). By using this methodology we were able to observe aggressiveness behavior between wasps and ants. Ant identification was made at the entomology laboratory of the Universidade Federal de Viçosa, state of Minas Gerais, Brazil. Identifications of social wasps were carried out at the Museu Paraense Emílio Goeldi, in Belém, state of Pará, Brazil, where the collected biological material has been deposited.

Results and Discussion

Twelve *P. rejepta* colonies were recorded, all of them founded close to nests of the ant *A. chartifex* (Figure 1), a novel record for the Atlantic Forest in Brazil, so far only reported in the Brazilian Amazon (Somavilla et al. 2013).

Each wasp colony was founded at a distance of around 10 to 20 cm from the ant nest, with no colony overlap. The nests of wasps were smaller compared to ant, but the coloring was similar protective casing, making it difficult to differentiate between the wasp nest and the ant, difficulting recognition by an observer, even at a distance of ten meters. No other association was observed, the relationships between the wasps and the ants were not appraised through experiment, which may be due to the short time of observations.

All the observed nests of *P. rejepta* were associated to *A. chartifex*, however, some nests of the ant were isolated, suggesting that the wasp obtains greater benefits from the association. This association with ants was not observed in any of the other 35 species of social wasps identified in the study area. The protection against mammalian predators of ants, as anteaters, to be the highest benefit for the ant, and *P. rejepta* can offer protection against anteaters, thus preventing damage to the nests of *Azteca*. Therefore, the social wasps do not cause damage to the ants and can take advantage of their good tolerance (Jeanne 1972, Herre et al. 1986).

The association of *P. rejepta* nesting close to nests of *A. chartifex* showed to be common in this area of Atlantic Forest. There was no record of any aggression between both species. However it was not analyzed the potential benefits of this interspecific relationship. Thus, further specific ethological studies should be performed to assess whether this relationship is only a tolerance of the ant to the wasp, or if there is any kind of symbiosis between them.



Figure 1. Associated nests of the wasp *Polybia rejepta* (right) and the ant *Azteca chartifex* (left) in Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, Brazil.

References

- ANDENA, S.R., CARPENTER J. M. & NOLL, F.B. 2009. A phylogenetic analysis of *Synoeca* de Saussure, 1852, a neotropical genus of social wasps (Hymenoptera: Vespidae: Epiponini). *Entomol. Am.* 115(1):81-89.
- CORBORA, B., CARPENTER, J.M., CÉRÉGHINO, R., LEPONCE, M., GIBERNAU, M. & DEJEAN, A. 2009. Diversity and nest site selection of social wasps along Guianese forest edges: assessing the influence of arboreal ants. *C. R. Biol.* 332(5):470-479. PMID:19393979. <http://dx.doi.org/10.1016/j.crvi.2009.01.003>
- DEJEAN, A., CORBARA, B. & CARPENTER, J.M. 1998. Nesting site selection by wasps in the Guianese rain forest. *Insectes Soc.* 45 (1):33-41. <http://dx.doi.org/10.1007/s000400050066>
- DEL-CLARO, K. 2010. Introdução a Ecologia Comportamental, um manual para o estudo do comportamento animal. 2. ed. Technical Books, Rio de Janeiro, v.1, 128p.
- GOBBI, N., GOVONE, J.S., PINTO, N.P.O. & PREZOTO, F. 2009. Produtividade em colônias de *Polistes (Aphanilopterus) versicolor* Olivier, 1791 (Hymenoptera: Vespidae, Polistinae). *Rev. Bras. Zool.* 11(3):191-199.
- HERRE, E.A., WINDSOR, D.M. & FOSTE, R.B. 1986. Nesting associations of wasps and ants on lowland Peruvian ant-plant. *Psyche* 93(1):321-330. <http://dx.doi.org/10.1155/1986/94501>
- HUNT, J.H. & CARPENTER, J.M. 2004. Intra-specific Nest Form Variation in Some Neotropical Swarm-founding Wasps of the Genus *Parachartergus* (Hymenoptera: Vespidae: Epiponini). *J. Kans. Entomol. Soc.* 77(4):448-456. <http://dx.doi.org/10.2317/E-26.1>
- INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS - IEF. 1994. Pesquisas prioritárias para o Parque Estadual do Rio Doce, Brasil. IEF, Belo Horizonte, 35p.
- JEANNE, R.L. 1970. Chemical Defense of Brood by a Social Wasp. *Science* 168(3938):1465-1466. PMID:5445937. <http://dx.doi.org/10.1126/science.168.3938.1465>
- JEANNE, R.L. 1972. The social Biology of Neotropical wasp *Mischocyttarus drewsenii*. *Bull. Mus. Comp. Zool.* 144(3):63-150.
- LAPIERRE, L., HESPENHEIDE, H. & DEJEAN, A. 2007. Wasps robbing food from ants: a frequent behavior? *Naturwissenschaften* 94(1):997-1001. PMID:17546437. <http://dx.doi.org/10.1007/s00114-007-0270-y>
- LIMA, M.A.P. & PREZOTO, F. 2003. Foraging activity rhythm in the Neotropical swarm-founding wasp *Polybia platycephala sylvestris* (Hymenoptera: Vespidae) in different seasons of the year. *Sociobiology* 42(3):745-752.
- MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTENMEIER, C.G., FONSECA, G. A. B. & KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403(1):853-858. PMID:10706275. <http://dx.doi.org/10.1038/35002501>
- NEMÉSIO, A. & SILVEIRA, F. A. 2006. Edge effects on the orchid-bee fauna (Hymenoptera: Apidae) at a large remnant of Atlantic Rain Forest in southeastern Brazil. *Neotrop. Entomol.* 35(3):313-323. PMID:18575690. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2006000300004>
- PREZOTO, F., LIMA, M.A.P. & MACHADO V. L.L. 2005. Survey of Preys Captured and Used by *Polybia platycephala* (Richards) (Hymenoptera: Vespidae, Epiponini). *Neotrop. Entomol.* 34(5):849-851. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2005000500019>
- RICHARDS, O.W. 1945. A Revision of the Genus *Mischocyttarus* de Saussure (Hymen., Vespidae). *Trans. R. Entomol. Soc. Lond.* 95(7):295-462. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2311.1945.tb00264.x>
- RICHARDS, O.W. & RICHARDS, M.J. 1951. Observations on the Social Wasps of South America (Hymenoptera, Vespidae). *Trans. R. Entomol. Soc. Lond.* 102(1):1-170. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2311.1951.tb01241.x>
- SILVA, C.A.D., PIRES, E.M., LACERDA, M.C., PREZOTO, F., ZANUNCIO, J.C. & SERRÃO, J.E. 2006. Immature stages and nest characteristics of *Apoica pallens* (Hymenoptera, Vespidae). *Sociobiology* 48(2):365-374.
- SOMAVILLA, A.; FERNANDES, I. O.; OLIVEIRA, M. L. & SILVEIRA, O. T. 2013. Association among wasps' colonies, ants and birds in Central Amazonian. *Biota Neotrop.* 13(2):1-6. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032013000200031>
- SOUZA, M.M. & PREZOTO, F. 2006. Diversity of social wasps (Hymenoptera, Vespidae) in Semideciduous forest and cerrado (savanna) regions in Brazil. *Sociobiology* 47(1):135-147.
- SOUZA, M.M., LOUZADA, J., SERRAO, J.E. & ZANUNCIO, J.C. 2010. Social wasps (Hymenoptera: Vespidae) as indicators of conservation degree of riparian forests in southeast Brazil. *Sociobiology* 56(1):1-10.
- SOUZA, M.M. & ZANUNCIO, J.C. 2012. Marimbondos - Vespas sociais (Hymenoptera: Vespidae). Editora UFV, Viçosa, 79p.
- VESEY-FITZGERALD, D. 1938. Social Wasps (Hymenoptera: Vespidae) from Trinidad, with a note on the genus *Trypoxylon Latreille*. *Trans. R. Entomol. Soc. Lond.* 87(1):181-191.

Received 09/26/2012

Revised 08/01/2013

Accepted 08/23/2013

The coexistence of endemic species of *Astyanax* (Teleostei: Characidae) is propitiated by ecomorphological and trophic variations

Fabio Teruo Mise^{1,3}, Rosemara Fugli^{1,2}, João Paulo Alves Pagotto¹ & Erivelto Goulart^{1,2}

¹Programa de Pós-graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais – PEA, Universidade Estadual de Maringá – UEM, CEP 87020-900, Maringá, PR, Brazil

²Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura – Nupélia, Universidade Estadual de Maringá – UEM, CEP 87020-900, Maringá, PR, Brazil

³Corresponding author: Fabio Teruo Mise, e-mail: fabio_mise@hotmail.com

MISE, F.T., FUGI, R., PAGOTTO, J.P.A. & GOULART, E. **The coexistence of endemic species of *Astyanax* (Teleostei: Characidae) is propitiated by ecomorphological and trophic variations.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?article+bn00513032013>

Abstract: The aim of the present study was to evaluate factors that may favor the coexistence of three endemic species of *Astyanax* (*Astyanax bifasciatus*, *Astyanax minor* and *Astyanax gymnodontus*) in Segredo Reservoir (Iguaçu River, Paraná State, Brazil), and to test the hypothesis that these species share food resources, being the dietary variations related to morphological characteristics. Fish were collected at three samplings sites in 1993 and 1994, during the first year after the filling phase of the reservoir. The diet was assessed using stomach content analysis and ecomorphology by ecomorphological indices. Diet and ecomorphology data were ordinated by multivariate techniques (DCA and PCA, respectively), aiming to characterize trophic guilds and identify ecomorphological patterns. A MRPP was performed to check differences between diet and morphology of species. Trophic and ecomorphological patterns were recorded among the *Astyanax* species, and significant differences were found for both aspects. In this way, our results corroborate the presupposed hypothesis. Therefore, the trophic and ecomorphological segregation between *Astyanax* species from Segredo Reservoir can contribute to reduce the competition, favoring thus their coexistence.

Keywords: fish, resource partitioning, ecomorphological divergence, Iguaçu River, Segredo reservoir.

MISE, F.T., FUGI, R., PAGOTTO, J.P.A. & GOULART, E. **A coexistência de espécies endêmicas de *Astyanax* (Teleostei: Characidae) é propiciada por variações tróficas e ecomorfológicas.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?article+bn00513032013>

Resumo: O objetivo deste estudo foi avaliar os fatores que favorecem a coexistência de três espécies endêmicas de *Astyanax* (*Astyanax bifasciatus*, *Astyanax minor* e *Astyanax gymnodontus*) no reservatório de Segredo (rio Iguaçu, Paraná, Brasil), e testar a hipótese de que as três espécies partilham os recursos alimentares, sendo que as variações na dieta estão relacionadas às características morfológicas das espécies. Os peixes foram coletados em três estações de amostragem no primeiro ano após o fechamento da barragem, nos anos de 1993 e 1994. A dieta foi avaliada através da análise dos conteúdos estomacais, e a ecomorfologia através dos índices ecomorfológicos. Os dados de dieta e morfologia foram ordenados por meio de técnicas multivariadas (DCA e PCA, respectivamente), com a finalidade de caracterizar as guildas tróficas e identificar os padrões ecomorfológicos. Posteriormente, foi realizada uma MRPP para verificar a existência de diferenças quanto à alimentação e os padrões morfológicos entre as espécies. Padrões tróficos e ecomorfológicos foram registrados entre as espécies de *Astyanax*. Diferenças significativas foram encontradas para ambos os aspectos. Dessa forma, os resultados corroboraram a hipótese inicial, sendo a segregação trófica e ecomorfológica entre as espécies de *Astyanax* do reservatório de Segredo um fator que pode contribuir para diminuir a competição entre elas, favorecendo a sua coexistência no ambiente.

Palavras-chave: peixe, partilha de recursos, divergência ecomorfológica, Rio Iguaçu, reservatório de Segredo.

Introduction

Fish have a great diversity comprising more than 4,500 species described for Neotropical region (Reis et al. 2003). This large species richness contributes to a wide diversity of forms and ecological functions, establishing the importance of these organisms to the most diverse aquatic ecosystems (Lowe-McConnell 1999). Thus, it is expected that the functional morphological diversity has strong effects on ecological diversity, such as in the organisms' ability to use a given resource and its reproductive success (Price et al. 2011). Therefore, studies on interspecific relationships are essential for understanding the factors responsible for the structuring and coexistence of species in the assemblages. It is important to note that the food resource partitioning is one of the main factors structuring fish assemblages (Ross 1986), which makes the knowledge of trophic interactions a valuable tool for understanding the dynamics of aquatic ecosystems.

It is assumed in ecomorphology that morphological features may be reflected in the lifestyle of organisms (Wikramanayake 1990, Wainwright 1991, Norton et al. 1995, Peres-Neto 1999), where differences in fish morphology could explain different use of trophic resources (Winemiller 1991, Pouilly et al. 2003, Casatti & Castro 2006, Teixeira & Bennemann 2007, Mazzoni et al. 2010, Oliveira et al. 2010, Pagotto et al. 2011). In this context, ecomorphological analyses performed with congeneric and sympatric species may present significant evolutionary results, because they minimize the influence of taxonomic relationships on the variations in body shape, and allow identifying adaptive ecomorphological divergences, solely set by natural selection (Douglas & Matthews 1992).

Astyanax is one of the most abundant fish genera in the Neotropics, with approximately 86 species (Reis et al. 2003). This genus is among those most successful in occupying habitats newly altered by the formation of reservoirs due to its generalist and opportunistic character (Arcifa et al. 1991, Casemiro et al. 2002, Loureiro-Crippa & Hahn 2006). In this study, we investigate the factors that may favor the coexistence of *Astyanax bifasciatus* Garavello & Sampaio, 2010, *Astyanax minor* Garavello & Sampaio, 2010 and *Astyanax gymnodontus* (Eigenmann 1911) in Segredo Reservoir, Iguaçú River Basin, Brazil. Despite the generalist behavior may be seen as an indicative of less morphological adaptations, the coexistence of these species at high abundances in the Segredo Reservoir (Agostinho & Gomes 1998, Baumgartner et al. 2012) suggests some mechanism that might determine the different use of the available food. Therefore the following questions were addressed: 1) Is there any resource partitioning between the *Astyanax* species? 2) Is there any significant ecomorphological variation between them which could explain possible patterns in resource partitioning? We tested the hypothesis that there is a resource partitioning among the three *Astyanax* species and that the dietary variation is related to morphological variation. Thus, the resource partitioning could help explaining the coexistence of these fish that, even being generalist, can have morphological adaptations that provide a more efficient use of some specific resources.

Material and Methods

1. Study area

The Segredo Reservoir (25° 45' S and 52° 10' W) is located on the Middle Iguaçú River basin, Paraná State, Brazil (Figure 1), and is part of a series of impoundments built in this area. It was formed in 1992, occupies 82.5 km², with 36.6m mean depth, and retention time of 47 days (Júlio Junior et al. 1998). In this region, the climatic

conditions follow the general pattern described for the basin, with average temperature between 12° and 16 °C in the winter (June-September) and between 20° and 23 °C in the summer (December-March) (Maack 1981).

2. Sampling

Fish were collected during the first year after the filling phase, with monthly samplings between March 1993 and February 1994, at three sampling sites distributed along the main channel of the reservoir (Figure 1). Fishes were sampled by a set of gillnets 20 m long with different mesh sizes (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12 and 14 cm between opposite knots - height between 1.5 and 1.7 m) exposed for 24 hours, and inspected at 8:00, 16:00 and 22:00 hours. Nets were simultaneously set in open areas and at the bottom (7.9 m mean depth). Voucher specimens were kept intact and deposited in the Museum of Ichthyology of the Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura (Nupélia) from the Universidade Estadual de Maringá (*Astyanax bifasciatus* - NUP12363; *Astyanax minor*- NUP2291; *Astyanax gymnodontus* - NUP2297, NUP2296, NUP1579), whereas for the dietary study some other specimens were measured, weighed and eviscerated in the laboratory, and the stomach removed and fixed in 4% formalin.

The three species examined in this study (Figure 2) are endemic to the Iguaçú basin (Garavello et al. 1997, Baumgartner et al. 2012). These fish have been recently described by Garavello & Sampaio (2010) (*A. bifasciatus* and *A. minor*) and redescribed by Pavanelli & Oliveira (2009) (*A. gymnodontus*).

3. Diet

The stomach contents were analyzed under a stereomicroscope, the items identified, and their volumes were obtained by the displacement of the water column using a set of graduated cylinders (Hyslop 1980). The food items were grouped into the following categories: Terrestrial insects (Hymenoptera, Coleoptera, Lepidoptera, Hemiptera and Orthoptera), Aquatic insects (Chironomidae larvae and pupae), Crustacea (Decapoda), Other aquatic invertebrates (Copepoda, Cladocera, Ostracoda and Testacea), Algae (filamentous and unicellular), Leaves (higher terrestrial plant), Fruits/Seeds (higher terrestrial plants), and Detritus/Sediment (mixture of organic and inorganic detritus).

4. Morphological measurements and ecomorphological indices

The fish specimens used for morphological analysis were taken from the Nupélia's fish collection. Thirty individuals of each species were analyzed, including 31 morphological characters related to habitat occupation, swimming behavior, and trophic ecology, through linear morphological measures and areas related to the trunk, fin, head, eye, and mouth (Gatz 1979, Norton & Brainerd 1993, Breda et al. 2005, Oliveira et al. 2010). The morphological measurements were: standard Length (SL), maximum body height (MBH), body midline height (BMH), maximum body width (MBW), caudal peduncle length (CPdL), caudal peduncle height (CPdH), caudal peduncle width (CPdW), head length (HdL), head height (HdH), head width (HdW), length of snout with mouth closed (LSC), length of snout with mouth open (LSO), eye height (EH), mouth height (MH), mouth width (MW), dorsal fin length (DL), dorsal fin height (DH), caudal fin length (CL), caudal fin height (CH), anal fin length (AL), anal fin height (AH), pectoral fin length (PtL), pectoral fin height (PtH), pelvic fin length (PvL), pelvic fin height (PvH) – and commensurate areas – Eye area (EA), dorsal fin area (DA), caudal fin area (CA), anal fin area (AA), pectoral fin area (PA), pelvic fin area (PvA).

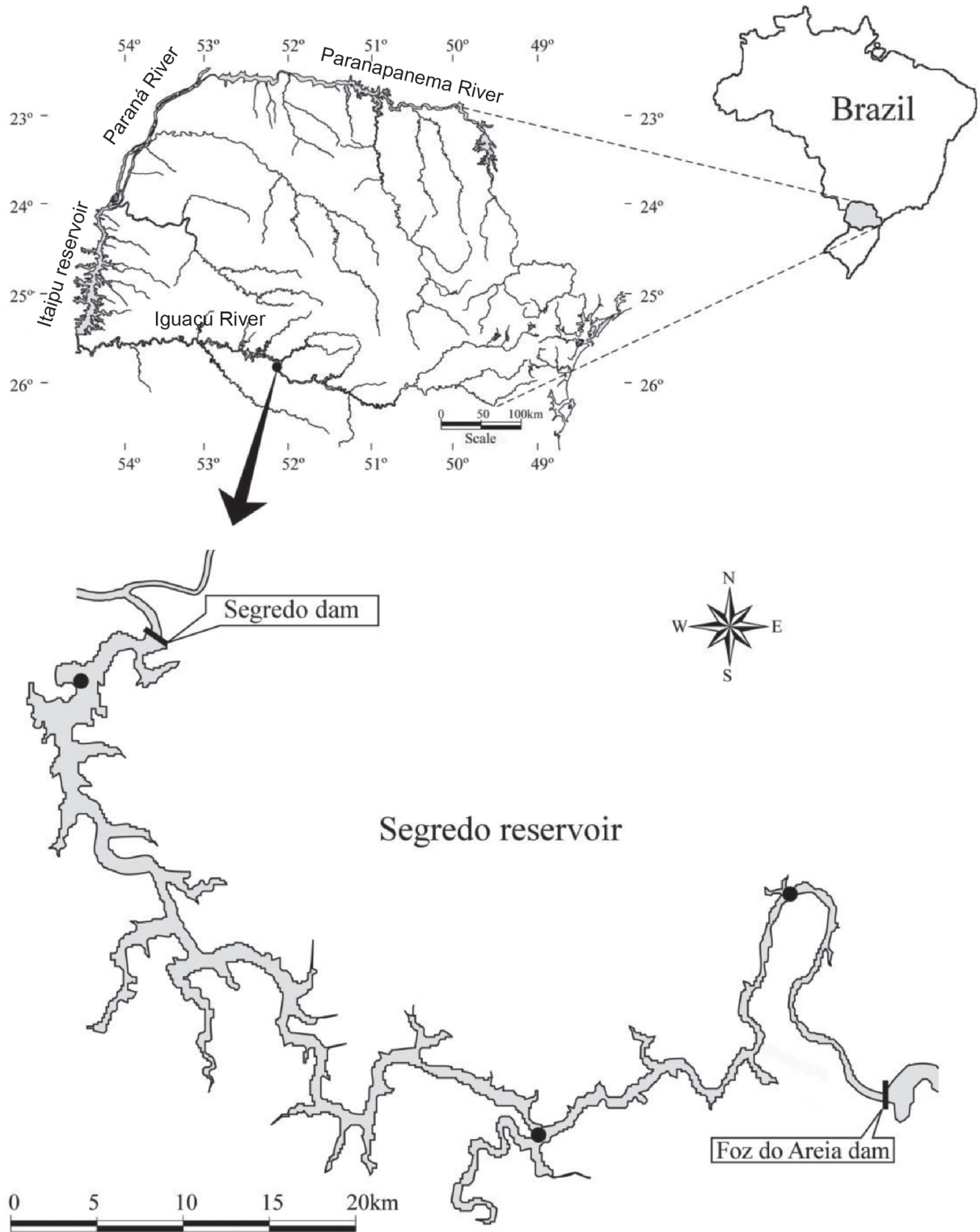


Figure 1. Location of the Segredo reservoir and the sampling stations (●).

All measures were taken from the left side of the body, using a digital caliper (accuracy of 0.01 mm). Eye and fin areas were obtained by drawing the outline of the structures which were later digitized and inserted into *AutoCad 2009* software for the calculation of the internal area.

From the linear measurements and areas, we calculated 26 ecomorphological indices in order to obtain proportions of the different morphological structures (Table 1). These indices are important because they eliminate the effect of individuals' size, nullifying the chance of this analysis to be dominated by this variable



Figure 2. Specimens of *Astyanax*: (a) *Astyanax bifasciatus* (SL=80.76 mm); (b) *Astyanax minor* (SL=73.97 mm); (c) *Astyanax gymnodontus* (SL=87.55 mm).

Table 1. Ecomorphological indices and respective interpretation.

<p>Relative body height - MBH/SL: Inversely related to water velocity and directly related to the ability move vertically (Gatz 1979, Watson & Balon 1984, Winemiller 1991).</p> <p>Compression index - MBH/MBW: Higher values indicate fish of structured habitats or with low water velocity (Gatz 1979, Watson & Balon 1984).</p> <p>Depression index of the ventral region - BMH/MBH: Lower values indicate benthic fish (Watson & Balon 1984, Winemiller 1991).</p> <p>Caudal peduncle compression index - CPdH/CPdW: Lower values indicate slow-swimmers (Gatz 1979, Watson & Balon 1984).</p> <p>Relative length of the caudal peduncle - CPdL/SL: Higher values indicate good-swimmers (Watson & Balon 1984, Winemiller 1991).</p> <p>Relative height of the caudal peduncle - CPdH/MBH: Lower values suggest good maneuverability (Winemiller 1991, Oliveira et al. 2010).</p> <p>Relative width of the caudal peduncle - CPdW/MBW: Higher values indicate continuous swimmers or fishes with good propulsion (Winemiller 1991, Oliveira et al. 2010).</p> <p>Relative head length - HdL/SL: Directly related to the food size (Watson & Balon 1984, Winemiller 1991, Pouilly et al. 2003).</p> <p>Relative head height - HdH/MBH: Directly related to the food size (Winemiller 1991).</p> <p>Relative head width - HdW/MBW: Directly related to the food size (Winemiller 1991, Oliveira et al. 2010).</p> <p>Relative mouth height - MH/MBH: Directly related to the food size (Gatz 1979). Lower values may be associated with a greater suction capacity (Norton & Brainerd 1993).</p> <p>Relative mouth width - MW/MBW: Directly related to the food size (Gatz 1979). Lower values may be associated with a greater suction capacity (Norton & Brainerd 1993).</p> <p>Vertical eye position - EH/HdH: Associated with the foraging position in the water column. Higher values for benthic species, lower values for nektonic species (Gatz 1979, Watson & Balon 1984, Freire & Agostinho 2001).</p> <p>Relative area of the eye - EA/(SL)²: Related to food detection. It can indicate the position of the species on the water column; benthic species have lower values (Gatz 1979, Wikramanayake 1990).</p> <p>Index of mouth protrusion - LSO/LSC: Directly related to the ability to capture evasive and large prey (Hulsey & García de León 2005, Cochran-Biederman & Winemiller 2010).</p> <p>Relative height of the dorsal fin - DH/MBH: High values related to the stabilization of the movements (Gosline 1971, Gatz 1979).</p> <p>Relative area of the dorsal fin - DA/(SL)²: Higher values indicate greater ability for stabilization in braking and acceleration. (Breda et al. 2005).</p> <p>Relative area of the caudal fin - CA/(SL)²: Directly related to acceleration capacity (Breda et al. 2005).</p> <p>Aspect ratio of the caudal fin - (CH)²/CA: Higher values suggest caudal fin with tendency to bifurcation, typical of continuous swimmers. Lower values indicate fish with larger areas and better performance for acceleration (Breda et al. 2005).</p> <p>Relative height of the anal fin - AH/MBH: Directly related to movement stabilization (Breda et al. 2005).</p> <p>Relative area of the anal fin - AA/(SL)²: Directly related to the maneuverability capacity and movement stabilization (Breda et al. 2005).</p> <p>Aspect ratio of the anal fin - (AL)²/AA: Higher values related to greater capacity to perform rapid regression movements (Breda et al. 2005).</p> <p>Relative area of the pectoral fin - PtA/(SL)²: Directly related to movements of braking and acceleration (Gatz, 1979, Watson & Balon 1984). In benthic fish of rapids, larger areas assist the attachment to the substrate (Casatti & Castro 1998, Kerfoot Junior & Schaefer 2006).</p> <p>Aspect ratio of the pectoral fin - (PtL)²/PtA: Directly related to swimming speed. In benthic fish of rapids, high values may favor the attachment to the substrate (Casatti & Castro 1998).</p> <p>Relative area of the pelvic fin - APv/(SL)²: Higher values assist the attachment to the substrate (Kerfoot Junior & Schaefer 2006, Casatti & Castro 1998). Lower values indicate pelagic fish (Breda et al. 2005).</p> <p>Aspect ratio of the pelvic fin - (PvL)²/PvA: Higher values related to capacity of braking movements (Gatz 1979). In benthic fish, high values suggest greater capacity to remain onto the substrate amidst a strong flow (Casatti & Castro 1998).</p>

and focusing primarily on the shape of the body and of structures (Winemiller 1991).

5. Data analysis

A Detrended Correspondence Analysis – DCA (Hill & Gauch Junior 1980) was performed on the percentage values of volume

of food items to investigate possible patterns in the diet of the fish species and thus characterize their respective trophic guilds. In order to check if there are significant interspecific differences between the trophic guilds, a Multi-response Permutation Procedure (MRPP) was employed. This is a non-parametric method where groups are determined *a priori* and a distance matrix is used to test

the significance of differences between these groups (McCune & Grace 2002). Thus each *Astyanax* species comprised a group, and the distance measure adopted was the *Bray-Curtis* calculated with the volume of the food items.

A Principal Component Analysis (PCA) was applied on the correlation matrix composed by the 26 ecomorphological indices aiming to identify patterns in the multivariate morphological space. The morphological data were previously log transformed to adjust the assumptions of normality and homoscedasticity. The axes retained for interpretation were chosen through the *Broken-stick* criterion (Jackson 1993). A Multi-Response Permutation Procedure (MRPP) was employed for checking if there are significant interspecific differences in the morphological space occupied by the three species (McCune & Grace 2002). All statistical analyses were performed using the software *PCord* (McCune & Mefford 1999).

Results

For this study, 188 stomachs were analyzed, 80 from *Astyanax bifasciatus* (6.1-11.5 cm standard length), 82 from *Astyanax minor* (6.4-9.7 cm standard length) and 26 from *Astyanax gymnodontus* (11.4-17.0 cm standard length). The diet of *A. bifasciatus* was basically composed of Leaves (67.6% of the diet), followed by Terrestrial insect (21.1%); *Astyanax minor* mostly consumed Detritus/Sediment (85.7%); and *A. gymnodontus*, predominantly ingested Terrestrial insect (76.6%) (Table 2).

The first DCA axis (eigenvalue = 0.988) evidenced a significant difference of the species distribution along the multivariate trophic space ($p < 0.05$; Table 3 and Figure 3). The group with smaller scores was represented by *A. gymnodontus*, which mostly consumed Terrestrial insect, Fruit/Seed and Crustacean, being the last item found only in one stomach of this species. *Astyanax minor*, with higher scores preferentially consumed Detritus/Sediment, Other aquatic invertebrates, and Algae. *Astyanax bifasciatus* presented intermediate position in the trophic space, consuming Leaves, Terrestrial insect, and Fruit/Seed.

The principal component analysis performed with the ecomorphological indices showed two significant axes (35% of explanation; Table 4). According to the axis 1, *A. gymnodontus*, with negative scores presented a morphological segregation from *A. minor*, with positive scores, whereas *A. bifasciatus* presented intermediate score values (Figure 4). In this way, *A. minor* can be characterized by a greater relative body height and higher value for the aspect ratio of the

caudal fin, and *A. gymnodontus* can be characterized by higher values of relative height of the head, mouth, caudal peduncle, dorsal fin, anal fin and relative width of the mouth (Table 4). Although the second axis was significant, according to the *Broken-stick* criterion (percentage of explained variability by PC 2 = 11.6%), it did not reveal additional information about the interspecific ecomorphological patterns.

Comparing different pairs of species in relation to ecomorphological indices, the MRPP allowed verifying a significant difference for two combinations: *A. minor* × *A. bifasciatus* and *A. minor* × *A. gymnodontus*. No significant difference was detected between *A. bifasciatus* and *A. gymnodontus* (Table 5).

Discussion

The resources used by *Astyanax* species in this study like terrestrial insect, detritus/sediment and leaves are widely available

Table 2. Diet composition (% volume) of *Astyanax* species of the Segredo Reservoir, Iguaçú River, Paraná State, Southern Brazil.

	<i>A. bifasciatus</i>	<i>A. minor</i>	<i>A. gymnodontus</i>
Leaves	67.65	5.22	-
Fruit/Seed	8.41	-	17.66
Terrestrial insect	21.08	-	76.60
Crustacean	-	-	5.74
Aquatic insect	0.55	2.26	-
Other aquatic invertebrates	-	0.70	-
Algae	-	6.09	-
Detritus/Sediment	2.31	85.73	-

Table 3. Comparison between the pairs of species presented by the MRPP with the volume of food items, using the *Bray-Curtis* distance. T refers to statistic t, as a separation measure; A indicates the chance-corrected within-group agreement; and p values indicate the significance.

	T	A	P
<i>A. minor</i> × <i>A. bifasciatus</i>	-76.25	0.29	<0.05
<i>A. minor</i> × <i>A. gymnodontus</i>	-53.45	0.27	<0.05
<i>A. bifasciatus</i> × <i>A. gymnodontus</i>	-23.33	0.12	<0.05

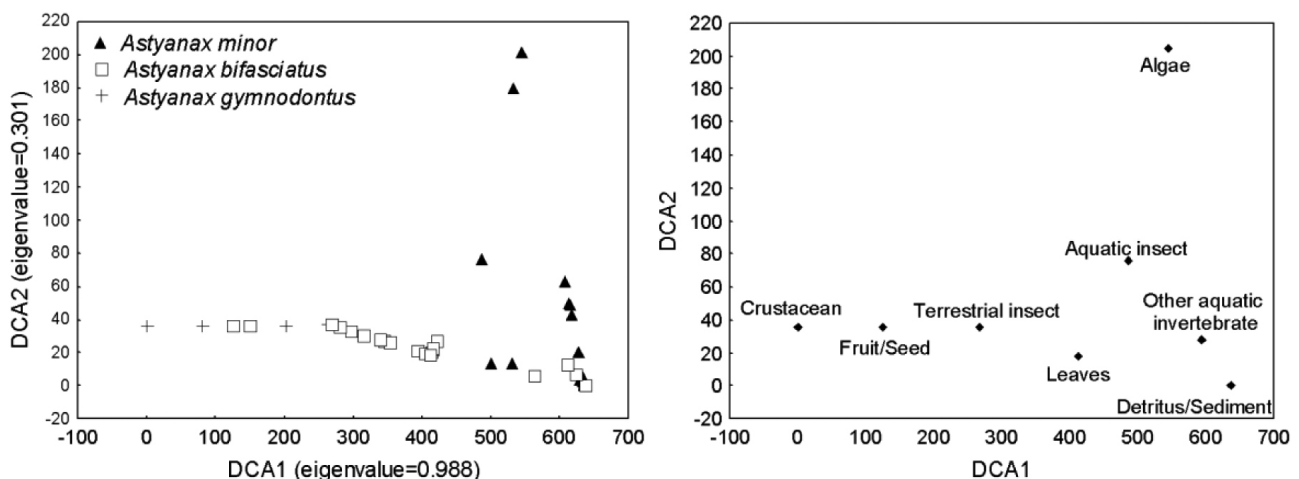


Figure 3. Ordination of the DCA applied to the volume of food items found in the stomach contents of each species of *Astyanax*.

Table 4. PCA loadings. In bold, greater values, positive or negative, used for interpretation. The eigenvalues and variance of each axis are also presented.

	PCA 1	PCA 2
Relative body height	0.794	-0.339
Compression index	0.444	-0.370
Depression index	-0.458	0.297
Caudal peduncle compression index	-0.183	-0.159
Relative length of the caudal peduncle	0.112	0.198
Relative height of the caudal peduncle	-0.707	0.335
Relative width of the caudal peduncle	0.095	0.120
Relative head length	-0.358	-0.364
Relative head height	-0.878	-0.064
Relative head width	-0.610	-0.168
Relative mouth height	-0.766	-0.095
Relative mouth width	-0.702	-0.141
Vertical eye position	-0.365	0.255
Relative area of the eye	0.307	-0.476
Índex of mouth protrusion	-0.054	-0.100
Relative height of the dorsal fin	-0.694	-0.104
Relative area of the dorsal fin	-0.221	-0.528
Relative area of the caudal fin	0.305	-0.426
Aspect ratio of the caudal fin	0.603	0.022
Relative height of the anal fin	-0.605	-0.203
Relative area of the anal fin	0.149	-0.771
Aspect ratio of the anal fin	-0.062	0.456
Relative area of the pectoral fin	-0.246	-0.505
Aspect ratio of the pectoral fin	0.312	0.225
Relative area of the pelvic fin	-0.222	-0.517
Aspect ratio of the pelvic fin	0.441	0.352
Eigenvalue	5.954	3.037
Eigenvalue: Broken-stick	3.854	2.854
Explained variability (%)	22.901	11.679
Accumulated variability (%)	22.901	34.58

in large amounts during the early operation phases of reservoir and consumed by several fish species (Abelha et al. 2006, Hahn & Fugi 2008). In this way, the opportunistic behavior of *Astyanax* species that exploit resources with high availability is corroborated. Even though, a trophic segregation was evident, being possible to determine trends for separating the three species in different guilds, such as: detritivore (*Astyanax minor*), insectivore (*Astyanax gymnodontus*), and herbivore (*Astyanax bifasciatus*).

The consumption of detritus by *A. minor* may be considered singular. Although Loureiro-Crippa & Hahn (2006) also reported the consumption of detritus by this species in the Jordão Reservoir (Iguaçu River basin), the occurrence of this item is uncommon in the diet of other species of the same genus (Arcifa et al. 1991, Cassemiro et al. 2002, Luz-Agostinho et al. 2006, Borba et al. 2008). In the present study, the exploitation of the benthic zone by *A. minor* may be a process caused by the increasing of organic matter and sediment deposition on the bottom during the reservoir-filling phase. According to Hahn et al. (1997), this species consumed detritus in a large proportion in the first and second year after the dam closure in the Segredo Reservoir. However, the species changed the diet in the third year, when plants were reported as its main food items. In a trophic ecology study of the ichthyofauna from the Salto Caxias Reservoir (Iguaçu River, Paraná State, Brazil), Cassemiro et al. (2005) recorded that the use of detritus by *A. minor* was higher upstream

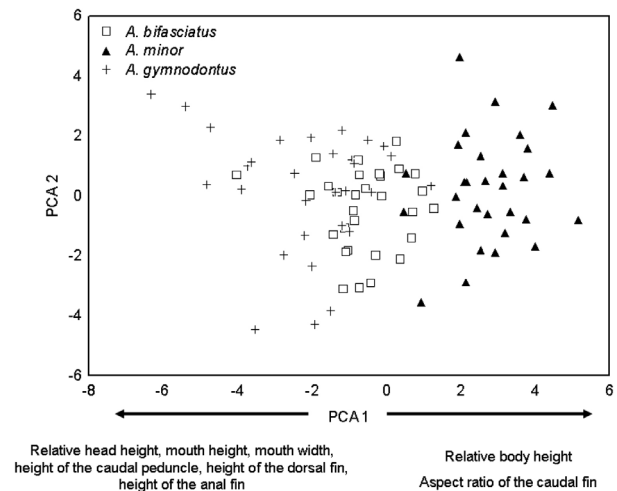


Figure 4. PCA scatter plot showing the separation of the species of *Astyanax* in relation to the axis 1. The arrows indicate the indexes positively and negatively correlated with the first axis.

Table 5. Comparison between the pairs of species of *Astyanax* presented by MRPP on the ecomorphological indexes, using the Euclidean distance. T refers to statistic t, as a separation measure; A indicates the chance-corrected within-group agreement; and p values indicate the significance.

	T	A	P
<i>A. minor</i> × <i>A. bifasciatus</i>	-3.405	0.022	0.008
<i>A. minor</i> × <i>A. gymnodontus</i>	-6.402	0.040	<0.05
<i>A. bifasciatus</i> × <i>A. gymnodontus</i>	-1.918	0.012	0.052

the dam. On the other hand, this species fed on algae and plants in areas downstream, showing a trophic pattern similar to the pre-dam period, when it was characterized as herbivore. Therefore, there is a tendency of changing in the *A. minor* feeding strategy according to the filling phase and its location in the reservoir.

Some authors (Delariva & Agostinho 2001, Fugi et al. 2001, Oliveira et al. 2010, Pagotto et al. 2011) suggest that specific morphological traits may be critical in determining the use of detritus among fish species, e.g. developed and protractible lips, as well as a stomach differentiated into a mechanical portion (gizzard) and another chemical portion in *Prochilodus lineatus*; the subterminal mouth of *Steindachnerina insculpta* and its shovel-shape dentary adapted to dig in the substrate; and a higher dorso-ventral flattening of Loricariidae. Thus, a better performance in the detritus exploitation by *A. minor* in comparison to the other *Astyanax* species can be propitiated by a relatively longer intestine (Fugi 1988), corroborating Gatz (1979) and Karachle & Stergiou (2010) who affirm that the longer length of the gut is associated with some food items more difficult to digest, such as detritus and plants. In this case, the gut length of *A. minor* may be interpreted as an adaptive trait that can enable more efficient use of detritus in the Segredo Reservoir. Furthermore, our results indicated that *A. minor* presents greater values of relative body height, which is related to the capacity to move up- and downward in the water column, possessing thus a greater ability to move from the bottom to the surface (Gatz 1979, Watson & Balon 1984, Winemiller 1991). This characteristic along with a higher aspect ratio of the caudal fin, which indicates more active and continuous swimmers (Breda et al. 2005), suggests that this species can use resources at several layers on the water column, mainly on the bottom, where most of its food was obtained (detritus and aquatic invertebrate).

The insectivory reported to *A. gymnodontus* in this study is a feeding strategy similar to that observed for this species in other reservoirs from the Iguaçu River basin, where the terrestrial insect use is mainly registered in areas upstream the dam during the first two years after the impoundment (Casseiro et al. 2005, Loureiro-Crippa & Hahn 2006). On the other hand, *A. bifasciatus* had its diet characterized by a higher consumption of plants. This alimentary trend was corroborated in other reservoirs from the Iguaçu River basin (Casseiro et al. 2005, Loureiro-Crippa & Hahn 2006). Although some changes were recorded in the diet of *A. gymnodontus* and *A. bifasciatus* over the years (Hahn et al. 1997, Casseiro et al. 2005, Loureiro-Crippa & Hahn 2006), in general, both species tended to exploit their feeding resources on the pelagic zone, especially allochthonous items that are drifting, such as leaves, fruits, seeds and terrestrial insects.

The highest value for the indices related to the food size (relative head height, relative mouth height and width) might have indicated an easier ingestion of relatively large food items (comparatively larger than detritus), such as terrestrial insects and leaves. At the same time, a higher swimming ability may also be determinant to explore the water surface. In this case, the ingestion of allochthonous food items may be attributed to the high values of some morphological variables (*i.e.* relative height of the dorsal and anal fins) related to the greater movement stabilization (Gosline 1971, Gatz 1979). A higher anal fin acts as a stabilizer rudder in swerved (Breda et al. 2005), while a large dorsal fin act as a keel, *i.e.* it is important in the motion orientation. These fins avoid that fish rotate on its longitudinal axis, when quick turns in the water column are made (Oliveira et al. 2010).

Therefore, our results showed that even with a high trophic plasticity that could imply in a general idea of absence of adaptation, it can be affirmed that the *Astyanax* species herein analyzed had morphological differences that enable the differential use of resources. Santos et al. (2011) recorded similar results in a study on the ecomorphological divergence between two *Astyanax* species (*A. bimaculatus* and *A. paraguayae*) in a Neotropical reservoir (Funil Reservoir, southeastern Brazil). In summary, our study shows significant differences in morphology and diet between endemic *Astyanax* species in the Segredo reservoir on early stages of impoundment. The correlation between diet and morphology found in many ecomorphological studies (Oliveira et al. 2010, Mazzoni et al. 2010, Pagotto et al. 2011) suggests that differences in morphology can influence the feeding ecology of fish species. Following these premises, the results obtained from the studied *Astyanax* species may indicate a trend towards reduction in the competition for food by means of ecomorphological divergences, favoring thus the coexistence of these fish species.

Acknowledgements

We express our appreciation to Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura (Nupélia), and Programa de Pós-graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais (PEA) from Universidade Estadual de Maringá (UEM) for their financial support and infrastructure; to Ichthyological Museum of Nupélia for the permission to conduct the research on their properties, and to the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES/ Ministério da Educação) for providing grants to FT Mise and JPA Pagotto. We are grateful to Luiz F. C. Tencatt for the photographs of the fish specimens; to Dra. Norma S. Hahn, Dr. Horácio F. Júlio Junior (both from UEM), and the two anonymous referees for helpful comments on the manuscript.

References

- ABELHA, M.C.F., GOULART, E., KASHIWAQUI, E.A.L., & da SILVA, M.R. 2006. *Astyanax paranae* Eigenmann, 1914 (Characiformes: Characidae) in the Alagados reservoir, Paraná, Brazil: diet composition and variation. *Neotrop. Ichthyol.* 4(3):349-356. <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252006000300006>
- AGOSTINHO, A.A. & GOMES, L.C. 1998. Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo. Eduem, Maringá, 387p.
- ARCIFA, M.S., NORTHCOPE, T.G. & FROELICH, O. 1991. Interactive ecology of two cohabiting characin fishes (*Astyanax fasciatus* and *Astyanax bimaculatus*) in an eutrophic Brazilian reservoir. *J Trop Ecol.* 7:257-268. <http://dx.doi.org/10.1017/S0266467400005423>
- BAUMGARTNER, G., PAVANELLI, C.S., BAUMGARTNER, D., BIFI, A.G., DEBONA, T. & FRANA, V.A. 2012. Peixes do baixo rio Iguaçu. Eduem, Maringá, 203p.
- BORBA, C.S., FUGI, R., AGOSTINHO, A.A. & NOVAKOWSKI, G.C. 2008. Dieta de *Astyanax asuncionensis* (Characiformes, Characidae), em riachos da bacia do Rio Cuiabá, Estado do Mato Grosso. *Acta Sci. Biol. SC.* 30(1):39-45.
- BREDA, L., OLIVEIRA, E.F. & GOULART, E. 2005. Ecomorfologia de locomoção de peixes com enfoque para espécies neotropicais. *Acta Sci., Biol. SC.* 27(4):371-381.
- CASATTI, L. & CASTRO, R.M. 1998. A fish community of the São Francisco River headwater riffles, southeastern Brazil. *Ichthyol. Explor. Freshw.* 9(3):229-242.
- CASATTI, L. & CASTRO, R.M. 2006. Testing the ecomorphological hypothesis in a headwater riffles fish assemblage of the Rio São Francisco, southeastern Brazil. *Neotrop. Ichthyol.* 4(2):203-214. <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252006000200006>
- CASSEMIRO, F.A.S., HAHN, N.S. & FUGI, R. 2002. Avaliação da dieta de *Astyanax altiparanae* Garutti & Britski, 2000 (Osteichthyes, Tetragonopterinae) antes e após a formação do reservatório de Salto Caxias, Estado do Paraná, Brasil. *Acta Sci., Biol. SC.* 24(2):419-425.
- CASSEMIRO, F.A.S., HAHN, N.S., DELARIVA, R.L. 2005. Estrutura trófica da ictiofauna, ao longo do gradiente longitudinal do reservatório de Salto Caxias (rio Iguaçu, Paraná, Brasil), no terceiro ano após o represamento. *Acta Sci., Biol. SC.* 27(1):63-71.
- COCHRAN-BIEDERMAN, J. L. & WINEMILLER, K. O. 2010. Relationships among habitat, ecomorphology and diets of cichlids in the Bladen River, Belize. *Environ. Biol. Fishes.* 88(2):143-152. <http://dx.doi.org/10.1007/s10641-010-9624-y>
- DELARIVA, R.L. & AGOSTINHO, A.A. 2001. Relationship between morphology and diets of six neotropical loriciariids. *J. Fish Biol.* 58:832-847. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8649.2001.tb00534.x>
- DOUGLAS, M.E. & MATTHEWS, W.J. 1992. Does morphology predict ecology? Hypothesis testing within a freshwater stream fish assemblage. *Oikos.* 65:213-224. <http://dx.doi.org/10.2307/3545012>
- FREIRE, A.G. & AGOSTINHO, A.A. 2001. Ecomorfologia de oito espécies dominantes da ictiofauna do reservatório de Itaipu (Paraná/Brasil). *Acta Limnol. Bras.* 13(1):1-9.
- FUGI, R. 1998. Ecologia alimentar de espécies endêmicas de lambaris do trecho médio da bacia do rio Iguaçu. Tese de doutorado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 88p.
- FUGI, R., AGOSTINHO, A.A. & HAHN, N.S. 2001. Trophic morphology of five benthic-feeding fish species of a tropical floodplain. *Rev. Bras. Biol.* 61(1):27-33. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-71082001000100005>
- GARAVELLO, J.C., PAVANELLI, C.S. & SUZUKI, H.I. 1997. Caracterização da ictiofauna do rio Iguaçu. In Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo (A.A. Agostinho & L.C. Gomes, eds.). Eduem, Maringá, 387p.
- GARAVELLO, J.C. & SAMPAIO, F.A.A. 2010. Five new species of genus *Astyanax* Baird & Girard, 1854 from Rio Iguaçu, Paraná, Brazil (Ostariophysi, Characiformes, Characidae). *Braz. J. Biol.* 70(3):847-865. PMID:21085790. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842010000400016>

- GATZ, A.J. 1979. Ecological morphology of freshwater stream fishes. *Tulane Stud. Zool. Bot.* 21(2):91-124.
- GOSLINE, W.A. 1971. *Functional Morphology and Classification of Teleostean Fishes*. University Press of Hawaii, Honolulu, 208p.
- HAHN, N.S. & FUGI, R. 2008. Environmental changes, habitat modifications and feeding ecology of freshwater fish. In *Feeding and digestive functions of fish*. (Cyrino, J.E.P., D. P. Bureau & B. G. Kapoor, eds.). Science Publishers New, Hampshire, p.35-65.
- HAHN, N.S., FUGI, R., ALMEIDA, V.L.L., RUSSO, M.R. & LOUREIRO, V.E. 1997. Dieta e atividade alimentar de peixes do reservatório de Segredo. In *Reservatório de Segredo: bases ecológicas para manejo*. (A.A. Agostinho & Gomes, L.C., eds.). Eduem, Maringá, p.141-162.
- HILL, M.O. & GAUCH JUNIOR, H.G. 1980. Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. *Plant Ecol.* (42):47-58. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00048870>
- HULSEY, C.D. & GARCÍA DE LEÓN, F.J. 2005. Cichlid jaw mechanics: linking morphology to feeding specialization. *Funct. Ecol.* 19(3):487-494. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2435.2005.00987.x>
- HYSLOP, E.J. 1980. Stomach contents analysis: a review of methods and their application. *J. Fish Biol.* 17:411-429. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8649.1980.tb02775.x>
- JACKSON, D.A. 1993. Stopping rules in principal components analysis: a comparison of heuristical and statistical approaches. *Ecology.* 74(8):2204-2214. <http://dx.doi.org/10.2307/1939574>
- JÚLIO JUNIOR, H.F., BONECKER, C.C. & AGOSTINHO, A.A. 1998. Reservatório de Segredo e sua inserção na Bacia do Rio Iguaçu. In *Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo* (Agostinho, A. A, Gomes L. C., eds.). Eduem, Maringá, p.1-17.
- KARACHLE, P.K. & STERGIU, K.I. 2010. Intestine morphometrics of fishes: a compilation and analysis of bibliographic data. *Acta Ichthyol. Piscat.* 4(1):45-54. <http://dx.doi.org/10.3750/AIP2010.40.1.06>
- KERFOOT JUNIOR, J.R. & SCHAEFER, J.F. 2006. Ecomorphology and habitat utilization of *Cottus* species. *Environ. Biol. Fishes.* 76(1):1-13. <http://dx.doi.org/10.1007/s10641-006-9000-0>
- LOUREIRO-CRIPPA, V.E & HAHN, N.S. 2006. Use of food resources by the fish fauna of a small reservoir (rio Jordão, Brazil) before and shortly after its filling. *Neotrop. Ichthyol.* 4(3):357-362. <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252006000300007>
- LOWE-MCCONNELL, R.H. 1999. *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais*. São Paulo, Edusp, 535p.
- LUZ-AGOSTINHO, K.D.G., BINI, L.M., FUGI, R., AGOSTINHO, A.A. & JÚLIO JUNIOR, H.F. 2006. Food spectrum and trophic structure of the ichthyofauna of Corumbá reservoirs, Paraná river Basin, Brazil. *Neotrop. Ichthyol.* 4(1):61-68. <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252006000100005>
- MAACK, R. 1981. *Geografia física do estado do Paraná*. José Olympio SA., Rio de Janeiro, 450p.
- MAZZONI, R., MORAES, M., REZENDE, C.F. & MIRANDA, J.C. 2010. Alimentação e padrões ecomorfológicos das espécies de peixes de riacho do alto Tocantins, Goiás, Brasil. *Iheringia Ser. Zool.* 100(2):162-168. <http://dx.doi.org/10.1590/S0073-47212010000200012>
- MCCUNE, B. & GRACE, J.B. 2002. *Analysis of ecological communities*. MjM, Oregon, 300p.
- MCCUNE, B. & MEFFORD, M.J. 1999. *PC-ORD: multivariate analysis of ecological data*. Version 4.01. MjM, Software Design, Oregon.
- NORTON, S.F. & BRAINERD, E.L. 1993. Convergence in the feeding mode of ecomorphologically similar species in the Centrarchidae and Cichlidae. *Indian J. Exp. Biol.* 176:11-29.
- NORTON, S.F., LUCZKOVICH, J.J. & MOTTA, P.J. 1995. The role of ecomorphological studies in the comparative biology of fishes. *Environ. Biol. Fishes.* 44(12):287-304. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00005921>
- OLIVEIRA, E.F., GOULART, E., BREDA, L., MINTE-VERA, C.V., PAIVA, L.R.S. & VISMARA, M.R. 2010. Ecomorphological patterns of the fish assemblage in a tropical floodplain: effects of trophic, spatial and phylogenetic structures. *Neotrop. Ichthyol.* 8(3):569-586.
- PAGOTTO, J.P.A., GOULART, E., OLIVEIRA, E.F. & YAMAMURA, C.B. 2011. Trophic ecomorphology of Siluriformes (Pisces, Osteichthyes) from a tropical stream. *Braz. J. Biol.* 71(2):469-479. PMID:21755165. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842011000300017>
- PAVANELLI, C.S. & OLIVEIRA, C.A.M. 2009. A redescription of *Astyanax gymnodontus* (Eigenmann, 1911), new combination, a polymorphic characid fish from the rio Iguaçu basin, Brazil. *Neotrop. Ichthyol.* 7(4):569-578. <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252009000400003>
- PERES-NETO, P.R. 1999. Alguns métodos e estudos em ecomorfologia de peixes de riacho. In *Ecologia de peixes de riachos*. (Caramaschi, E.P., Mazzoni, R. & Peres-Neto, P.R. eds.). Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. *Oecologia Brasiliensis*, Rio de Janeiro, p.209-236.
- POUILLY, M., LINO, F., BRETENOUX, J.G. & ROSALES, C. 2003. Dietary-morphological relationship in a fish assemblage of the Bolivian Amazonian floodplain. *J. Fish Biol.* 62:1137-1158. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1095-8649.2003.00108.x>
- PRICE, S.A., HOLZMAN, R., NEAR, T.J. & WAINWRIGHT, P.C. 2011. Coral reefs promote the evolution of morphological diversity and ecological novelty in labrid fishes. *Ecol. Lett.* 14:462-469. PMID:21385297. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01607.x>
- REIS, R., KULLANDER, S.O. & FERRARIS JUNIOR, C.J. 2003. Check list of the freshwater fishes of South and Central America. *Edupe*, Porto Alegre, 729p.
- ROSS, S.T. 1986. Resource partitioning in fish assemblages: a review of field studies. *Copeia* 1986(2):352-388. <http://dx.doi.org/10.2307/1444996>
- SANTOS, F.L., CAMILO, F.L., ALBIERI, R.J. & ARAÚJO, F.G. 2011. Morphological patterns of five fish species (four characiforms, one perciform) in relation to feeding habits in a tropical reservoir in South-eastern Brazil. *J. Appl. Ichthyol.* 27:1360-1364. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0426.2011.01801.x>
- TEIXEIRA, I. & BENNEMANN, S.T. 2007. Ecomorfologia refletindo a dieta dos peixes em um reservatório no sul do Brasil. *Biota Neotrop.* 7(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v7n2/pt/abstract?article+bn00807022007> (último acesso em 17/01/2013).
- WAINWRIGHT, P.C. 1991. Ecomorphology: Experimental functional anatomy for ecological problems. *American Zoologist.* 31:680-693.
- WATSON, D.J. & BALON, E.K. 1984. Ecomorphological analysis of fish taxocenes in rainforest streams of northern Borneo. *J. Fish Biol.* 25:371-384. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8649.1984.tb04885.x>
- WIKRAMANAYAKE, E.D. 1990. Ecomorphology and biogeography of a tropical stream fish assemblage: evolution of assemblage structure. *Ecology.* 71(5):1756-1764. <http://dx.doi.org/10.2307/1937583>
- WINEMILLER, K.O. 1991. Ecomorphological diversification in lowland freshwater fish assemblages from five biotic regions. *Ecol. Monogr.* 61(4):343-365. <http://dx.doi.org/10.2307/2937046>

Received 02/20/2013

Revised 05/03/2013

Accepted 08/07/2013

Diversidade florística de Rubiaceae na Serra da Fumaça – complexo de Serras da Jacobina, Bahia, Brasil*

Luzicléia Araújo Sousa^{1,3}, Hortensia Pousada Bautista¹ & Jomar Gomes Jardim^{1,2}

¹Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Vegetal, Departamento de Educação, Universidade do Estado da Bahia – UNEB, Rua do Gangorra, 503, CEP 48608-240, Paulo Afonso, BA, Brasil. <http://www.uneb.br/ppgbveg>

²Departamento Botânica, Ecologia e Zoologia, Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, CEP 59072-970, Natal, RN, Brasil. <http://www.cb.ufrn.br/dbez/dbez.htm>

³Autor para correspondência: Luzicléia Araújo Sousa, e-mail: luzicleiaraujo122@gmail.com

*Parte da dissertação da primeira autora.

SOUSA, L.A., BAUTISTA, H.P. & JARDIM, J.G. **Floristic diversity of Rubiaceae on the Serra da Fumaça - Mountains complex of Jacobina, Bahia, Brazil.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?inventory+bn02313032013>

Abstract: This paper is a survey of Rubiaceae species found in the Serra da Fumaça - Mountains Complex of Jacobina, Bahia. In the period of June/2011 until August/2012 were taken monthly from botanical material along trails and in the forest contemplating all vegetation types in the area. We recorded 36 species in 20 genera. The most representative in number of species were *Borreria* G.Mey. (5 spp.), *Diodella* Small, *Mitracarpus* Zucc. ex Schult. & Schult.f. and *Psychotria* L. (3 spp. each), followed by *Coccocypselum* P.Browne, *Declieuxia* Kunth, *Palicourea* Aubl., *Perama* Aubl., *Richardia* L. and *Staelia* Cham. & Schltld. (2 spp. each). The other genera were represented only by one species: *Cordia elliptica* (Cham.) Kuntze, *Coutarea hexandra* (Jacq.) K.Schum., *Emmeorhiza umbellata* (Spreng.) K.Schum., *Genipa americana* L., *Guettarda sericea* Müll.Arg., *Malanea macrophylla* Bartl. ex Griseb., *Manettia cordifolia* Mart., *Posoqueria latifolia* (Rudge) Roem. & Schult., *Sabicea grisea* Cham. & Schltld. and *Tocoyena formosa* (Cham. & Schltld.) K.Schum.). Two endemic species were recorded, one of the Chapada Diamantina (*Perama harleyi* J.H.Kirkbr. & Steyererm.) and one of caatinga (*Guettarda sericea* Müll Arg.). *Psychotria jambosoides* Schltld. and *P. mapourioides* DC. were recorded for the first time to the Espinhaço Range, both known only from the Atlantic coast. Identification key to the species, descriptions, illustrations and information on the geographical distribution of species and phenological data are displayed.

Keywords: taxonomy, caatinga, campo rupestre, seasonal forest, Chapada Diamantina.

SOUSA, L.A., BAUTISTA, H.P. & JARDIM, J.G. **Diversidade florística de Rubiaceae na Serra da Fumaça - complexo de Serras da Jacobina, Bahia, Brasil.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?inventory+bn02313032013>

Resumo: Este trabalho consiste no levantamento das espécies de Rubiaceae encontradas na Serra da Fumaça - complexo de Serras da Jacobina, Bahia. No período de junho de 2011 a agosto de 2012 foram realizadas coletas mensais de material botânico ao longo de trilhas e no interior da floresta contemplando todas as fitofisionomias existentes na área. Foram registradas 36 espécies distribuídas em 20 gêneros. Os gêneros mais representativos em número de espécies foram *Borreria* G.Mey. (5 spp.), *Diodella* Small, *Mitracarpus* Zucc. ex Schult. & Schult.f. e *Psychotria* L. (3 spp. cada), seguidas por *Coccocypselum* P.Browne, *Declieuxia* Kunth, *Palicourea* Aubl., *Perama* Aubl., *Richardia* L. e *Staelia* Cham. & Schltld. (2 spp. cada). Os demais gêneros foram representados por apenas uma espécie cada: *Cordia elliptica* (Cham.) Kuntze, *Coutarea hexandra* (Jacq.) K.Schum., *Emmeorhiza umbellata* (Spreng.) K.Schum., *Genipa americana* L., *Guettarda sericea* Müll. Arg., *Malanea macrophylla* Bartl. ex Griseb., *Manettia cordifolia* Mart., *Posoqueria latifolia* (Rudge) Roem. & Schult., *Sabicea grisea* Cham. & Schltld., *Tocoyena formosa* (Cham. & Schltld.) K.Schum. Foram registradas duas espécies endêmicas, uma da Chapada Diamantina (*Perama harleyi* J.H.Kirkbr. & Steyererm.) e outra da caatinga (*Guettarda sericea* Müll.Arg.). *Psychotria jambosoides* Schltld. e *P. mapourioides* DC. foram registradas pela primeira vez para a Cadeia do Espinhaço, ambas conhecidas apenas da Mata Atlântica litorânea. Chave de identificação para as espécies, descrições, ilustrações e informações sobre a distribuição geográfica das espécies e dados fenológicos são apresentados.

Palavras-chave: taxonomia, caatinga, campo rupestre, floresta estacional, Chapada Diamantina.

Introdução

Rubiaceae inclui 620 gêneros e 13.200 espécies (Govaerts et al. 2012), apresenta distribuição cosmopolita sendo mais diversa na região tropical (Andersson 1992, Maldonado 2005, Delprete & Jardim 2012). Para a região Neotropical são citadas 5.000 espécies em 217 gêneros (Delprete et al. 2004).

No Brasil, a família é significativamente diversa sendo a quinta maior entre as angiospermas com 1.380 espécies em 119 gêneros com representantes em todos os domínios fitogeográficos (Barbosa et al. 2012). Tratamentos florísticos para a família têm sido realizados em várias regiões do Brasil, sendo os pioneiros e mais completos aqueles publicados na *Flora Brasiliensis* por Müller (1881) e Schumann (1888). Trabalhos mais recentes incluem revisões de alguns gêneros (*ie.*: Prado 1987, dados não publicados, Macias 1988, dados não publicados, Germano Filho 1999, Souza et al. 2010), e floras regionais (*ie.*: Costa & Mamede 2002, Zappi et al. 2003, Delprete et al. 2004, 2005, Campos et al. 2006, Delprete & Cortés-B. 2006, Jung-Mendaçolli 2007, Taylor et al. 2007, Delprete 2010a, b, c).

Na região Nordeste do Brasil, destacam-se os trabalhos sobre floras regionais, alguns destes somando a descrição de novas espécies (*ie.*: Zappi & Stannard 1995, Zappi 1998, Barbosa & Zappi 2002, Zappi et al. 2003, Souza & Sales 2004, Pereira & Barbosa 2004, 2006, Melo & Barbosa 2007, Jardim & Zappi 2008a, b, c, Cabral et al. 2011). A família é bem representada na região com 391 espécies que incluem 76 gêneros. O estado da Bahia é o segundo mais diverso da família no país com 318 espécies e 67 gêneros (Barbosa et al. 2012).

A Chapada Diamantina representa a porção baiana dentro do complexo de vegetação da Cadeia do Espinhaço e apresenta alta diversidade de espécies (Harley 1995, Zappi 2008). Essas áreas encontram-se divididas em várias serras, entre elas, as Serras da Jacobina que integram a borda oriental da Chapada Diamantina (Giulietti et al. 1997). Além da riqueza de espécies, as florestas dessas regiões variam consideravelmente em composição e estrutura, como resposta às condições geo-climáticas, muitas vezes resultando em uma grande heterogeneidade de fitofisionomias em áreas florestais relativamente pequenas (*ie.*: Giulietti & Pirani 1988, Harley 1995, Zappi et al. 2003, Zappi 2008).

Com base no exposto acima, o presente estudo teve como objetivos investigar a diversidade florística das Rubiaceae na Serra da Fumaça, contribuir para o conhecimento da flora local e regional, bem como, subsidiar estudos com a família e auxiliar futuras ações para a conservação da área.

Material e Métodos

1. Área de estudo

A Serra da Fumaça corresponde a uma das Serras da Jacobina (Figura 1), a qual integra a porção Norte da Chapada Diamantina (Giulietti et al. 1997). Está situada na Ecorregião da Depressão Sertaneja Meridional do bioma Caatinga, localizado no município de Pindobaçu, Bahia, sendo delimitada pelas coordenadas 10° 38' 54" a 10° 40' 08" S e 40° 19' 42" a 40° 22' 46" W, entre 400 e 1050 m de altitude (Companhia... 2005). As Serras da Jacobina estendem-se por 200 Km no sentido norte e sul, com 15-25 km de largura e altitude de até 1.300 m, na porção norte do estado da Bahia (Milesi et al. 2002, Mascarenhas et al. 1998). É uma das áreas identificadas pelo projeto de Conservação e Utilização da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO), como de importância biológica extremamente alta (Giulietti et al. 2006). A vegetação do município foi caracterizada como de contato Cerrado-Floresta Estacional e Cerrado-Caatinga (Companhia... 2005). Apresenta clima úmido a subúmido,

com temperatura média anual de 24 °C e índices pluviométricos acima de 477,6 mm/ano, com dois períodos chuvosos distintos de outubro a abril (Vale 2005). As serras da Jacobina são constituídas principalmente por filitos, xistos e quartzitos, havendo ocorrência de minérios como esmeralda e ouro (Santana et al. 1995). Os solos no município de Pindobaçu são compostos por latossolos distróficos, argilossolos distróficos ou eutróficos e neossolos litólicos distróficos. O relevo mais proeminente é o serrano, cortado pelos rios Itapicuru-Açu, Aipim e Capivara e seus riachos tributários (Companhia... 2005).

2. Coleta dos dados

A coleta dos dados ocorreu através de expedições mensais à área de estudo, no período de junho de 2011 a agosto 2012. As coletas e observação do material botânico foram efetuadas ao longo de trilhas e no interior da floresta contemplando todas as fitofisionomias existentes na área, explorando-se ao máximo as áreas com fitofisionomias distintas. Adicionalmente, foram realizados registros fotográficos, anotações de dados dos ambientes e habitats, e flores/frutos foram conservados em álcool a 70% para análise posterior. Os espécimes resultantes das coletas foram processados seguindo técnicas usuais como as descritas por Mori et al. (1989). As excisatas foram incorporadas ao acervo do (HUNEB coleção Senhor do Bonfim), e duplicatas foram enviadas por ordem de prioridade, aos herbários HUNEB - Paulo Afonso, HRB, RB e UFRN.

As identificações foram realizadas com auxílio de chaves analíticas e consulta à literatura especializada (*ie.*: Prado 1987, dados não publicados, Macias 1988, dados não publicados, Zappi & Stannard 1995, Costa & Mamede 2002, Souza & Sales 2004, Delprete 2010a, b, c, Jung-Mendaçolli 2007, Taylor et al. 2007, Souza et al. 2010, Delprete & Cortés-B. 2006, Cabral et al. 2011), ou por comparação com espécimes previamente identificadas por especialistas nos acervos dos herbários ALCB, BAH, CEPEC, HRB, HUEFS e HUNEB (acrônimos de acordo com Thiers 2012). Dados sobre a distribuição geográfica e fenofases das espécies foram obtidos com base na literatura e nas etiquetas dos espécimes analisados. Os nomes de autores estão abreviados de acordo com Brummitt & Powell (1992). A terminologia geral adotada nas descrições está de acordo com Harris & Harris (2001) e Radford et al. (1974), a nomenclatura das estípulas foi baseada em Robbrecht (1988) e a nomenclatura da venação das folhas baseada em LAWG (Leaf... 1999). As ilustrações foram elaboradas com o auxílio de estereomicroscópio Medilux MDL-F e processadas através do programa Adobe Photoshop CS4. Os mapas foram elaborados com os programas *ArcView*, versão 10.0 e *AutoCAD*, versão 17.1.

Resultados e Discussão

As Rubiaceae foram representadas na Serra da Fumaça por 36 espécies e 20 gêneros (Figuras 3, 4, 5, 6, 7 e 8). Os gêneros mais diversos foram *Borreria* G.Mey. (5 spp.), *Diodella* Small, *Mitracarpus* Zucc. ex Schult. & Schult.f. e *Psychotria* L. (3 spp. cada), seguidos por *Coccocypselum* P.Browne, *Declieuxia* Kunth, *Palicourea* Aubl., *Perama* Aubl., *Richardia* L. e *Staelia* Cham. & Schldt. (2 spp. cada). Os demais gêneros, *Cordia* A.Rich. ex DC., *Coutarea* Aubl., *Emmeorhiza* Pohl ex Endl., *Genipa* L., *Guettarda* L., *Malanea* Aubl., *Manettia* Mutis ex L., *Posoqueria* Aubl., *Sabicea* Aubl., *Tocoyena* Aubl., apresentam apenas uma espécie cada.

Quanto ao hábito, predominaram as espécies herbáceas (Figura 2), geralmente associadas a áreas abertas de caatinga e campo rupestre, ou ao subosque da floresta. O domínio das espécies herbáceas se deve possivelmente à diversidade da tribo Spermaceae que representa a maioria das espécies. De acordo com Cabral & Bacigalupo (1999), esse grupo tem o Brasil como maior centro de diversidade na América.

Rubiaceae na Serra da Fumaça, Bahia, Brasil

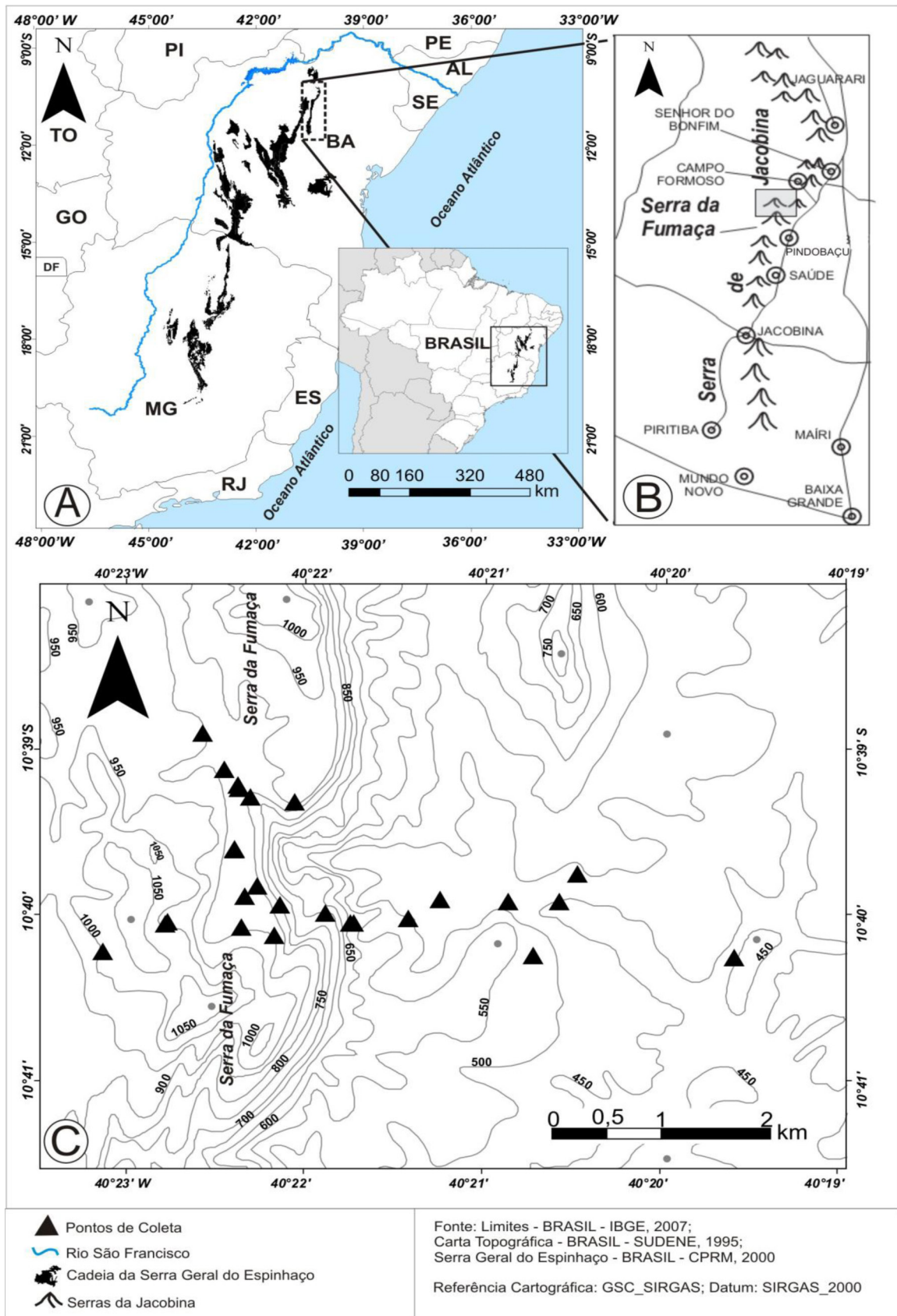


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo. A - Localização da Serra Geral do Espinhaço com destaque para o Complexo de Serras da Jacobina. B - Localização da Serra da Fumaça, Pindobaçu, Bahia. C - Carta topográfica da Serra da Fumaça com as curvas de nível e detalhes dos pontos de coleta.

Figure 1. Location map of the study area. A - Location of the Serra Geral do Espinhaço, featured the Mountains complex of Jacobina. B - Location of the Serra da Fumaça, Pindobaçu, Bahia. C - Letter topographic of the Serra da Fumaça with the contours and details of collection points.

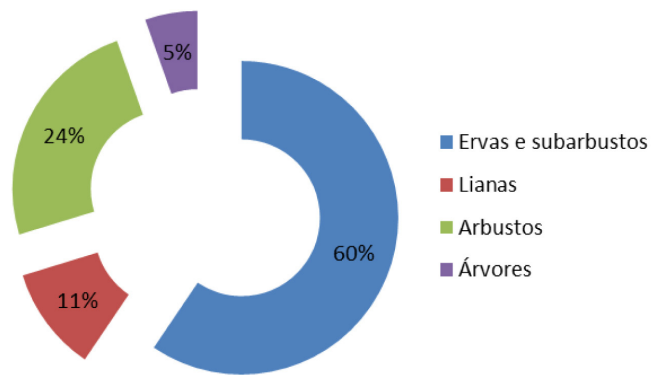


Figura 2. Distribuição das espécies de Rubiaceae quanto às formas de vida (hábito) na Serra da Fumaça, Pindobaçu, Bahia.

Figure 2. Distribution of species of Rubiaceae on as life forms (habit) in Serra da Fumaça, Pindobaçu, Bahia.

As áreas com fitofisionomias de cerrado situadas acima de 600 m de altitude se destacaram quanto ao número de espécies (41%) do total, seguidas por áreas de caatinga na base da serra, abaixo de 500 m, com 32% das espécies. As áreas com floresta de galeria abaixo de 500 m de altitude e a floresta estacional acima de 800 m somaram 27% das espécies.

Perama harleyi J.H.Kirkbr. & Steyerl. é endêmica da Bahia e conhecida apenas para a Chapada Diamantina, enquanto que *Guettarda sericea* Müll.Arg., apenas para áreas de caatinga do nordeste brasileiro. Já *Psychotria jambosoides* Schtdl. é endêmica da Mata Atlântica, ocorrendo apenas na Bahia e no Espírito Santo, onde era conhecida até então apenas nas florestas litorâneas, incluindo a restinga. *Psychotria mapourioides* DC., possui distribuição ampla (Amazônia e Mata Atlântica). Estas duas últimas espécies constituem novos registros para a Cadeia do Espinhaço. Giulietti & Pirani (1988) destacaram que algumas espécies originárias da Cadeia do Espinhaço, podem ser encontradas nas restingas ao longo da costa atlântica brasileira.

Chave para identificação das espécies de Rubiaceae encontradas na Serra da Fumaça, Pindobaçu, Bahia

1. Árvores ou arbustos.
2. Estípulas bipartidas, se inteiras, espatuladas ou ovadas.
3. Estípulas decíduas, inteiras, espatuladas a ovadas, ápice arredondado a obtuso **30. *Psychotria mapourioides***
- 3'. Estípulas persistentes, bifidas, ápice agudo.
4. Folhas com venação secundária inconspícua; pedúnculo espesso, branco ou lilás **29. *Psychotria jambosoides***
- 4'. Folhas com venação secundária saliente; pedúnculo delgado, amarelo ou vermelho.
5. Folhas com 60-130 mm compr., pubescentes em ambas as faces; corola externamente pubescente **24. *Palicourea marcgravii***
- 5'. Folhas (65-)120-180 mm compr., glabras em ambas as faces; corola externamente glabra **23. *Palicourea guianensis***
- 2'. Estípulas inteiras, triangulares ou lineares.
6. Ramos sem lenticelas visíveis; fruto bacáceo ou esquizocárpico.

7. Estípulas lineares; folhas pseudoverticiladas por apresentar braqui-blastos; frutos esquizocarpos **10. *Declieuxia aspalathoides***

7'. Estípulas triangulares; folhas opostas sem braqui-blastos, frutos bacáceos.

8. Lâmina foliar com (18-)30-83 mm compr.; flores diclinas, tubo da corola com 5-8 mm compr.; frutos com 5-14 × 5-12 mm **8. *Cordia elliptica***

8'. Lâmina foliar ≥90 mm compr.; flores monoclinas, tubo da corola ≥20 mm compr.; frutos com 18-100 × 15-80 mm.

9. Folhas e ramos jovens densamente pubescentes; tubo da corola externamente pubescente **36. *Tocoyena formosa***

9'. Folhas e ramos glabros ou folhas hirsutas a pubescentes; tubo da corola externamente glabro.

10. Lâmina foliar com 80-130 mm compr.; estípulas persistentes, geralmente cariosas **27. *Posoqueria latifolia***

10'. Lâmina foliar com 220-250 mm compr.; estípulas decíduas, triangulares **16. *Genipa americana***

6'. Ramos visivelmente lenticelados; frutos drupáceos ou capsulares.

11. Flores com tubo da corola com 15-18 mm compr.; frutos cápsulas septícidas **9. *Coutarea hexandra***

11' Flores com tubo da corola com 2-3,5 mm compr.; frutos drupáceos.

12. Ramos apoiantes, espinescentes; inflorescências escorpioides; frutos rugosos vináceos a negros após a maturação **17. *Guettarda sericea***

12' Ramos eretos, inermes; inflorescências tirsoides; frutos costados, laranja a vermelhos após a maturação **30. *Psychotria mapourioides***

1'. Ervas, subarbustos ou lianas.

13. Lianas ou trepadeiras.

14. Folhas e ramos apicais densamente pubescentes; frutos bacáceos vermelhos após maturação **33. *Sabicea grisea***

14'. Folhas e ramos glabros raro hirsutos; frutos capsulares ou drupáceos, castanhos, marrons ou atropurpúreos na maturação.

15. Estípulas fimbriadas; folhas com venação marcadas a plicadas na face superior; inflorescências umbeliformes **15. *Emmeorhiza umbellata***

15'. Estípulas triangulares; folhas com venação levemente marcada a marcada apenas na face superior, nunca plicada; inflorescências em panículas e cimeiras.

16. Estípulas decíduas, presentes apenas em botão, ápice arredondado; inflorescências em panículas, multifloras; frutos drupas **18. *Malanea macrophylla***

16'. Estípulas persistentes, ápice agudo; inflorescências em cimeiras, uniflora; frutos cápsulas **19. *Manettia cordifolia***

13'. Ervas a subarbustos.

17. Estípulas inteiras, ou reduzidas a uma linha.
18. Erva ereta, caule delicado com até 30 cm alt.; estípula reduzida a uma linha; corola rósea ou amarela.
19. Caule hirsuto; corola amarela; inflorescências em glomérulos congestos.....**26. *Perama hirsuta***
- 19°. Caule glabro ou com tricomas adpressos apenas no ápice; corola rósea; inflorescências dicasiais, laxas**25. *Perama harleyi***
- 18°. Subarbustos eretos ou ervas decumbentes; caule robusto maior que 30 cm alt.; estípulas inteiras, corola azul.
20. Caule lenhoso, ereto; frutos esquizocarpos, dicoca, castanhos na maturação.
21. Folhas lineares, pseudoverticiladas pela presença de braquiblastos **10. *Declieuxia aspalathoides***
- 21°. Folhas oblanceoladas a oblongo-elípticas, opostas, sem formar braquiblastos **11. *Declieuxia fruticosa***
- 20°. Caule herbáceo, decumbente; frutos bacáceos, inteiros, azuis a lilases na maturação.
22. Folhas hirsutas, 4-6 pares de nervuras secundárias; glomérulos com 36(7)-flores; cálice com lobos eretos**6. *Coccoypselum hirsutum***
- 22°. Folhas velutinas a denso velutinas, 7-8 pares de nervuras secundárias; glomérulos com 10-17-flores; cálice com lobos reflexos **7. *Coccoypselum lanceolatum***
- 17°. Estípulas bifidas ou fimbriadas, nunca reduzidas a apenas uma linha.
23. Estípulas bifidas**28. *Psychotria hoffmannseggiana***
- 23°. Estípulas fimbriadas
24. Flores hexâmeras; estigmas trifidos.
25. Tubo da corola com 3-5,5 mm compr.; frutos com três mericarpos sutilmente sulcados, dorso com papilas arredondadas **32. *Richardia grandiflora***
- 25°. Tubo da corola com 2-3 mm compr.; frutos com três mericarpos profundamente sulcados, dorso com papilas lanceoladas **31. *Richardia brasiliensis***
- 24°. Flores tetrâmeras e pentâmeras estigmas inteiros ou bilobados.
26. Frutos esquizocápicos.
27. Bainha estipular com setas glabras; fruto piloso apenas no ápice, mericarpo com a face ventral lisa **13. *Diodella radula***
- 27°. Bainha estipular com setas pilosas; fruto completamente piloso a hispido, mericarpo com a face ventral com duas depressões.
28. Folhas com nervuras secundárias visíveis em ambas as faces; cálice com lobos iguais, corola 4-10 mm compr.; frutos com a face dorsal dos mericarpos com 3-5 costelas.....**12. *Diodella apiculata***
- 28°. Folhas com nervuras secundárias inconspícuas; cálice com lobos desiguais, corola até 4 mm compr.; frutos com a face dorsal dos mericarpos com 1-(3) costelas **14. *Diodella teres***
- 26°. Frutos capsulares.
29. Cálice com lobos de comprimento iguais; corola infundibuliforme; estames exsertos; cápsula com deiscência longitudinal ou longitudinal-oblíqua.
30. Tubo da corola externamente glabro; cápsula com deiscência longitudinal, valvas unidas na base, persistentes.
31. Folhas pseudoverticiladas por apresentar braquiblastos nas axilas.
32. Cálice com 4 lobos; estigma capitado..... **1. *Borreria capitata***
- 32°. Cálice com 2 lobos iguais; estigma bilobado.
33. Estípulas com 5-7 setas; folhas com 2 pares de nervuras secundárias; glomérulos globosos **5. *Borreria verticillata***
- 33°. Estípulas com 7-9 setas; folhas com 4-5 pares de nervuras secundárias; glomérulos subglobosos **4. *Borreria spinosa***
- 31°. Folhas opostas, sem braquiblastos.
34. Caule jovem tetrágono, alado; folhas sésseis; flores nos dois lados das axilas das folhas; tubo da corola 3,5-6 mm compr. **2. *Borreria latifolia***
- 34°. Caule jovem cilíndrico, sem alas; folhas pecioladas; flores em apenas um dos lados das axilas das folhas; tubo da corola 2-3 mm compr **3. *Borreria ocyimifolia***
- 30°. Tubo da corola externamente papiloso ou hirsuto; cápsula com deiscência longitudinal-oblíqua, valvas totalmente livres, decíduas.
35. Caule tomentoso-viloso; lâmina foliar com a face superior escabra; corola 4-4,5 mm compr **34. *Staelia vestita***
- 35°. Caule glabro a pubérulo; lâmina foliar com face superior glabra a pilosa; corola 6,8-7,2 mm compr **34. *Staelia virgata***
- 29°. Cálice com lobos de comprimento desiguais; corola hipocrateriforme; estames inclusos; cápsula com deiscência transversal.
36. Tubo da corola com 3,5-4,8 mm compr.; semente com face ventral com encaixe em forma de “y invertido”, face dorsal sem depressões **23. *Mitracarpus salzmannianus***
- 36°. Tubo da corola com 1,2-3,5 mm compr.; semente com face ventral com encaixe em forma de “X”, face dorsal com depressões cruciformes.
37. Caule tetragonal, fortemente alado; folhas pseudoverticiladas pela presença de braquiblastos; tubo da corola 3-3,5 mm compr **22. *Mitracarpus frigidus***
- 37°. Caule cilíndrico, sem alas; folhas opostas cruzadas, sem formar braquiblastos; tubo da corola 1,2-1,5 mm compr **21. *Mitracarpus baturitensis***

Tratamento taxonômico

Rubiaceae Juss., Genera Plantarum 196. 1789.

Árvores, arbustos ou ervas, ocasionalmente trepadeiras, raro epífitas. Ramos, cilíndricos, às vezes angulosos ou decussadamente achatados, glabros ou pilosos. Estípulas interpeciolares, raramente intrapeciolares (*Elaeagia* Wedd. e *Capirona* Abeto), ou reduzida a uma linha em *Perama* Aubl., persistentes ou decíduas, livres ou concrecidas entre si, inteiras, bipartidas, fimbriadas ou foliáceas.

Inflorescências terminais ou axilares, geralmente cimosas, multifloras ou paucifloras, raramente flores solitárias; brácteas e bractéolas frequentemente decíduas. Folhas simples, inteiras, opostas, raro pseudo-alternas ou pseudoverticiladas, sésseis ou pecioladas. Flores monoclinas ou unissexuais, distília presente ou não, actinomorfas, raro zigomorfas, isostêmones, diclamídeas, simpétalas, livre em *Dialypetalanthus*, (3)4-6 ou 11-13(-15) mera; cálice truncado, denteado, comumente lobado; corola hipocrateriforme, infundibuliforme, campanulada ou tubulosa, de prefloração valvar, contorta ou imbricada; estames epipétalos 4-5, inclusos ou exsertos, anteras geralmente rimosas, e livres entre si, excepcionalmente poricidas, dorsifixas ou basifixas; ovário ínfero, excepcionalmente semi-ínfero, dois, raramente três carpelos, dois ou mais lóculos, raramente um lóculo, um a muitos óvulos por lóculo, placentação apical, basal ou axial; disco nectarífero inteiro ou bipartido, anular, carnoso, raro reduzido a glândulas; estilete usualmente inteiro; estigma clavado, dilatado, capitado, truncado, discoide, bilobado ou bifido com papilas estigmáticas uniformemente distribuídas. Frutos deiscentes capsulares ou indeiscentes com pericarpo seco ou carnoso, bacáceos, drupáceos, capsulares e esquizocárpicos; sementes uma a numerosas, plana, angulosa, reniforme, semicilíndrica, com ou sem alas, sulcada ou não; endosperma, carnoso ou córneo, parco ou ausente.

1. *Borreria capitata* (Ruiz & Pav.) DC., Prodr. 4: 545. 1830.

Erva ereta a procumbente, 30-60 cm alt., monoica; caule cilíndrico a tetragono no ápice, sem lenticelas, pubescente, entrenós 6-30 mm compr. Estípulas fimbriadas, persistentes, bainha 2-2,5 × 3,5 Este trabalho consiste no levantamento mm, pubescentes, 5-8 setas, 3-6 mm compr., glabras. Folhas pseudoverticiladas devido aos braquiblastos nas axilas, cartáceas, sésseis; lâmina 24-50 × 5-8 mm, elíptica a lanceolada, base atenuada ou obtusa, ápice agudo, margem plana; ambas as faces pubescentes, venação eucamptódroma, nervuras secundárias impressas na face adaxial, salientes na face abaxial, 4-6 pares. Inflorescências em glomérulos globosos, terminais ou axilares, 2-4 por ramo florífero, multifloros; 4-6 brácteas foliáceas, lanceoladas, bractéolas inconspícuas. Flores monoclinas, homostilicas, sésseis; cálice 4 lobos iguais, 1-1,5 mm compr., linear-lanceolados, pubescentes; corola alva a lilás, infundibuliforme; tubo 3-4 mm compr., externamente glabro, anel de tricomas na inserção dos filetes, 4-mera, lobos 0,6-1 mm compr., triangular a ovados, pilosos no ápice; estames exsertos, presos próximo da fuce, porção livre dos filetes 0,5-1 mm compr., anteras, 0,4-0,6 mm compr., oblongo-elípticas, estigma bilobado, disco nectarífero bilobado, estilete, 3,8-4,3 mm compr. Fruto cápsula septicida, 2-3 × 1-1,5 mm, oblongoide, deiscência longitudinal, valvas unidas na base, persistentes, marrom na maturação, glabra a pubérula; sementes 1,2-1,5 × 0,5 mm, elipsóides, castanhas, ruminadas na face dorsal, sulco longitudinal na face ventral.

Distribuição: Está distribuída na Venezuela, Colômbia, Peru, Guiana Francesa e Bolívia (Bacigalupo & Cabral 2007a, Cabral et al. 2011). No Brasil, ocorre em todas as regiões (Cabral & Bacigalupo 1999). É encontrada com mais frequência no Cerrado *s.l.*, Mata Atlântica (restinga) e Caatinga (Cabral et al. 2011).

Diferencia-se das demais espécies do gênero presentes na área, por apresentar folhas com nervuras secundárias proeminentes em ambas as faces e disco nectarífero bilobado. Segundo Steyermark (1972), na América do Sul a espécie apresenta grande variação morfológica foliar e no indumento. Foi encontrada áreas abertas da Caatinga perturbada e campo rupestre, entre 460-890 m de altitude. Floresce e frutifica na área nos períodos chuvosos, junho a agosto e novembro.

Material examinado: BRASIL, BAHIA: Pindobaçu, Serra da Fumaça. 10° 40' 03" S e 40° 21' 30" W, 17/XI/2009, fl., fr., *L.A. Sousa*

171 (HUNEB); 26/VI/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 307* (HUNEB); 26/VIII/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 399* (HUNEB); 10° 39' 51" S e 40° 22' 19" W, 29/IX/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 444* (HUNEB).

2. *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum., Fl. Bras. 6(6): 61. 1888.

Erva decumbente ou ereta, 30-60 cm alt., monoica; caule cilíndrico, tetragono quando jovens, alado, sem lenticelas, hirsuto, entrenós 8-12 cm compr. Estípulas fimbriadas, persistentes, bainha 1,5-2 mm compr., pubescente, 5-8 setas, 1,5-3 mm compr., hirsutas. Folhas opostas, cartáceas, sésseis; lâmina 25-70 × 15-30 cm, elíptica, lanceolada a oblanceolada, base atenuada, ápice agudo, margem plana; face adaxial escabra a hirsuta, abaxial hirsuta a denso-hirsuta nas nervuras; venação eucamptódroma, nervuras proeminentes na face abaxial, 3-5 pares. Inflorescências em glomérulos axilares, 3-4-flores; 2 brácteas foliáceas lanceoladas, bractéolas inconspícuas. Flores monoclinas, homostilicas, sésseis; cálice 4 lobos iguais, 1,5-2,5 mm compr., lanceolados, hirsuto no ápice; corola alva ou azulada, infundibuliforme, tubo 3,5-6 mm compr., glabro externamente, anel de tricomas na inserção dos filetes, 4-mera, lobos 1-2 mm compr., ovados, esparso hirsuto; estames exsertos, inseridos na fauce da corola, porção livre dos filetes 1-1,5 mm compr.; anteras oblongas, 1,8-2 mm compr.; estigma bifido, estilete 7-9 mm compr. Fruto cápsula septicida 3,8-4 × 2 mm, oblongoide, deiscência longitudinal, valvas unidas na base, persistentes, marrom quando madura, ápice piloso. Semente 1,8 × 0,6-0,8 mm, plano convexa, superfície dorsal reticulada, superfície ventral com sulco longitudinal.

Distribuição: Distribui-se na América Central e na maior parte da América do Sul (Chaw & Peng 1987). No Brasil, ocorre em quase todo o país nos domínios da Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pampa. Na Bahia, é encontrada em todos os biomas, especialmente em áreas de Cerrado e Campo rupestre (Cabral et al. 2011).

Borreria latifolia diferencia-se *B. ocymifolia*, espécie mais semelhante presente na área, por apresentar caule tetragono e alado quando jovem e flores em ambos os lados das axilas vs caule cilíndrico, sem alas e flores unilaterais. Segundo Cabral et al. (2011), esta espécie possui uma grande variação quanto ao tipo de folha e de indumento. Foi encontrada na área, associada à floresta de galeria, sobre solo argiloso. Floresce e frutifica nos meses de junho e julho.

Material examinado: BRASIL, BAHIA: Pindobaçu, Serra da Fumaça. 10° 39' 59" S e 40° 21' 59" W, 28/VI/2011, fl., *L.A. Sousa 366* (HUNEB); 28/VII/2012 fl., fr. *L.A. Sousa 607* (HUNEB).

3. *Borreria ocymifolia* (Roem. & Schult.) Bacigalupo & E.L.Cabral, Opera Bot. Belg. 7: 297. 1996.

Figura 3A-E

Erva a subarbusto ereto, 30-60 cm alt., monoica; caule cilíndrico, sem lenticelas, hirsutos, entrenós 20-60 mm compr. Estípulas fimbriadas, persistentes, bainha 4-8 × 3,5 mm compr., hirsuta a hispida, 5-6 setas desiguais, 0,8-6 mm compr. Folhas opostas, cartáceas, pecíolos 0,5-1,8 mm, hispídeos; lâmina 18-50 × 5-20 mm, oblanceolada a lanceolada, base atenuada, ápice agudo, margem plana; face adaxial pubérula a escabra, abaxial escabra a hispida; venação broquidódroma, nervuras secundárias proeminentes na face abaxial, levemente impressa na face adaxial, 3-8 pares. Inflorescências em glomérulos, axilares, raramente terminais, unilaterais, 4-8 por ramo florífero, multifloros; 2 brácteas foliáceas, elípticas, 2 bractéolas, filiformes. Flores monoclinas, homostilicas, sésseis; cálice 4 lobos iguais, 0,5-1,5 mm compr., triangulares a subulados, hispídeos; corola alva, infundibuliforme, tudo 2-3 mm compr., externamente glabro, um anel de tricomas na inserção dos filetes, 4-mera, lobos 2-3 mm compr., oblongos a ovados, pilosos no ápice; estames exsertos, inseridos na fauce; porção livre dos filetes 1-2 mm compr., anteras, 0,5-0,7 mm compr., elípticas, alvas; estigma bilobado, estilete exserto, 4-5 mm compr. Fruto cápsula septicida, 2-2,2 × 0,8-1 mm, elíptica, oblongoide, deiscência longitudinal, valvas unidas na base, marrons,

persistentes, hispida a escabra; sementes 1,5-2,5 × 0,3-0,6 mm, elípticas ou oblongas, castanho-escuras, faveoladas na face dorsal, sulco longitudinal na face ventral.

Distribuição: Está distribuída por toda a região Neotropical (Andersson 1992). No Brasil, ocorre em todas as regiões, nos estados do Amazonas, Pará, Tocantins, Bahia, Ceará, Goiás, Distrito Federal, São Paulo e Santa Catarina (Cabral et al. 2011).

Caracteriza-se por apresentar inflorescências unilaterais e caule ereto, cilíndrico, sem alas, características que a diferencia de *Borreria latifolia*. Foi coletada somente na base da serra a 490 m de altitude, em áreas sombreadas, no interior da floresta de galeria nas margens do rio Fumaça, sobre solo argiloso. Floresce e frutifica em quase todos os meses do ano.

Material examinado: BRASIL. BAHIA: Pindobaçu, Serra da Fumaça. 10° 39' 59" S e 40° 21' 59" W, 28/VI/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 368* (HUNEB); 28/VIII/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 368* (HUNEB); 29/IX/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 428* (HUNEB); 15/XII/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 454* (HUNEB); 20/I/2012, fl., fr., *L.A. Sousa 512* (HUNEB); 28/VII/2012, fl., fr., *L.A. Sousa 608* (HUNEB); 10° 39' 54" S e 40° 20' 51" W, 12/IV/2006, fl., *R.F. Souza-Silva & V.J. Santos 148* (ALCB, HUEFS); Pindobaçu, margem do rio Fumaça, 12/IV/2006, fl., *V.J. Santos 514* (HUEFS).

4. *Borreria spinosa* (L.) Cham. & Schldtl., Linnaea 3: 340. 1828.
Figura 3F-H

Erva ereta, ca. 20 cm alt., monoica, caule tetragonal, sem lenticelas, glabro, entrenós 10-50 mm compr. Estípulas fimbriadas, persistentes, bainha 2,5-4 × 3-3,5 mm, glabra a pubescente, 7-9 setas, 3-5 mm compr., glabras. Folhas pseudoverticiladas devido aos braquiblastos nas axilas, cartáceas, sésseis; lâmina 10-20 × 4-8 mm, elíptico a lanceolado, base atenuada, ápice agudo, margem plana; ambas as faces glabras, face abaxial com papilas na nervura central; venação eucamptódroma, nervuras secundárias conspicuas em ambas as faces, 4-5 pares. Inflorescências em glomérulos subglobosos, terminais e axilares, 1-3 por ramo florífero, multifloros; 2-4 brácteas foliáceas, bractéolas inconspicuas. Flores monoclinas, homostílicas, sésseis; cálice 2 lobos iguais, 1,6-2 mm compr., lanceolados, hirsutos; corola alva, infundibuliforme, tubo 1,5-2 mm compr., glabro externamente, anel de tricomas na inserção dos filetes, 4-mera, lobos 1-1,2 mm compr., triangulares a ovados, glabros; estames exsertos, porção livre dos filetes 1 mm compr., anteras, 0,6-0,8 mm compr., oblongo-elípticas; estigma curtamente bifido, estilete 1,4-2 mm compr. Fruto cápsula septicida, 2,5-3 × 1-1,2 mm, oblongoide cápsula com deiscência longitudinal, valvas unidas na base, persistentes, marrom na maturação, ápice piloso; sementes 1,5 × 0,4-0,6 mm, oblongas, castanhas, reticulada na face dorsal, sulco longitudinal na face ventral.

Distribuição: Espécie amplamente distribuída na América, desde o México, Antilhas até a Argentina. No Brasil, ocorre em todas as regiões nos domínios do Cerrado e da Caatinga (Cabral & Salas 2012a).

Borreria spinosa pode ser confundida com *B. verticillata* da qual se diferencia pelo maior número de setas na estípula (7-9 vs 5-7), pelo maior número de nervuras secundárias (4-5 vs 2) e através da forma dos glomérulos (subglobosos vs globosos). Foi encontrada na área, apenas no período chuvoso, associada a áreas abertas de Caatinga com solo argiloso a 480 m altitude. Foi encontrada com flores e frutos em junho.

Material examinado: BRASIL. BAHIA: Pindobaçu, Serra da Fumaça, 10° 39' 53,6" S e 40° 22' 20" W, 28/VII/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 355* (HUNEB).

Material adicional examinado: BRASIL. BAHIA: Jaguarari, estrada para Grotas, Caminho do Engenho, 24/VI/2005, fl., *R.F. Souza-Silva & A. Rapini 22* (HUEFS); Base da Crista, próximo ao

Rio, 13/IV/2006, fl., *E.B. Souza et al. 200* (HUEFS); Lençóis 08/IX/2005, fl., *E.B. Souza et al. 1406* (HUEFS); Senhor do Bonfim, 28/IV/2005, fl., *J.G. Freitas & V. Barreto14* (HUNEB).

5. *Borreria verticillata* (L.) G.Mey., Prim. Fl. Esseq. 83. 1818.

Erva ou subarbusto ereto, 30-60 cm alt., monoica; caule cilíndrico na base, ápice tetragono, com papilas aculeadas, sem lenticelas, glabro, entrenós 6-30 mm compr. Estípulas fimbriadas, persistentes, bainha 2-3 × 3 mm, pubescente, 5-7 setas, 1-3 mm compr., pubérula. Folhas pseudoverticiladas devido aos braquiblastos nas axilas, cartáceas, sésseis; lâmina 8-40 × 1,8 mm, lanceolada, elíptica a estreito-elíptica, base cuneada, ápice agudo, margem plana; ambas as faces glabras, nervura hispida com papilas na face abaxial; venação eucamptódroma, nervuras secundárias inconspicuas na face adaxial, 2 pares. Inflorescências em glomérulos globosos, terminais, subterminais e axilares, 1-3 por ramo florífero, multifloros; 2-4 brácteas foliáceas, bractéolas inconspicuas. Flores monoclinas, homostílicas, sésseis; cálice 2 lobos iguais, 1-2 mm compr., lanceolados, margem plana; corola alva, infundibuliforme, tubo 1-2 mm compr., glabro externamente, anel de tricomas na inserção dos filetes, 4-mera, lobos 1-1,2 mm compr., triangulares, glabros; estames exsertos, inseridos na fouce, porção livre dos filetes 0,8-1 mm compr., anteras 0,7-1 mm compr., oblongo-elípticas; estigma bifido, estilete 0,8-2,2 mm compr. Fruto cápsula septicida, 2-2,8 × 1-1,2 mm, oblongoide, cápsula com deiscência longitudinal, valvas unidas na base, persistentes, marrom na maturação, glabro a pubérulo; sementes 0,7-1,8 × 0,6 mm, elipsoides, castanhas, faveoladas na face dorsal, sulco longitudinal na face ventral.

Distribuição: Ocorre desde o Sul dos Estados Unidos até a parte meridional da América do Sul, Antilhas e Velho Mundo (Burger & Taylor 1993). Ocorre com ampla distribuição no Brasil, sendo representada na maioria dos estados (Dimitri 1959, Andersson 1992).

Borreria verticillata é muito semelhante a *B. spinosa* tanto em campo como em material herborizado, mas se diferencia por apresentar ramos eretos geralmente pouco ramificados ou com ramificação apical, maior número de setas na estípula, folhas com apenas duas nervuras secundárias e glomérulos globosos e geralmente menores. Foi encontrada em áreas abertas, perturbadas, na base da serra entre 490-540 m de altitude. Floresce e frutifica em quase todos os meses do ano.

Material examinado: BRASIL. BAHIA: Pindobaçu, Serra da Fumaça. 10° 39' 54" S e 40° 21' 14" W, 12/IV/2006, fl., *V.J. Santos 520* (HUEFS); 10° 39' 53,6" S e 40° 22' 20" W, 24/I/2009, fl., fr., *L.A. Sousa 313* (HUNEB); 30/VI/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 340* (HUNEB); 28/VI/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 316* (HUNEB); 28/IV/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 315* (HUNEB 26/VII/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 394* (HUNEB); 2/VIII/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 421* (HUNEB); 29/IX/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 427* (HUNEB); 15/XII/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 484* (HUNEB); 26/XII/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 495* (HUNEB); 20/I/2012, fl., fr., *L.A. Sousa 515* (HUNEB); 20/I/2012, fl., fr., *L.A. Sousa 513* (HUNEB); 10° 39' 54,6" S e 40° 22' 20" W, 26/VI/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 324* (HUNEB); 29/IX/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 412* (HUNEB); 28/IX/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 423* (HUNEB); 29/IX/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 432* (HUNEB); 26/XII/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 511* (HUNEB); 18/IV/2012, fl., fr., *L.A. Sousa 593* (HUNEB); 27/VII/2011, fl., *L.A. Sousa 506* (HUNEB); 17/IV/2012, fl., fr., *L.A. Sousa 554* (HUNEB).

6. *Coccocypselum hirsutum* Bartl. ex DC., Prodr. 4: 396. 1830.
Figura 3I-L

Erva decumbente, monoica; caule cilíndrico, sem lenticelas, densamente hirsuto, tricomas alvos, entrenós 50-90 mm compr. Estípulas persistentes, 3,5-5 × 2,8-3,5 mm, inteiras, lineares, hirsutas. Folhas opostas, herbáceas, pecíolo 5-8 mm compr., densamente hirsuto; lamina 38-60 × 15-25 mm, elíptica a lanceolada, base obtusa, ápice agudo a obtuso, margem plana; ambas as faces hirsutas,

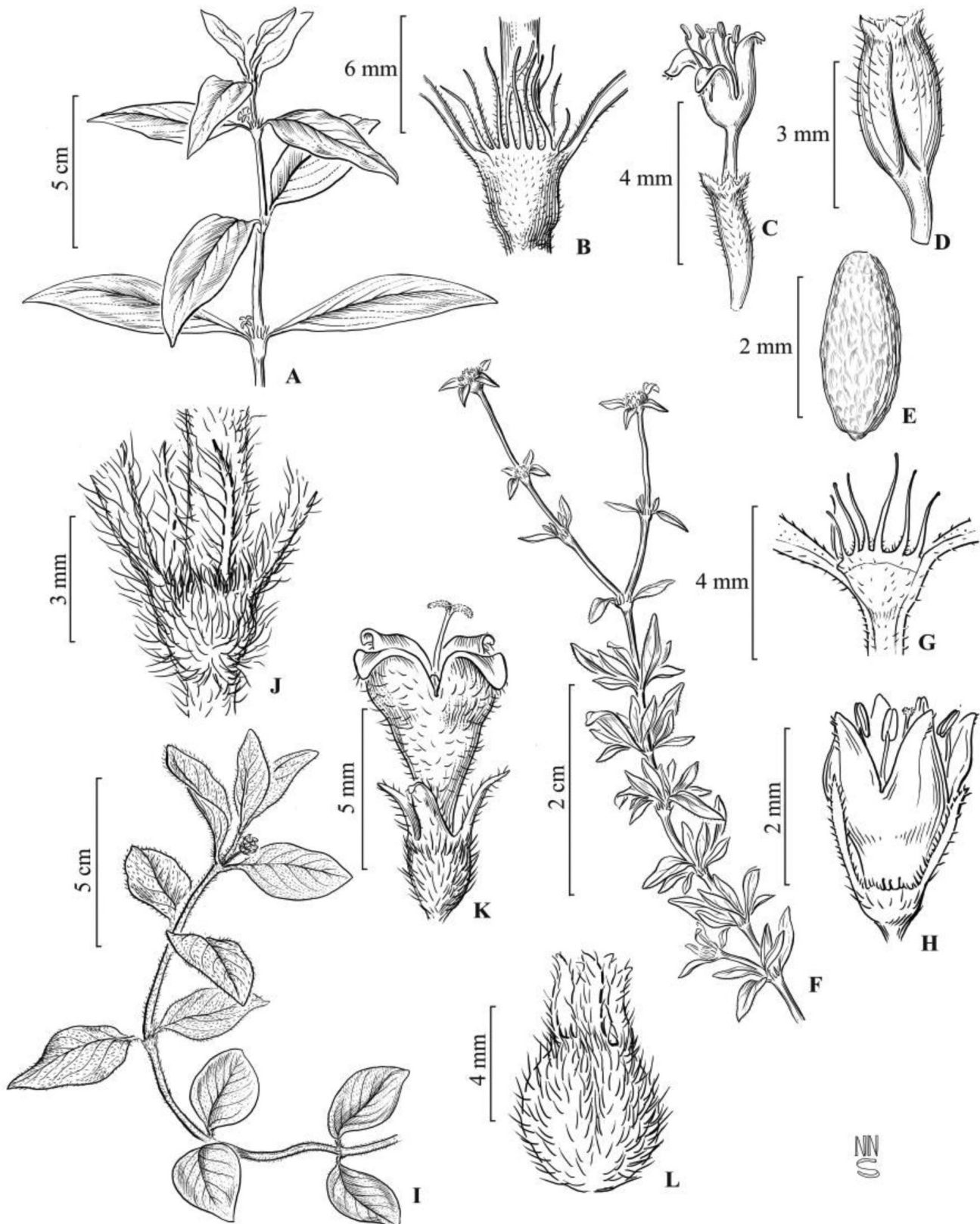


Figura 3. A-E. *Borreria ocymifolia* - A. ramo florífero; B. estípula; C. flor e hipanto; D. fruto; E. semente. F-H. *Borreria spinosa* - F. ramo florífero; G. estípula; H. flor e hipanto. I-L. *Coccocypselum hirsutum* - I. ramo florífero; J. estípula; K. flor e hipanto; L. fruto. (A-E. L.A. Sousa 368; F-H. L.A. Sousa 317; I-L. L.A. Sousa 415).

Figure 3. A-E. *Borreria ocymifolia* - A. flowering branch; B. stipule; C. flower and hypanthium; D. fruit; E. seed. F-H. *Borreria spinosa* - F. flowering branch; G. stipule; H. flower and hypanthium. I-L. *Coccocypselum hirsutum* - I. flowering branch; J. stipule; K. flower and hypanthium; L. fruit. (A-D. L.A. Sousa 368; F-H. L.A. Sousa 317; I-L. L.A. Sousa 415).

venação broquidódroma, nervuras proeminentes na face abaxial, 4-6 pares. Inflorescências glomérulos, terminais e axilares, 3-6 (7)-flores, pedúnculo 5-15 mm, hirsutos; brácteas foliáceas, lanceoladas, bractéolas inconspícuas. Flores monoclinas, heterostilísticas, dimórficas, sésseis; cálice 4 lobos iguais, 3-4,5 mm compr., linear-lanceolados, hirsutos, eretos corola azul-claro, hipocrateriforme, tubo 2-3 mm compr., glabro internamente, pubescente externamente, 4-mera, lobos 2,5-3 mm compr., estreito-elípticos, hirsuto-barbados externamente; estames inseridos na fauce; anteras 1,5-2 mm compr., oblongas; estigma bifidos, flores brevistilas, porção livre dos filetes, 3-3,5 mm; estilete 1,5-2 mm compr.; flores longistilas, porção livre do filete 1,3-1,5 mm compr.; estilete 5-6,5 mm compr. Fruto baga, 0,8-1,4 × 0,5-0,8 cm compr., ovoide, obovoide a elipsoide, azul-intenso a lilás na maturação, pubescente; semente 1,3-1,5 mm diâm., superfície dorsal muricada, superfície ventral com sulco longitudinal.

Distribuição: Está distribuída no Brasil em todas as regiões, exceto na Sul, nos estados do Amazonas, Bahia, Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Minas Gerais, no Campo rupestre, Cerrado *s.l.e* em floresta ciliar (Costa 2004, dados não publicados).

Coccocypselum hirsutum pode ser confundida com *C. lanceolatum* da qual se diferencia principalmente pelo indumento das folhas (hirsutas vs velutinas), pela venação secundária das folhas em menor número (4-6 vs 7-8 pares), glomérulo com menor número de flores [3-6 (7) vs 10-17] e através dos lobos do cálice (eretos vs reflexos). Foi encontrada associada a áreas de Cerrado, com solo argiloso a 800-910 m de altitude. Floresce e frutifica na área em janeiro, fevereiro e dezembro.

Material examinado: BRASIL. BAHIA: Pindobaçu, Serra da Fumaça. 10° 39' 52,6" S e 40° 22' 04" W, 29/II/2009, fr. *L.A. Sousa 254* (HUNEB); 26/I/2012, fl., fr. *L.A. Sousa 541* (HUNEB); 10° 39' 54,6" S e 40° 22' 20" W, 26/I/2011, fr., *L.A. Sousa 516* (HUNEB).

7. *Coccocypselum lanceolatum* (Ruiz & Pav.) Pers., Syn. Pl. 1: 132. 1805.

Figura 4A-D

Erva decumbente, monoica; caule cilíndrico, sem lenticelas, velutino a tomentoso, tricomas alvos, entrenós 10-120 mm compr. Estípulas persistentes, 3-6 × 3-3,5 mm, inteiras, lineares, velutinas. Folhas opostas, herbáceas, pecíolo 4-20 mm compr., velutino; lâmina 30-75 × 15-40 mm, ovada a elíptica, base arredondada, obtusa, truncada a levemente assimétrica, ápice agudo, margem plana; face adaxial velutina, abaxial denso-velutina; venação broquidódroma, nervuras proeminentes na face abaxial, 7-8 pares. Inflorescências glomérulos, globosos, axilares e terminais, 10-17-flores, pedúnculos 5-7 mm compr., velutinos, brácteas foliáceas, ovais, bractéolas inconspícuas. Flores monoclinas, heterostilísticas, sésseis; cálice 4 lobos iguais, 1,8-2,2 mm compr., ovados, lanceolados a oblanceolado, ápice obtuso, velutinos, reflexos; corola azul, infundibuliforme, tubo 2,5-3,8 mm compr., externamente velutinos, 4-mera, lobos 2,5-3 mm compr., triangulares, hirsutos no ápice; estames inseridos na fauce; anteras 1,5-2 mm compr., oblongas; estigma bifido, flores brevistilas, porção livre dos filetes 4-4,5 mm; estiletos 1,5-2 mm compr., flores longistilas, porção livre dos filetes 1,3-1,5 mm compr.; estiletos 5-6 mm compr. Fruto baga, 8-14 × 5-8 mm compr., ovoide, obovoide a elipsoide, azul-intenso a lilás na maturação, pubescente; semente 1,3-1,5 mm diâm., superfície dorsal muricada, a ventral com sulco longitudinal.

Distribuição: Se distribui amplamente na região neotropical, ocorrendo desde o Sul do México até a Argentina (Dwyer 1980, Andersson 1992). No Brasil, ocorre em todas as regiões, exceto na Norte (Costa & Mamede 2002).

Coccocypselum lanceolatum pode ser reconhecido através das folhas com indumento velutino, das nervuras secundárias com 7-8

pares e através dos lobos do cálice reflexos. A presença de cálice reflexo foi apontada por Steyermark (1967, 1974) como uma característica importante na delimitação desta espécie. A espécie foi encontrada associada ao subsosque da Floresta Estacional, sobre solo argiloso a 800-910 m altitude. Floresce em janeiro, fevereiro, maio, junho e dezembro e frutifica de novembro a junho.

Material examinado: BRASIL. BAHIA: Pindobaçu, Serra da Fumaça. 10° 39' 14" S e 40° 22' 22" W, 18/II/2009, fl., fr. *L.A. Sousa 108* (HUNEB); 26/VI/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 337* (HUNEB); 27/XIII/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 416* (HUNEB); 15/XII/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 468* (HUNEB); 20/I/2012, fr., *L.A. Sousa 516* (HUNEB); 20/I/2012, fl., fr., *L.A. Sousa 528* (HUNEB); 10° 39' 54,6" S e 40° 22' 20" W, 26/VI/2011, fr., *L.A. Sousa 334* (HUNEB); 10° 40' 14" S e 40° 22' 05" W, 19/V/2012, fr., *L.A. Sousa 595* (HUNEB).

8. *Cordia elliptica* (Cham.) Kuntze, Revs. Gen. Pl. 1: 279. 1891. Figura 4E-H

Arbusto, 1,8-3 m alt., dioico; caule cilíndrico, sem lenticelas, glabro, entrenós 15-60 mm compr. Estípulas deciduas, 2-4 × 2-3,8 mm, inteiras, triangulares, livres ou conadas na base, ápice aristado, glabra. Folhas opostas, coriáceas, pecíolo 3-7 mm compr., glabro; lâmina (18)30-83 × (1)20-65 mm, ovada a elíptica, base arredondada a obtusa, ápice acuminado a cuspidado, margem plana, glabra; venação broquidódroma, nervuras secundárias proeminentes na face abaxial, 5-9 pares. Inflorescências masculinas, fasciculadas, terminais, 3-8-flores, as femininas unifloras, sésseis; 2 brácteas foliáceas, lanceoladas, bractéolas inconspícuas. Flores diclinas, homostilísticas, sésseis; flores masculinas, cálice truncado, 2-3 mm compr., glabro a seríceo; corola hipocrateriforme, alvas com lobos róseos, tubo 5-8 mm compr., pilosos externamente, anel de tricomas na fauce, 5-mera, lobos 2-3 mm compr., estreito-ovados, pubéculos; estames, inclusos, inseridos na base do tubo, porção livre dos filetes 0,5-0,6 mm compr., anteras oblongas, 3-3,5 mm compr.; estigma bifido, estilete 6 mm compr.; flores femininas, cálice truncado 3-4 mm compr., glabros; corola alvas com lobos róseos, hipocrateriforme, tubo 4-5 mm compr., piloso internamente, tricomas moniliformes na fauce, 5-mera, lobos 2-3 mm compr., oblongos, pilosos; estames, inclusos, inseridos na base do tubo, porção livre dos filetes, 0,3-0,5 mm compr., anteras 2,5-2,8 mm compr., oblongas, sem pólen; estigma bifido, estilete 7-7,5 mm compr. Fruto baga, 5-14 × 5-12 mm, globosa, marrom-escuro na maturação, glabra; sementes 3,5-4 × 2,5-3,5 mm, retangulares, exotesta lisa.

Distribuição: Espécie endêmica do Brasil, ocorrendo nas regiões Centro-Oeste, Nordeste e Sudeste, nos estados da Bahia, Distrito Federal, Goiás Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Pará (Delprete & Cortés-B 2006, Pessoa & Zappi 2012).

Caracteriza-se por apresentar as folhas com venação fortemente reticulada, com coloração contrastante na face superior. Em herbário pode ser confundida com *Cordia rigida* (K. Schum.) Kuntze, da qual se diferencia por apresentar folhas cartáceas, glabras, fosca na face superior com venação secundária aparente e margem plana. Enquanto que *C. rigida* apresenta folhas coriáceas com a face superior lustrosa, vermicosa, venação secundária inconspícua e margem revoluta, pilosas na face inferior. A espécie encontra-se bem distribuída em áreas de borda ou interior de florestas, sobre solo arenoso a argiloso, entre 840-930 m de altitude. Floresce nos meses de setembro, outubro e fevereiro e frutifica em outubro, janeiro, fevereiro e setembro.

Material examinado: BRASIL. BAHIA: Pindobaçu, Serra da Fumaça. 10° 39' 54,6" S e 40° 22' 20" W, 29/IX/2011, fl., *L.A. Sousa 452* (HUNEB); 29/IX/2011, fl., *L.A. Sousa 451* (HUNEB); 29/II/2009, fr., *L.A. Sousa 242* (HUNEB); 10° 39' 54,6" S e 40° 22' 20" W, 29/IX/2011, fr., *L.A. Sousa 497* (HUNEB); 01/XI/2011, fr., *L.A. Sousa 462* (HUNEB); 20/I/2012, fr., *L.A. Sousa 531* (HUNEB); 20/I/2012, fl., *L.A. Sousa 532* (HUNEB).

9. *Coutarea hexandra* (Jacq.) K.Schum., Fl. Bras. 6 (6): 196. 1889

Arbusto ou arvoreta, 0,8-7 m alt., monoica; caule cilíndrico, lenticelado, glabro, entrenós 5-40 mm compr. Estípulas persistentes, 2-2,5 × 3-3,5 mm, inteiras, triangulares, ápice acuminado, margens pubescentes. Folhas opostas, cartáceas, pecíolos 3-6 mm compr., glabras; lâmina (25)40-60 × (15)28-40, ovado-elíptica, oblanceolada a lanceolada, base aguda a cuneada, ápice agudo, margem plana, glabras; venação broquidódroma, nervuras secundárias proeminentes na face abaxial, 4-6 pares. Inflorescências panículas, terminais, 4-5-flores, pedúnculo 4-10 mm compr.; 2 brácteas foliáceas, lineares, bractéolas inconspícuas. Flores monoclinas, homostílicas, pedicelo 5-8 mm compr.; cálice 6 lobos iguais, 4-6 mm compr., lineares, glabro, pubéculos na base; corola alva, tubulosa-claviforme, tubo 15-18 mm compr., glabro externamente, internamente viloso na base, 6-mera, lobos 8-10 mm compr., triangular-lanceolado, ápice agudo ou arredondado, glabro; estames exsertos, inseridos na base do tubo, porção livre dos filetes 2-4,3 mm compr., anteras 1-1,5 mm compr., oblongas; estigma bifido, estiletos 16-18 mm compr. Fruto cápsula, deiscência septicida, 30-33 × 40-48 mm compr., oblonga, marrom na maturação, glabra; sementes 9-15 × 5-8 mm compr., oblongas, onduladas.

Distribuição: Está distribuída por toda a região neotropical, podendo ser encontrada no México, América Central e do Sul (Schumann 1888, Andersson 1992). No Brasil, ocorre em todas as regiões (Zappi 2012a).

Caracteriza-se por apresentar corola tubulosa-claviforme, levemente zigomorfa e frutos capsulares fortemente lenticelados. Foi encontrada associada a vegetação de campo rupestre em solo argiloso, a 780 m de altitude. Floresce na área, em dezembro e janeiro e frutifica em março.

Material examinado: BRASIL. BAHIA: Pindobaçu, Serra da Fumaça trilha para a Serra, Paredão de pedra, 10° 39' 57" S e 40° 22' 08" W, 26/XII/2011, fl., fr., L.A. Sousa 507 (HUNEB); 20/II/2012, fl., fr., L.A. Sousa 518 (HUNEB); 17/III/2012, fr., L.A. Sousa 565 (HUNEB).

Material adicional examinado: BRASIL. BAHIA: Campo Formoso, Brejo do Tamanduá, Serra do Areão, 07/II/2006, fl., fr., E.B. Souza 1453 (HUEFS); Jacobina, Caminho para Pingadeira, 069/IV/1996, fl., fr., M.L. Guedes 2876 (ALCB, HRB e HUEFS); Serra do Brite, 21/VII/1984, fl., fr., R.P. Orlandi & H.P. Bautista 698 (ALCB, HRB); Miguel Calmon, entre a Faz. Pé de Serra e o riacho do Caldeirão, 05/IV/2001, fr., N.G. Jesus et al. 1280 (HRB, CEPEC); Saúde, Cachoeira do Paiaí, 14/VI/1996, fl., fr., M.L. Guedes et al. 2897 (ALCB).

10. *Declieuxia aspalathoides* Müll.Arg., Flora 59: 437. 1876
Figura 4I-L

Arbusto a subarbusto ereto, 1-1,5 m alt., monoico; caule cilíndrico, sem lenticelas, pubéculo no ápice, entrenós 5-10 mm compr. Estípulas persistentes, 1-1,5 × 1 mm compr., inteiras, lineares, pubéculas. Folhas pseudoverticiladas devido aos braquiblastos, coriáceas, sésseis; lâmina 4-7 × 0,5-1 mm, linear, base cuneada, ápice agudo, margem plana; ambas as faces hispídas; nervuras secundárias inconspícuas em ambas as faces. Inflorescências cimas, terminais e axilares, 3-12 flores, sésseis; 1-2 brácteas foliáceas, lanceoladas, bractéolas inconspícuas. Flores monoclinas, heterostílicas, pedicelos 0,3-5 mm compr., piloso; cálice 4 lobos, desiguais, 0,2-1,3 mm compr., lineares, glabros; corola azul-claro, infundibuliforme, tubo 3-4 mm compr., externamente glabro, anel de tricomas próximo da fauce, 4-mera, lobos oblongos, 1,5-2 mm compr., glabros a pubéculos; estames inseridos abaixo da fauce; anteras 0,8-1,2 mm compr., oblongas a subelípticas; estigma bifido, flores brevistilas, porção livre dos filetes 1,1-1,5 mm compr.; estilete 1,8-2,6 mm compr., flores longistilas, porção livre dos filetes 0,5-0,8 mm compr.; estilete

5-5,3 mm compr. Frutos esquizocárpicos, dicoca, 1,5-2 × 2,5-2,8 mm, lateralmente compressos, deiscência lateral, negro na maturação, glabro; sementes, 0,8-1 × 0,4 mm, marrons, com estrias circulares.

Distribuição: Espécie endêmica do Brasil, ocorrendo nos estados da Bahia, Distrito Federal, Minas Gerais e Sergipe, nos domínios da Caatinga e Cerrado (Kirkbride Junior 1976). Segundo Harley et al. (2005), esta é uma das três espécies típica dos campos rupestres da Chapada Diamantina. É também registrada para os campos de restinga na Bahia e Sergipe.

Caracteriza-se por apresentar folhas lineares densamente congestas nos ramos, sendo difícil observar a sua filotaxia, e por apresentar o caule suberoso, densamente ramificado no ápice. Foi encontrada na vegetação de transição entre floresta de encosta e campo rupestre, sobre solos arenosos, entre 890-930 m de altitude. Floresce e frutifica na área, em janeiro, fevereiro, junho e agosto.

Material examinado: BRASIL. BAHIA: Pindobaçu, Serra da Fumaça 10° 40' 03" S e 40° 21' 30" W, 29/VII/2009, fl., fr., L.A. Sousa 319 (HUNEB); 26/VI/2011, fl., fr., L.A. Sousa 319 (HUNEB); 28/VI/2011, fl., fr., L.A. Sousa 320 (HUNEB); 29/VI/2011, fl., fr., L.A. Sousa 328 (HUNEB); 20/I/2012, fl., fr., L.A. Sousa 521 (HUNEB); 20/II/2012, fl., fr., L.A. Sousa 550 (HUNEB).

11. *Declieuxia fruticosa* (Willd. ex Roem. & Schult.) Kuntze, Revs. Gen. Pl. 1: 279. 1891.

Subarbusto, 0,7-0,8 m alt., monoico; caule cilíndrico, sem lenticelas, glabros, entrenós 20-50 mm compr. Estípulas persistentes, 2-3 × 2 mm, inteiras, lineares, glabras. Folhas opostas, cartáceas, sésseis; lâmina 10-35 × 4-15 mm, oblanceolada a oblongo-elíptica, base atenuada, ápice agudo-acuminado, margem plana, glabras; venação broquidódroma, nervuras secundárias proeminentes na face abaxial, 5-8 pares. Inflorescências cimas, terminais e axilares, multifloras, pedúnculo 2-4,2 mm compr., glabro a pubéculo; 2 brácteas estreito-elípticas, bractéolas inconspícuas. Flores monoclinas, heterostílicas, pedicelo 0,1-0,6 mm compr., glabro; cálice 4 lobos iguais, 0,6-1 mm compr., oblongos, glabros; corola azul, infundibuliforme, tubo 3,8-4,5 mm compr., externamente glabro, piloso da porção mediana até a fauce, 4-mera, lobos 0,8-1,2 mm compr., ovados a oblongos, glabros; estames inseridos na porção mediana do tubo; anteras 0,6-0,8 mm compr., oblongas; estigma bifido; flores brevistilas, porção livre dos filetes 2,5-5 mm compr.; estilete 1,0-2,8 mm compr., flores longistilas, porção livre dos filetes 0,1-0,2 mm compr.; estilete 4-4,8 mm compr. Fruto esquizocarpo, didinamo, 3,5-4 × 2,5-3 mm, lateralmente compressos, deiscência lateral, azul a negro, glabro; sementes 2-3 × 2-4 mm, marrons, planas, circulares, estrias circulares.

Distribuição: Está distribuída por toda a região neotropical (Kirkbride Junior 1976), sendo a espécie mais amplamente distribuída do gênero. No Brasil, ocorre em todas as regiões (Delprete 2010a).

Caracteriza-se por apresentar folhas oblanceoladas a oblongo-elípticas, venação marcada na face inferior, marrom-escuro após a secagem o que a difere de *Declieuxia aspalathoides* a segunda espécie ocorrente na área. Segundo Campos et al. (2006), apresenta grande variabilidade morfológica, principalmente quanto às folhas. Foi encontrada associada à floresta de encosta, sobre solo argiloso e em áreas sombreadas, com 600-720 m de altitude. Floresce e frutifica na área em junho e agosto.

Material examinado: BRASIL. BAHIA: Pindobaçu, Serra da Fumaça, 10° 40' 03" S e 40° 21' 30" W, 26/VI/2011, fl., fr., L.A. Sousa 338 (HUNEB); 26/VIII/2011, fr., L.A. Sousa 387 (UNEB); 10° 39' 54,8" S e 40° 20' 51" W, 14/IV/2006, fl., fr., V.J. Santos 529 (HUEFS).

Material adicional examinado: BRASIL. BAHIA: Catolés, encosta da Serra da Tromba, 14/IV/2000, fl., fr., E.B.M. Silva 455 (HUEFS, HRB); Serra da Trompa, 14/VI/2000, fl., fr., E.B. Miranda Silva et al. 455 (ALCB); Jacobina, Monte Tabor, Hotel Serra do

Ouro, 20/II/1993, fr., *A.M.V. Carvalho et al. 4198* (CEPEC); Lençóis, Coqueiros, 11/VI/1988, fl., *Cassia 82* (HBA). Pai Inácio, Cachoeira do Paiaí, 14/VI/1996, fl., *M.L. Guedes et al. 2897* (ALCB); Morro do Chapéu, 26/VIII/1980, fl., fr., *R. Orlandi 275* (HRB); Morro do Chapéu, Cachoeira do Ferro Doido, 21/II/2006, fl., *N. Roque 1321* (ALCB); Mucugê Unidade de Manejo Sustentável, 06/IV/1997, fl., H.P. Bautista & *S.L. Silva 314* (HRB); Saúde, Serra da Saúde, 03/IX/1981, fl., *L.M.C. Gonçalves 182* (HRB).

12. *Diodella apiculata* (Willd. ex Roem. & Schult.) Delprete, Fl. Ilustr. Catarin. 1: 169-174. 2004.

Erva ereta ou prostrada, 20-70 cm alt., monoica; caule cilíndrico a tetrágono no ápice, sem lenticelas, levemente pubescente, entrenós 8-20 mm compr. Estípulas fimbriadas, persistentes, bainha 2-3 × 2-3,2 mm compr., 5-7 setas, desiguais, 4-12 mm compr., pilosas. Folhas opostas, membranáceas, sésseis; lâmina 4-11 × 2-4 mm, ovada a linear-lanceolada, base atenuada, ápice apiculado, margem plana; face adaxial escabra, abaxial glabra a pubérulo-escabrosa; venação eucamptódroma, nervuras secundárias visíveis em ambas as faces, 2-4 pares. Inflorescências glomérulos, axilares, raramente terminais, 2-8 por ramo florífero, 2-4-flores; 2 brácteas, lineares, glabras, 2 bractéolas, glabras. Flores monoclinas, homostílicas, sésseis; cálice 4 lobado, lobos iguais, 1-2 mm compr., estreito triangulares, glabro a pubérulos; corola lilás, infundibuliforme; tubo 4-10 mm compr., externamente pubérulo, internamente com anel de tricomas próximo da base, 4-mera, lobos 1-3 mm compr., triangulares, pilosos no ápice; estames exsertos, presos na fauce, porção livre dos filetes 0,5-2 mm compr., anteras 0,5-1 mm compr., oblongas; estigma capitado, estilete 5-10 mm compr. Fruto esquizocarpo, 2,5-3 × 2-3,5 mm, obovoide ou turbinado, 3-5 costado, sulco longitudinal na face dorsal, mericarpos indeiscentes, marrons na maturação, pubérulo a hispido, face ventral com duas depressões; sementes 0,6-1,8 × 1,2-1,5 mm, plano-convexas, elípticas ou obovadas, face ventral com depressão em forma de "Y".

Distribuição: Está distribuída na Américas Central e do Sul, Malásia e Ásia (Schumann 1888). No Brasil, ocorre em todas as regiões (Bacigalupo & Cabral 2007b, Cabral & Salas 2012b).

Caracteriza-se por apresentar folhas com ápice apiculado e lobos do cálice de comprimento iguais. Diferencia de *Diodella teres* por apresentar folhas com nervuras secundárias visíveis em ambas as faces, corola maiores (4-10 mm compr.) e através dos mericarpos com 3-5 costelas na face dorsal. Apresentou populações abundantes na área, encontrada nos campos rupestres em solo arenoso, e em florestas mais abertas em solo argiloso, entre 468-890 m de altitude. Floresce e frutifica na área em quase todos os meses do ano.

Material examinado: BRASIL. BAHIA: Pindobaçu, Serra da Fumaça. 10° 39' 59" S e 40° 21' 59" W, 20/II/2012, fl., fr., *L.A. Sousa 537* (HUNEB); 17/III/2012, fl., fr., *L.A. Sousa 557* (HUNEB); 20/II/2012, fl., fr., *L.A. Sousa 559* (HUNEB), 10° 39' 54,6" S e 40° 22' 20" W, 20/IV/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 71* (HUNEB); 27/V/2009, fl., fr., *L.A. Sousa 101* (HUNEB); 27/V/2008, fl., fr., *L.A. Sousa 104* (HUNEB); 26/X/2008, fl., fr., *L.A. Sousa 149* (HUNEB); 18/VII/2009, fl., fr., *L.A. Sousa 298* (HUNEB); 28/VI/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 327* (HUNEB); 29/XI/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 340* (HUNEB); 27/VIII/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 413* (HUNEB); 29/IX/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 448* (HUNEB); 19/XI/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 472* (HUNEB); 19/XI/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 479* (HUNEB); 26/XII/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 500* (HUNEB); 29/IX/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 443* (HUNEB); 26/XII/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 2011* (HUNEB); 18/III/2012, fl., fr., *L.A. Sousa 578* (HUNEB); 19/V/2012, fl., fr., *L.A. Sousa 594* (HUNEB).

13. *Diodella radula* (Willd. ex Roem. & Schult.) Delprete, Fl. Ilustr. Catarin. Rubiaceas I: 174. 2004.

Erva ereta a decumbente, 40-60 cm alt., monoica; caule cilíndrico a tetrágono no ápice, sem lenticelas, hirsuto, entrenós 10-80 mm compr. Estípulas fimbriadas, persistentes, bainha 1,2-2 × 2,5-3,8 mm compr., pubescente, 7-10 setas, 1,4-3 mm compr., glabras. Folhas opostas, cartáceas, sésseis; lâmina 10-40 × 4-20 mm, largo-elíptica a oblongo-lanceolada, ápice agudo, base atenuada, margem plana; face adaxial escabrosa e abaxial hirsuta; venação eucamptódroma, nervuras secundárias conspícuas em ambas as faces, 3-4 pares. Inflorescências glomérulos, axilares, (3-)8-11 por ramo florífero, 2-4-flores; 2 brácteas foliáceas, lanceoladas, bractéolas inconspícuas. Flores monoclinas, homostílicas, sésseis; cálice 4 lobos desiguais, os maiores 2-3 mm compr., os menores 1,8-2,5 mm compr., estreito-triangulares, hirsutos; corola alva, infundibuliforme, tubo 4-5 mm compr., externamente piloso na porção superior, internamente com anel de tricomas na base do tubo, 4-mera, lobos 3,3-5 mm compr., triangulares, ciliados; estames exsertos, inseridos na fauce, porção livre dos filetes 0,8-1 mm compr., anteras 1,5-2 mm compr., longamente elíptica; estigma bilobado, estilete 6-8 mm compr. Fruto esquizocarpo, 2,5-3 × 2-3,8 mm, globoso, com sulco longitudinal, separando-se em dois mericarpos indeiscentes, 2-4 costelas, marrons na maturação, piloso apenas no ápice, face ventral lisa; sementes 1,2-2,6 × 0,8-2 mm, obovoides, castanhas, ápice fendido, sem sulcos na face ventral.

Distribuição: Distribui-se por toda a região neotropical (Andersson 1992, Delprete et al. 2004). No Brasil, ocorre em quase todas as regiões, exceto na Norte (Cabral & Salas 2012b).

Distingue-se das demais espécies do gênero encontradas na área, por apresentar folhas com venação impressa na face superior e proeminente na face inferior, estípulas com setas glabras, lobos do cálice com 3,3-5 mm compr. e fruto piloso apenas no ápice. Foi encontrada sobre solos argilosos e arenosos, associada a áreas abertas e no interior da floresta a 470-860 m de altitude. Floresce e frutifica na área, nos meses de junho e julho.

Material examinado: BRASIL. BAHIA: Pindobaçu, Serra da Fumaça. 10° 39' 48" S e 40° 20' 0,7" W, 26/VI/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 313* (HUNEB); 28/VII/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 318* (HUNEB); 23/VII/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 355* (HUNEB); 26/VIII/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 412* (HUNEB); 29/IX/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 433* (HUNEB); 15/XII/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 488* (HUNEB); 26/XIII/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 509* (HUNEB); 19/XI/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 479* (HUNEB); 20/II/2012, fl., fr., *L.A. Sousa 537* (HUNEB); 17/III/2012, fl., fr., *L.A. Sousa 557* (HUNEB); 19/III/2012, fl., fr., *L.A. Sousa 558* (HUNEB).

14. *Diodella teres* (Walter) Small, Fl. Lancaster Co. 271. 1913.

Erva decumbente, 20-40 cm alt., monoica; caule cilíndrico a tetragonal, sem lenticelas, pubérulo a piloso, entrenós 10-35 mm compr. Estípulas fimbriadas, persistentes, bainha 1-1,5 × 2,8-3,5 mm, pubérula, margem pilosa, 8-10 setas, 4-6 mm compr., pilosas. Folhas opostas, cartáceas, sésseis; lâmina 8-22 × 2-5 mm, lanceolada a oblongo-lanceolada, base atenuada, ápice agudo a acuminado, margem plana; ambas as faces estrigosas a tomentosas; venação eucamptódroma, nervuras secundárias inconspícuas em ambas as faces, 3-4 pares. Inflorescências fascículos, axilares, 2-4 flores; 2 brácteas foliáceas, bractéolas inconspícuas. Flores monoclinas, homostílicas, sésseis; cálice 1,5-2 mm compr., 4 lobos desiguais, os maiores 1,3-2 mm compr., os menores 1-1,5 mm compr., lanceolados, margem hirsuta; corola branca a lilás, infundibuliforme, tubo 3,5-4,8 mm compr., 4-mera, lobos 1,5-2 mm compr., triangulares, externamente pubérulos, internamente com anel de tricomas na porção inferior; estames exsertos presos na fauce, porção livre dos filetes 0,6-0,8 mm compr., anteras 0,5-0,8 mm compr., oblongas; estigma bilobado, estilete 3,5-4,5 mm compr. Fruto esquizocarpo, 4-4,5 × 3,5-4 mm, globoso a subovoide, com sulco longitudinal,

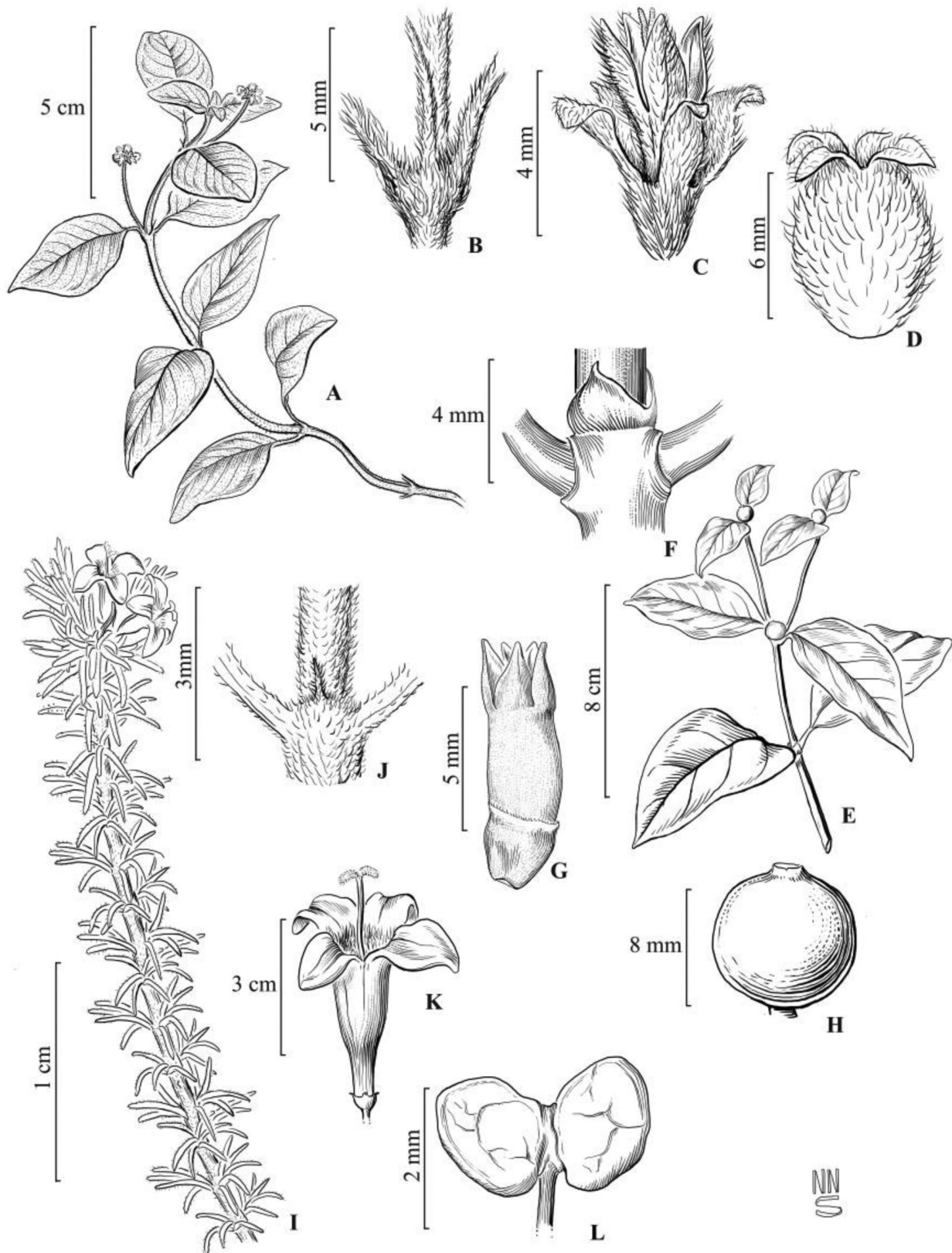


Figura 4. A-D. *Coccocypselum lanceolatum* - A. ramo florífero; B. estípula; C. flor e hipanto; D. fruto. E-H. *Cordiera elliptica* - E. ramo frutífero; F. estípula; G. flor masculina; H. fruto. I-L. *Declieuxia aspalathoides* - I. ramo florífero; J. estípula; K. flor; L. fruto. (A-D. L.A. Sousa 468; E-H. L.A. Sousa 452; I-L. L.A. Sousa 328).

Figure 4. A-D. *Coccocypselum lanceolatum* - A. flowering branch; B. stipule; C. flower and hypanthium; D. fruit. E-H. *Cordiera elliptica* - E. fruiting branch; F. stipule; G. male flower; H. fruit. I-L. *Declieuxia aspalathoides* - I. flowering branch; J. stipule; K. flower; L. fruit. (A-D. L.A. Sousa 468; E-H. L.A. Sousa 452; I-L. L.A. Sousa 328).

separando-se em dois mericarpos indeiscentes, 1(3) costelas, marrons na maturação, pubescentes, face ventral com duas depressões; sementes 2,5-3 × 1,5-2 mm, obovóides, plano-convexas, castanhas, sulco longitudinal na face ventral em forma de “Y”.

Distribuição: Distribuída na região neotropical, ocorrendo no Sudeste dos Estados Unidos, América Central e América do Sul (Cabral & Bacigalupo 2005, Campos et al. 2006). No Brasil, ocorre em todas as regiões (Cabral & Salas 2012b).

Caracteriza-se por apresentar folhas com nervuras secundárias inconspícuas e frutos com sulco longitudinal na face ventral. Diferencia-se de *Diodella apiculata* por apresentar cálice com lobos desiguais e face dorsal dos mericarpos 1-(3) costelas (vs 3-5). Foi encontrada associada à vegetação aberta, na Caatinga perturbada, sobre solo argiloso a 470 m de altitude. Floresce e frutifica na área em junho e julho.

Material examinado: BRASIL. BAHIA: Pindobaçu, Serra da Fumaça. 10° 39' 59" S e 40° 21' 59" W, 26/VI/2011, fr., L.A. Sousa 369 (HUNEB); 28/VII/2012, fl., fr., L.A. Sousa 599 (HUNEB).

15. *Emmeorrhiza umbellata* (Spreng.) K. Schum., Fl. Bras. 6(6): 408. 1889.

Liana, monoica; caule herbáceo, cilíndrico a tetragonal no ápice, sem lenticelas, glabros, entrenós 35-110 mm compr. Estípulas fimbriadas, persistentes, bainha 3-8 × 2-3 mm, glabra, 7 setas desiguais, menores nas extremidades, 1,5-7 mm compr., glabras. Folhas opostas, cartáceas, pecíolo 3-8 mm compr.; lâmina 30-95 × 15-40 mm, elíptica a largo-lanceolada, base cuneada, ápice acuminado, margem plana; ambas as faces glabras; venação eucamptódroma, nervuras secundárias proeminentes a plicadas, visíveis em ambas as faces, 4-5 pares. Inflorescências umbeliformes, terminais, multifloras, sésseis a pedunculadas 0,5-1,5 mm compr., 2 brácteas foliáceas, lanceoladas, 2 bractéolas, lanceoladas. Flores monoclinas, homostílicas, cálice 4 lobos iguais, 1-1,2 mm compr., ovado-trianguulares, hirsutos; corola alva, infundibuliformes, tubo 2-2,5 mm compr., externamente hirsuto, anel de tricomas na inserção dos filetes, 4-mera, lobos 1-1,5 mm compr., ovados, pubérulos; estames exsertos inseridos na fauce da corola, porção livre dos filetes 0,3-7 mm compr., anteras 0,5-0,8 mm compr., oblongas; estigma bifido, estilete 1,8-2,2 mm compr. Fruto cápsula septicida, 2-3 × 1-1,5 mm, obovoide, castanho na maturação, glabro; sementes 2-3 mm comp., elipsoides, testa rugosa.

Distribuição: Ocorre exclusivamente na América do Sul, na ilha de Trinidad, Colômbia, Venezuela, Guianas, Peru, Bolívia, Brasil e Paraguai (Bacigalupo & Cabral 2007c). No Brasil, ocorre em todas as regiões (Delprete 2010a, Cabral & Salas 2012c).

Caracteriza-se por apresentar hábito trepador com caule volúvel, folhas com nervuras secundárias proeminentes em ambas as faces a plicadas e através das inflorescências umbeliformes. Foi encontrada nas bordas e no interior de áreas florestadas, em solos argilosos com serapilheira, a 890 m de altitude. Foi encontrada na área com flores apenas no mês de junho.

Material examinado: BRASIL. BAHIA: Pindobaçu, Serra da Fumaça. 10° 39' 54,6" S e 40° 22' 20" W, 29/VII/2011, fl., L.A. Sousa 330 (HUNEB).

Material adicional examinado: BRASIL. BAHIA: Jacobina, Serra do Tombador, 14/X/2001, fl., H.P. Bautista 981 (CEPEC); Lençóis, Rio Lençóis, 09/I/1992, fl., L.S. Funch et al. 44 (ALCB); Morro do Chapéu, 26/VIII/1980, fl., H.P. Bautista 378 (HRB); Ventura, 27/VIII/1981, fl., J.D.C.A. Ferreira 38 (HRB); 26/VIII/1980, fl., E.B.M. Silva 455 (HUEFS, HRB); Rio de Contas, Pico das Almas. 13° 32' S e 41° 53' W, 06/XI/1988, fr., R.M. Harley et al. 25957 (CEPEC); Rio Brumado, 13 km da cidade; 13° 28' S e 41° 52' W, 27/X/1988, fr., R.M. Harley et al. 25701 (CEPEC).

16. *Genipa americana* L., Syst. Nat. 2: 931. 1759.

Árvore, 5-7 m alt., dioica ou monoica; caule cilíndrico, sem lenticelas, glabro, entrenós 20-30 mm compr. Estípulas decíduas, 15-20 × 6-8 mm, inteiras, triangulares, ápice acuminado, glabras. Folhas opostas, congestas no ápice, pecíolo 10-15 mm, pubescente; lâmina 220-250 × 85-120 mm, oblanceolada a lanceolada, ápice obtuso, base atenuada, margem plana; glabras a pubescentes em ambas as faces, venação broquidódroma, nervuras secundárias proeminentes na face abaxial, 10-15 pares. Inflorescências cimeiras, terminais ou axilares, (1-)3-8-flores, pedúnculo 5-15 mm compr.; 2 brácteas ovadas a lanceoladas, bractéolas inconspícuas. Flores monoclinas ou raramente diclinas, homostílicas, pediceladas, cálice truncado, tubo 7-8 mm compr., 5-6 lobos inconspícuos; corola hipocrateriforme, branca ou amarela; tubo 10-40 mm compr., externamente pubescente, anel de tricomas próximo da fauce, 5-6-mera, lobos 20-60 mm compr.; elípticos, seríceos; estames inseridos na fauce; sésseis; anteras 5-18 mm compr., lanceoladas; estigma espatulado, bifido, estilete 25-30 mm compr. Fruto baga, 60-100 × 40-80 mm, subglobosa, cálice persistente, marrom acinzentada, pilosa; sementes 8-10 × 6-5 mm compr., arredondadas, comprimidas lateralmente, lisas.

Distribuição: Está distribuída na Flórida, México, América Central e América do Sul (Dwyer 1980). No Brasil, ocorre em quase todo o território nacional, tanto natural como cultivada (Andersson 1992).

Genipa americana é marcadamente distinta das demais espécies presentes na área e se caracteriza por apresentar as folhas concentradas no ápice, frutos marrom-acinzentados e mais desenvolvidos (60-100 × 40-80 mm diâm.) em relação às demais espécies. Foi encontrado apenas alguns indivíduos nas margens do rio Fumaça em áreas florestadas a 480 m de altitude, sobre solo argiloso. Frutifica na área nos meses de março e junho.

Material examinado: BRASIL. BAHIA: Pindobaçu, Serra da Fumaça. 10° 39' 59" S e 40° 21' 59" W, 18/IV/2012, fr., L.A. Sousa 585 (HUNEB); 20/V/2012, fr., L.A. Sousa 590 (HUNEB).

Material adicional examinado: BRASIL. BAHIA: Andaraí, rio Paraguaçu, 20/IV/2001, fr., D.M. Loureiro 46 (ALCB); Entre Rios, 10/I/2011, fl., M.B.B. Alves & P.B. Alves 14 (ALCB); Miguel Calmon, parque das Sete Passagens, 23/XII/2006, fr., M.L. Guedes 13206 (ALCB); Senhor do Bonfim, Povoado de Estiva, Serra de Santana, 13/VI/2005, fl., D. Cardoso et al. 719 (HUEFS).

17. *Guettarda sericea* Müll. Arg., Flora 58: 450. 1875.

Figura 5A-C

Arbusto, 1,8-2,2 m alt., ramos apoiantes, monoica; caule cilíndrico, geralmente espinescente, lenticelados, glabros a pubérulos no ápice, entrenós 50-120 mm compr. Estípulas persistentes apenas no ápice, 2,8-6 × 0,8-4,5 mm, inteiras, triangulares, ápice agudo, densamente adpresso-pubescente. Folhas opostas, cartáceas, pecíolo 0,5-12 mm compr., tomentoso; lâmina 15-80 × 8-45 mm, largo-elíptica, ovada a oblanceolada, base aguda a obtusa, ápice agudo, margem plana; face adaxial pilosa, abaxial velutina; venação broquidódroma, nervuras secundárias proeminentes na face abaxial, 6-8 pares. Inflorescências escorpioides, axilar ou terminal, 8-12-flores, pedúnculo 10-20 mm compr., adpresso-pubescente ou esparso a denso-hirsuto; 2 brácteas foliáceas, lanceoladas, bractéolas lanceoladas, pubescentes. Flores monoclinas, heterostílicas, sésseis; cálice truncado sublobado, tubo 2-3,5 mm compr., adpresso-pubescente; corola rosa, hipocrateriforme, tubo cilíndrico 10-11 mm compr., externamente sericeo, internamente glabro, 6-mera, lobos 4-8 mm compr., triangulares, oblongos, ápice arredondado, pilosos; estames inseridos próximos da fauce, sésseis; anteras 2-2,2 mm compr., estreito-oblongas; estigma globoso, flores brevístilas, porção livre dos filetes 0,5-0,7 mm compr.; estiletos 7-9 mm compr., flores longístilas, porção livre dos filetes 2-2,5 mm compr.; estiletos 14-16 mm compr. Fruto drupa, 11-15 × 7-11 mm,

globosa a oblonga-elipsoide, vermelha a negra na maturação, 3-4 pirenos, rugosa, lenhosa; sementes $1,2 \times 1$ mm, cilíndricas.

Distribuição: Espécie endêmica do Brasil. Ocorre apenas na região Nordeste nos estados da Bahia ao Ceará, exceto em Sergipe, no domínio da Caatinga (Barbosa 2012a).

Caracteriza-se por apresentar caule geralmente apoiante, nigrescente, geralmente lenticelados e com ramos curtos espinhosos, e frutos elipsoides, negros após a maturação. Foi encontrada associada à vegetação aberta de Caatinga perturbada, sobre solo argiloso a 480 m de altitude. Floresce na área em julho, agosto, novembro, dezembro e frutifica em janeiro e fevereiro.

Material examinado: BRASIL. BAHIA: Pindobaçu, Serra da Fumaça. $10^{\circ} 39' 53,6''$ S e $40^{\circ} 22' 20''$ W, 26/VII/2011, fl., *L.A. Sousa 31* (HUNEB); 29/VIII/2011, fl., *L.A. Sousa 431* (HUNEB); 26/VIII/2011, fl., *L.A. Sousa 371* (HUNEB); 19/XI/2011, fl., *L.A. Sousa 480* (HUNEB); 26/XII/2011, fl., *L.A. Sousa 510* (HUNEB); 20/I/2012, fr., *L.A. Sousa 514* (HUNEB); 20/II/2012, fr., *L.A. Sousa 552* (HUNEB).

18. *Malanea macrophylla* Bartl. ex Griseb., Fl. Brit. W. Ind. 337. 1861.

Figura 5D-F

Liana, 1-2,5 m alt., monoico; caule lenhoso, cilíndrico, lenticelado, glabro a hirsuto, entrenós 60-130 mm compr. Estípulas decíduas, $7-15 \times 5-10$ mm, inteiras, ovadas, ápice arredondado, glabras. Folhas opostas, cartáceas, pecíolos $0,7-1,5$ mm compr., glabros a esparso pubéculos; lâmina $40-135 \times 20-65$ mm, ovada, oblongo-ovada, largo-elíptica, base aguda a obtusa, ápice agudo a obtuso, margem plana; face adaxial glabra a hirsuta em ambas as faces; venação, broquidódroma, nervuras secundárias proeminentes em ambas as faces, 6-8 pares. Inflorescência panícula, axilar, multifloras, pedúnculo $5-15$ mm compr., pubérulo; 2 brácteas ovado-trianguulares, bractéolas inconspícuas. Flores monoclinas, homostílicas, sésseis; cálice 5 lobos diferentes $0,5-0,8$ mm compr., triangulares, tubo pubescente; corola branco-amarelada, infundibuliforme, tubo $2-4$ mm compr., externamente seríceo, anel de tricomas próximos da fauce, 4-5-mera, lobos $1,5-2$ mm compr., triangulares, densamente piloso na face interna; estames inseridos próximos da fauce, porção livre dos filetes $0,2-0,4$ mm compr.; anteras $0,8-1$ mm compr., elípticas; estigma bifido, estilete $2-3$ mm compr., incluso. Fruto drupa, $8-11 \times 3$ mm, oblongo-elipsoide, atropurpúreo na maturação, glabro; sementes $2,3-4 \times 1-2$ mm, elipsoides, com sulco longitudinal.

Distribuição: Amplamente distribuída, desde a América Central até a Venezuela, Suriname, Guiana Francesa, Colômbia, Bolívia e Brasil (Taylor et al. 2004). No Brasil, ocorre em todas as regiões, nos domínios da Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica (Barbosa 2012b).

Caracteriza-se por apresentar hábito trepador, geralmente com raízes adventícias, frutos drupas oblongo-elipsoides, atropurpúreos na maturação. Foi encontrada associada à floresta de encosta em bom estado de conservação, sobre solo argiloso, entre 640-700 m de altitude. Frutifica na área em novembro, dezembro e março.

Material examinado: BRASIL. BAHIA: Pindobaçu, Serra da Fumaça, $10^{\circ} 40' 03''$ S e $40^{\circ} 21' 30''$ W, 19/XII/2011, fr., *L.A. Sousa 481* (HUNEB); 26/XII/2011, fr., *L.A. Sousa 497* (HUNEB); 26/XII/2011, fr., *L.A. Sousa 505* (HUNEB); 17/III/2011, fr., *L.A. Sousa 564* (HUNEB).

Material adicional examinado: BRASIL. BAHIA: Lençóis, Morro do Pai Inácio, 04/II/1995, fl., fr., A.M.Giulietti 1531 (ALCB, HRB); 12/III/1997, fl., fr., P. Gasson 6193 (ALCB, HRB); Serra da Chapadinha, ao logo do Córrego, 06/II/1995, fl., fr., A.M.Giulietti & L.Funch 1614 (CEPEC, HUEFS, ALCB).

19. *Manettia cordifolia* Mart., Denkschr. Königl. Akad. Wiss. München 9: 95, t. 7. 1824.

Liana, monoica; caule herbáceo, cilíndrico, sem lenticelas, glabro a pubérulo no ápice, entrenós 13-18 cm compr. Estípulas persistentes, $1,5-3 \times 2-3$ mm compr., inteiras, triangulares, ápice agudo a curtamente acuminado, glabras a pubescentes na margem. Folhas opostas, cartáceas, pecíolos $0,5-1$ mm compr., tomentosos; lâmina $15-100 \times 6-40$ mm, oval-lanceolada a oblonga, base atenuada a acuminada, ápice agudo a acuminado, margem plana; face adaxial glabra a pubérula, face abaxial glabra; venação eucamptódroma, nervuras secundárias proeminentes na face abaxial, 3-5 pares. Inflorescências cimeiras, axilares, 1-flores, pedúnculos $6-40$ mm compr., glabros; 2 brácteas foliáceas, lanceoladas, velutinas, bractéolas inconspícuas. Flores monoclinas, homostílicas, pedicelo $8-35$ mm compr., glabro a pubescente; cálice 4 lobos, $2-5$ mm compr., estreito-trianguulares a subulados, pubescentes; corola vermelha, tubulosa-claviforme, tubo $20-38$ mm compr., externamente glabro, internamente com um anel de tricomas próximo da base, 4-mera, lobos $2-4$ mm compr., ovado-trianguulares, pubéculos; estames exsertos, inseridos na fauce da corola, porção livre dos filetes $1,5-2,0$ mm compr., anteras oblongas, $0,6-0,8$ mm compr.; estigma bifido, estilete $20-38$ mm compr. Fruto cápsula, $10-16 \times 6-10$ mm, oblonga, deiscência longitudinal, marrom na maturação, glabra; sementes oblongas, $2,8-3$ mm compr., castanhas, aladas.

Distribuição: Distribuí-se no México, América Central, Colômbia, Bolívia, Brasil e Norte da Argentina (Delprete & Cortés-B 2006). No Brasil, ocorre em todas as regiões (Pessoa & Macias 2012).

Caracteriza-se pelo conjunto de caracteres como hábito trepador com caule volúvel, inflorescências unifloras com brácteas foliáceas geralmente cordiforme, e pela corola vermelha. Foi encontrada associada a bordas da floresta de galeria, sobre solo argiloso a 470 m altitude. Floresce na área em julho, agosto e frutifica em agosto.

Material examinado: BRASIL. BAHIA: Pindobaçu, Serra da Fumaça. $10^{\circ} 39' 59''$ S e $40^{\circ} 21' 59''$ W, 28/VI/2011, fl., *L.A. Sousa 339* (HUNEB); 28/VIII/2011, fl., *L.A. Sousa 357* (HUNEB); $10^{\circ} 39' 53,6''$ S e $40^{\circ} 22' 20''$ W, 26/VII/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 373* (HUNEB); $10^{\circ} 40' 01,6''$ S e $40^{\circ} 21' 21''$ W, 28/VII/2012, fl., fr. *L.A. Sousa 613* (HUNEB).

20. *Mitracarpus baturitensis* Sucre, Rodriguésia 26(38): 255. 1971.

Erva ereta, 35-40 cm alt., monoica; caule cilíndrico a tetragonal, sem lenticelas, piloso, ou densamente hispido, entrenós 30-60 mm compr. Estípulas fimbriadas, persistentes, bainha estipular $1,2-1,8 \times 2-3$ mm, ciliadas, 4-7 setas, 1-3 mm compr., densamente ciliadas. Folhas opostas, herbáceas, sésseis; lâminas $15-30 \times 5-8$ mm, estreito-elíptica, ápice agudo, base aguda, margem plana; face adaxial escabra, abaxial glabra, pubescente na nervura principal; venação eucamptódroma, nervuras secundárias inconspícuas em ambas as faces, 2-3 pares. Inflorescências, glomérulos axilares e terminais, 1-2 por ramo florífero, multifloros; 2-4 brácteas foliáceas, bractéolas inconspícuas. Flores monoclinas, homostílicas, pedicelos $0,5-0,8$ mm compr., pilosos; cálice 4-lobos, desiguais, dois maiores, $1,5-2$ mm compr., dois menores, $0,8-1$ mm compr., lanceolados, densamente ciliados; corola branca, hipocrateriforme, tubo $1,2-1,5$ mm compr., externamente glabro, anel de tricomas moniliformes na metade interna; lobos $0,8-1$ mm compr., ovados, ciliados na face externa; estames inseridos na fauce, sésseis a subsésseis, porção livre do filete $0,3-0,7$ mm compr., anteras $0,6 \times 0,8$ mm compr., oblongas; estigma bifido, $1,8-2$ mm compr., exserto. Fruto cápsula $1-1,5 \times 0,8-1,2$ mm compr., globosa, com deiscência transversal, marrom na maturação, pilosa no ápice; sementes $0,6-0,8 \times 0,5-0,7$ mm, globosas, castanhas, face dorsal com depressão cruciforme impressa, exotesta fovéolo-reticulada, face ventral com encaixe em forma de "X".

Distribuição: Espécie endêmica do Brasil ocorrendo apenas nas regiões Nordeste (BA, CE, PB, PE e PI) e Centro-Oeste (GO, MT),

nos domínios da Caatinga e do Cerrado (Souza et al. 2010, Souza 2012).

Caracteriza-se por apresentar folhas opostas cruzadas, sem braquiblastos e através do tubo da corola externamente glabro. Diferencia-se de *Mitracarpus frigidus* por apresentar o caule cilíndrico, sem alas vs caule tetragonal, alado, e de *M. salzmannianus* devido às flores menores (tubo 1,2-1,5 mm vs 3,5-4,8 mm compr.), e por apresentar sementes com depressão cruciforme ventral em forma “X” (vs “Y”). Foi encontrada em áreas de campo rupestre sobre afloramento rochoso, a 703 m de altitude. Floresce e frutifica na área no mês de agosto.

Material examinado: BRASIL. BAHIA: Pindobaçu, Serra da Fumaça. 10° 39' 59" S e 40° 21' 53" W, 26/VIII/2011, fl., fr., L.A. Sousa 390 (HUNEB).

Material adicional examinado: BRASIL. BAHIA: Jacobina, Serra do Tombador, 28/X/1995, fl., A.M.A. Amorim et al. 1798 (CEPEC); 02/VII/1996, fl., A.M. Giuliatti et al. 3316 (ALCB); Morro do Chapéu, subida da Serra para Morro do Chapéu, 25/VIII/1981, fl., R. Orlandi 444 (HRB); Mucugê, estrada para Abaira, 14/VI/2010, fl., M.L. Guedes et al. 171781 (ALCB); Lençóis, Pai Inácio, 04/VII/1994, fl., M.C. Ferreira 16 (HRB); Juazeiro, 08/II/1970, fl., A.L. Costa (ALCB). Rio de Contas, Pico das Almas, estrada para torre de repetição, 29/VII/1994, fl., A. Pereira et al. 246 (HRB); Senhor do Bonfim, Carrapichel, 29/V/2005, fl., P.D. Carvalho et al. 200 (HUEFS).

21. *Mitracarpus frigidus* (Willd. ex Roem. & Schult.) K. Schum., Fl. Bras. 6(6): 81. 1888

Figura 5G-J

Erva ou subarbusto, 40-60 cm alt.; caule fortemente tetragono, alado, sem lenticelas, glabro ou pubérulos, entrenós 40-110 mm compr. Estípulas fimbriadas, persistentes, bainha estipular, 1,2-2,2 × 1,8-2 mm compr., pubérula, 5-7 setas, 2-5 mm compr., glabras. Folhas pseudoverciculadas devido aos braquiblastos, cartáceas, sésseis; lâmina 7-60 × 2-12 mm, longo-elíptica, oblanceolada a oblonga, base atenuada ou cuneada, ápice agudo, margem plana; ambas as faces escabras a estrigosas; venação eucamptódroma, nervuras proeminentes em ambas as faces, 3-4 pares. Inflorescências glomérulos terminais e axilares, 1-3 por ramo florífero, multifloras; 2-4 brácteas foliáceas, bractéolas inconspícuas. Flores monoclinas, homostílicas, sésseis; cálice 4 lobos desiguais, dois maiores, 3,5-4 mm compr., dois menores, 1,2-1,5 mm compr., linear-lanceolados, margens hirsutas; corola alva, hipocrateriforme, tubo 3-3,5 mm compr., externamente pubérulo-papilosa, internamente com anel de tricomas próximo da base; 4-mera, lobos 1,1-1,5 mm compr., ovados, pubérulos; estames subinclusos, inseridos na fauce da corola, porção livre dos filetes 0,3-0,6 mm compr.; anteras lineares 1-1,1 mm compr.; estigma bifido, estilete 3,5-4 mm compr. Fruto cápsula 1,8-2 × 1-1,5 mm, obcônica, com deiscência transversal, marrom na maturação, glabra ou pubérula no ápice; sementes 1-1,2 × 0,6-0,8 mm, globosas, castanhas, face dorsal com depressão cruciforme profundamente impressa, exotesta foveolo-reticulada, face ventral com encaixe em forma de “X”.

Distribuição: Distribui-se na Colômbia, Venezuela, Guiana Francesa e Brasil. No Brasil, ocorre em todas as regiões, exceto no Centro-Oeste (Delprete et al. 2004, Souza et al. 2010).

Diferencia-se das demais, por apresentar caule alado e sementes com depressão cruciforme dorsal profundamente impressa. Foi encontrada em áreas de Caatinga perturbada, aberta, sobre solo argiloso na base da serra a 450m. Floresce e frutifica na área no mês de outubro.

Material examinado: BRASIL. BAHIA: Pindobaçu, Serra da Fumaça. 10° 39' 56,7" S e 40° 20' 54,6" W, 18/XI/2011, fl., fr. L.A. Sousa 460 (HUNEB).

22. *Mitracarpus salzmannianus* DC., Prodr. 4: 571. 1830.

Erva ou subarbusto ereto ascendente ou decumbente, 20-50 cm alt., monoica; caule tetragonal, sem lenticelas, escabro ou hispido, entrenós 18-150 mm compr. Estípulas fimbriadas, persistentes, bainha 1,5-3,8 × 1,5-4 mm, pubescente, 4-8 setas, 1-6 mm compr., glabras. Folhas pseudoverciculadas devido aos braquiblastos nas axilas, cartáceas, sésseis; lâmina (4)17-45 × (2)4-10 mm, elíptica, estreito-elíptica a lanceolada, base atenuada, ápice agudo-mucronado, margem plana; ambas as faces escabras ou densamente estrigosa; venação eucamptódroma, nervuras secundárias proeminentes na face abaxial, ou as vezes inconspícuas, 2-3(5) pares. Inflorescências em glomérulos, terminais e axilares, 2-4(5) por ramo florífero, multifloros; 2-4 brácteas foliáceas, bractéolas inconspícuas. Flores monoclinas, homostílicas; pedicelos 0,4-1 mm compr., glabras; cálice 4 lobos desiguais, dois maiores, 2,8-3,2 mm compr., dois menores, 1,2-2 mm compr., lanceolados, margem hirsuta; corola alva, hipocrateriforme, tubo 3,5-4,8 mm compr., externamente piloso na metade superior, anel de tricomas na porção mediana do tubo, 4-mera, lobos 1-1,2 mm compr., triangulares, pilosos externamente; estames subinclusos, inseridos na fauce, porção livre dos filetes 0,4 mm compr., anteras 0,6-0,8 mm compr., oblongas; estigma bifido, estilete 4,5-6 mm compr. Fruto cápsula 1,8-3 × 3 mm compr., ovoide, com deiscência transversal, marrom-escuro na maturação, glabra; sementes 0,7-1,1 × 0,4-0,6 mm, oblongas, castanhas, face dorsal sem depressão, exotesta foveolo-reticulada, face ventral com encaixe em forma de “Y invertido”

Distribuição: Espécie amplamente distribuída, ocorrendo nas Guianas, Suriname e Brasil. No Brasil, ocorre nas regiões Norte (PA), Centro-Oeste (GO), Sudeste (ES, MG e RJ), e em todo o Nordeste (Souza et al. 2010), nos domínios da Amazônia, Caatinga e Cerrado (Souza 2012).

Diferencia-se das demais espécies do gênero principalmente pelas características reprodutivas, como corola externamente pilosa na metade superior, semente com face dorsal sem depressão e face ventral com encaixe em forma de “Y invertido”. Segundo Souza et al. (2010) esta espécie apresenta ampla variação morfológica, principalmente quanto aos caracteres vegetativos. Foi encontrada em diferentes fitofisionomias associada à vegetação aberta, em solos arenosos e argilosos, entre 450-890 m de altitude. Floresce e frutifica na área de estudo em quase todos os meses do ano, porém não foi observada nos meses secos.

Material examinado: BRASIL. BAHIA: Pindobaçu, Serra da Fumaça. 10° 39' 53,6" S e 40° 20' 47" W, 26/VII/2011, fl., fr., L.A. Sousa 359 (HUNEB); 23/VI/2011, fl., fr., L.A. Sousa 384 (HUNEB); 26/VII/2011, fl., fr., L.A. Sousa 397 (HUNEB); 29/IX/2011, fl., fr., L.A. Sousa 426 (HUNEB); 26/VII/2011, fl., fr., L.A. Sousa 435 (HUNEB); 10° 39' 53,6" S e 40° 22' 20" W, 29/XII/2009, fl., fr., L.A. Sousa 144 (HUNEB); 26/VII/2011, fl., fr., L.A. Sousa 415 (HUNEB); 26/VIII/2011, fl., fr., L.A. Sousa 417 (HUNEB); 29/IX/2011, fl., fr., L.A. Sousa 474 (HUNEB); 19/XI/2011, fl., fr., L.A. Sousa 474 (HUNEB); 19/XI/2011, fl., fr., L.A. Sousa 475 (HUNEB); 19/XI/2011, fl., fr., L.A. Sousa 485 (HUNEB); 29/IX/2011, fl., fr., L.A. Sousa 445 (HUNEB); 26/XII/2011, fl., fr., L.A. Sousa 499, (HUNEB).

23. *Palicourea guianensis* Aubl., Hist. Pl. Guiane 1: 173, t. 66. 1775.

Figura 6A-D

Arbusto, 1,8-2,5 m alt., monoico; caule cilíndrico, sem lenticelas, glabro, entrenós 10-60 mm compr. Estípulas persistentes, inteiras, 3-5 × 2-4 mm compr., bifidas, concrecidas na base, lobos triangulares, ápices obtusos ou agudos, glabras. Folhas opostas, cruzadas, cartáceas a papiráceas, pecíolos 10-30 mm compr.; lâmina (65)120-180 × (25)40-80 mm, ovada-elíptica, lanceolada, oblanceolada, base aguda ou subobtusada, ápice agudo a acuminado,

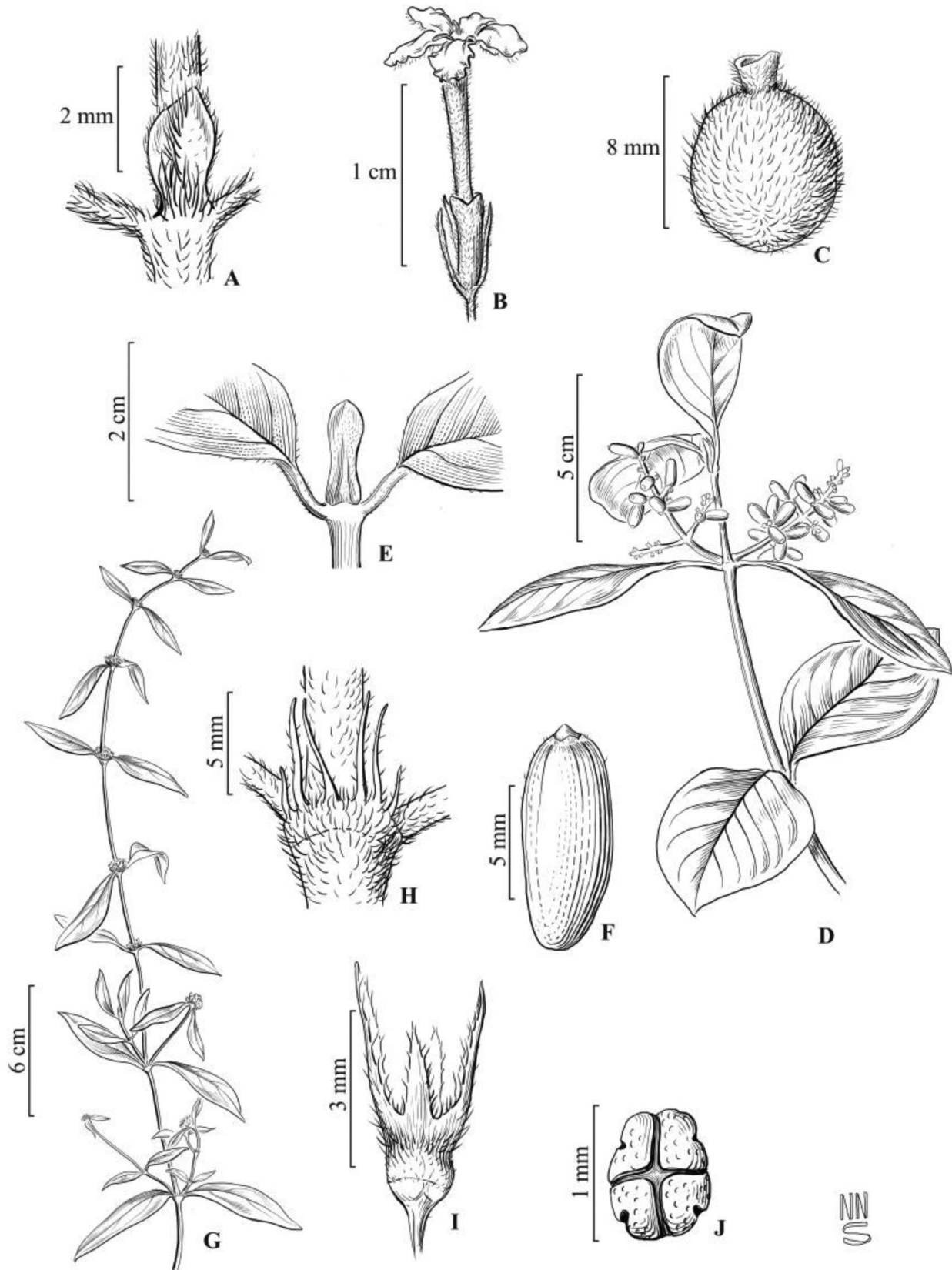


Figura 5. A-C. *Guettarda sericea* - A. estípula; B. flor, hipanto e bractéolas; C. fruto. D-F. *Malanea macrophylla* - D. ramo frutífero; E. estípula do ápice; F. fruto. G-J. *Mitracarpus frigidus* - G. ramo florífero; H. estípula; I. fruto; J. semente, face dorsal. (A-C. L.A. Sousa 549; D-F. L.A. Sousa 450; G-J. L.A. Sousa 373).

Figure 5. A-C. *Guettarda sericea* - A. stipule; B. flower hypanthium and bracteoles; C. fruit. D-F. *Malanea macrophylla* - D. fruitful branch; E. stipule apex; F. fruit. G-J. *Mitracarpus frigidus* - G. flowering branch; H. stipule; I. fruit; J. dorsal surface of seed. (A-C. L.A. Sousa 549; D-F. L.A. Sousa 450; G-J. L.A. Sousa 373).

margem plana; ambas as faces glabras; venação broquidódroma, nervuras secundárias visíveis na face adaxial, plicado nervosa, proeminentes na face abaxial, 10-15 pares. Inflorescências paniculas, terminais, multifloras, pedúnculo 40-90 mm compr. pedúnculo 30-60 mm compr. delgado, amarelo 1 bráctea, linear, bractéolas inconspícuas. Flores monoclinas, heterostílicas, pedicelo 2-5 mm compr., glabro ou pubérulo; cálice truncado, 5 lobos iguais, 0,1-0,4 mm compr., ovados a triangulares, glabros; corola amarela, tubular, base gibosa, tubo 8-12 mm compr., externamente glabro, internamente pubescente, anel de tricomas na porção inferior, 5-6-mera, lobos 2-3,5 mm compr., triangulares ou ovado-oblongos., pubérulos; anteras 3-4 mm compr., oblongas; estigma bifido; flores brevístilas, estames inseridos na porção mediana do tubo, porção livre dos filetes 3,5-4 mm compr.; estiletos 10-12 mm compr., flores longístilas, estames inseridos na fauce da corola, porção livre dos filetes 3-3,5 mm compr.; estiletos 14-16 mm compr. Fruto drupa 4-5,5 × 3-4, ovoide, azul-escuro a atropurpúreo na maturação, glabro, 3-5 costadas; sementes não observadas.

Distribuição: Ocorre no México, Caribe, Brasil e Bolívia (Taylor et al. 2007). No Brasil, não há registros apenas nas regiões Sudeste e Sul (Zappi & Taylor 2012).

Palicourea guianensis pode ser facilmente reconhecida na área pelo porte robusto com folhas amplas [(65-)120-180], e através da inflorescência laxa, paniculada com flores amarelas, vistosas. Foi encontrada em floresta estacional com vegetação úmida e sombreada, sobre solo argiloso, entre 780-890 m de altitude. Floresce na área em setembro, outubro, novembro, dezembro e frutifica em março.

Material examinado: BRASIL. BAHIA: Pindobaçu, Serra da Fumaça. 10° 40' 02" S e 40° 21' 43" W, 18/XI/2011, fl., *L.A. Sousa 458* (HUNEB); 29/IX/2011, fl., *L.A. Sousa 425* (HUNEB); 20/I/2012, fr., *L.A. Sousa 522* (HUNEB); 10° 39' 49" S e 40° 22' 21" W, 18/XI/2009, fl., *L.A. Sousa 175* (HUNEB); 29/VI/2011, fl., fr. *L.A. Sousa 325* (HUNEB); 18/XI/2011, fl., *L.A. Sousa 459* (HUNEB); 18/XI/2011 fl., *L.A. Sousa 470* (HUNEB).

24. *Palicourea marcgravii* A.St.-Hil., Pl. Rem. Bres. 22: 231. 1824.

Arbusto ereto, 0,8-2 m alt., monoico; caule cilíndrico, sem lenticelas, pubescente na base, pubérulo a hispido no ápice, entrenós 50-150 mm compr. Estípulas persistentes, 2,5-4 × 3-4 mm compr., bifidas, concrecidas na base, lanceoladas, pubérulas. Folhas opostas, pecíolo de 3-5 mm compr., glabro a hirsuto; lâmina 60-130 × 25-55 mm, ovada, oblongo-ovada a elíptica, base aguda a decurrente, ápice agudo a longo-acuminado, margem plana; ambas as faces pubescentes a hirsutas, levemente estrigosa nas nervuras; venação broquidódroma, nervuras proeminentes em ambas as faces, 9-12 pares. Inflorescências paniculas, terminais, multifloras, pedúnculo 25-70 mm compr., delgado, vermelho, glabro a hispido; 2 brácteas foliáceas, linear-lanceoladas, bractéolas inconspícuas. Flores monoclinas, heterostílicas, pedicelo 5 mm compr.; cálice 5 lobos iguais, 1-2 mm compr., estreito-triangulares, tomentoso; corola laranja a rósea, tubular, base gibosa; tubo 12-20 mm compr., externamente pubescente, anel de tricomas próximo da base, 5-mera, lobos 1,8-2,5 mm compr., estreito-triangulares, externamente pubescentes; anteras 1-1,2 mm compr., lanceoladas; estigma bifido; flores brevístilas, estames inseridos na porção mediana do tubo, porção livre dos filetes, 3,8-4,5 mm compr.; estiletos 10-12 mm compr., flores longístilas, estames inseridos na fauce, porção livre dos filetes 2-2,8 mm compr.; estiletos 16-20 mm compr. Fruto drupa 3,5-5,5 × 3,5-6 mm, ovoide, vináceo na maturação, glabra a levemente pilosa, 3 costadas; semente 2, 5-3 × 1,8 mm, plano-convexas, castanhas, superfície ventral sulcada longitudinalmente, superfície dorsal lisa.

Distribuição: É amplamente distribuída no Brasil, ocorrendo na bacia Amazônica, no Nordeste, Centro-Oeste até o Sul tendo como limite o estado de São Paulo (Delprete 2010b).

Caracteriza-se por apresentar inflorescências com raque vermelho e corola laranja ou lilás, com lobos róseos. Foi encontrada apenas na base da serra, associada à floresta de galeria e floresta de encosta, entre 400-700 m altitude, sempre em locais sombreados. Floresce e frutifica na área em quase todos os meses do ano.

Material examinado: BRASIL. BAHIA: Pindobaçu, trilha para Serra. 10° 40' 03" S e 40° 21' 30" W, 18/V/2008, fl., *L.A. Sousa 90* (HUNEB); 26/VI/2011, fl., *L.A. Sousa 322* (HUNEB); 23/VI/2011, fr., *L.A. Sousa 361* (HUNEB); 26/VIII/2011, fl., *L.A. Sousa 388* (HUNEB); 15/XI/2011, fl., *L.A. Sousa 459* (HUNEB); 20/II/2011, fl., *L.A. Sousa 535* (HUNEB); 20/I/2012, fl., *L.A. Sousa 548* (HUNEB); 18/II/2012, fl., *L.A. Sousa 551* (HUNEB); 18/IV/2012, fl., fr., *L.A. Sousa 585* (HUNEB); 18/V/2012, fl., *L.A. Sousa 588* (HUNEB); 10° 39' 59" S e 40° 21' 59" W, 18/VI/2011, fl., *L.A. Sousa 591* (HUNEB).

25. *Perama harleyi* J.H.Kirkbr. & Steyer., Brittonia 29: 194 (-195). 1977.

Figura 6E-G

Erva ereta, 16-30 cm alt., monoica, caule cilíndrico, sem lenticelas, glabro ou com tricomas adpressos no ápice, entrenós 20-45 mm compr. Estípulas reduzidas a uma linha ou uma bainha inconspícua, pilosa. Folhas opostas, cartáceas, sésseis; lâmina 1,5-4 × 0,1-1 mm, lanceolada a linear lanceolada, base cuneada, ápice agudo, margem plana; face adaxial glabra, abaxial hirsuta; nervuras secundárias inconspícuas. Inflorescências em dicásios laxos, axilares e terminais, 2-4-flores, pedúnculo 4-12 mm compr., piloso; 2-4 brácteas, foliáceas, lanceolado-ovadas, bractéolas inconspícuas. Flores monoclinas, homostílicas, sésseis, cálice 2-lobado, lobos iguais, 1-5 1,8 mm compr., lanceolados, hirsuto; corola branca a rósea, infundibuliforme, tubo 3-4 mm compr., externamente hirsuta, anel de tricomas na inserção dos filetes, 4-mera, lobos 0,8-1 mm compr., ovados, pubérulos internamente; estames exsertos, inseridos na fauce da corola, porção livre dos filetes 0,1 mm compr., anteras 0,5 mm compr., estreito-elípticas; estigma bifido, estilete 4-5 mm compr. Fruto cápsula, 1,1 × 1 mm, deiscência longitudinal, marrom-escuro na maturação, hirsuta; sementes 0,7 × 0,8 mm, hemisférica.

Distribuição: Espécie endêmica da Bahia, encontrada em fitofisionomias de Caatinga e Cerrado (Zappi 2012b).

Caracteriza-se por apresentar caule ereto, delicado, geralmente ramificado com até 30 cm alt., inflorescências em dicásios laxos e flores róseas. Foi encontrada em vegetação de transição entre floresta e campo rupestre, sobre solos arenosos e rupestres, entre 890-900 m altitude. Floresce e frutifica na área nos meses junho, agosto, setembro e novembro.

Material examinado: BRASIL. BAHIA: Pindobaçu, Serra da Fumaça. 10° 39' 54,6" S e 40° 22' 22" W, 27/VIII/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 410* (HUNEB); 29/IX/2009, fl., fr., *L.A. Sousa 280* (HUNEB); 10° 39' 26" S e 40° 22' 18" W, 27/VIII/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 450* (HUNEB); 10° 38' 57" S e 40° 22' 31" W, 18/XI/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 465* (HUNEB).

26. *Perama hirsuta* Aubl., Hist. Pl. Gui. Franç. 1: 54.1775.

Figura 6H-K

Erva ereta, 12-20 cm alt., monoica; caule cilíndrico, sem lenticelas, hirsuto, entrenós 2-12 mm compr. Estípulas reduzidas a uma linha. Folhas opostas, membranáceas, sésseis; lâmina 3-7 × 4-8 mm, ovada a lanceolado-ovada, base arredondada, ápice agudo, margem plana; ambas as faces hirsutas, venação paralelódroma, nervuras secundárias proeminentes na face abaxial, 3-4 pares. Inflorescências em glomérulos, axilares e terminais, 1-4 por ramo florífero, multifloras, pedúnculo 5-10 mm compr., hirsuto; 2-4 brácteas, foliáceas, lanceolado-ovadas, bractéolas inconspícuas.

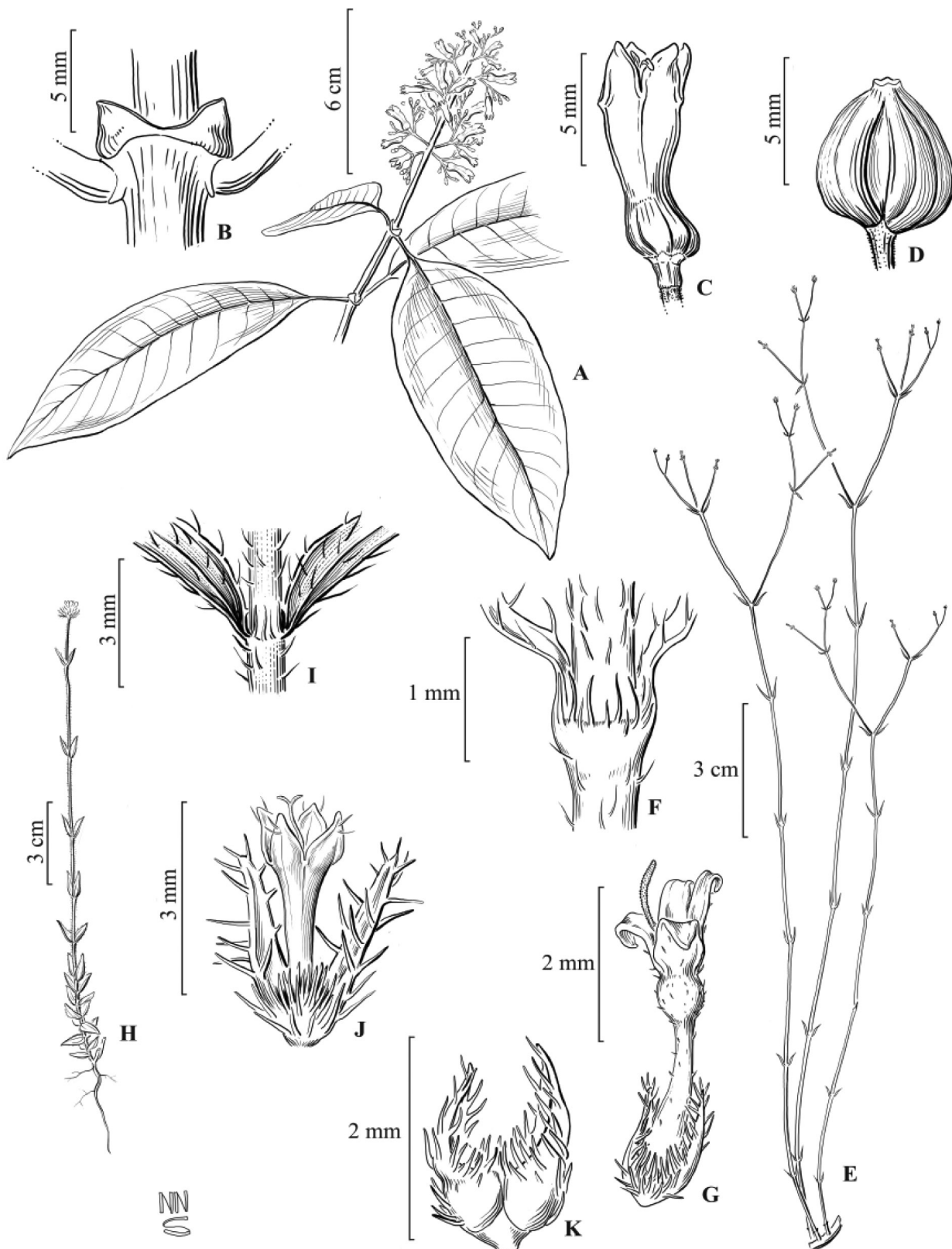


Figura 6. A-D. *Palicourea guianensis* - A. ramo florífero; B. estípula; C. flor; D. fruto. E-G. *Perama harleyi*- E. ramo florífero; F. detalhe do nó e linha estipular; G. flor. H-K. *Perama hirsuta* - H. ramo florífero; I. detalhe do nó e linha estipular; J. flor; K. fruto. (A-D. L.A. Sousa 458; E-G. L.A. Sousa 410; H-K. L.A. Sousa 408).

Figure 6. A-D. *Palicourea guianensis* - A. flowering branch; B. stipule; C. flower; D. fruit. E-G. *Perama harleyi* - E., flowering branch, F. node detail and stipule line, G. Flower. H-K. *Perama hirsuta* - H. flowering branch, I. node detail and stipule line, J. Flower; K. fruit. (A-D. L.A. Sousa 458; E-G. L.A. Sousa 410; H-K. L.A. Sousa 408).

Flores monoclinas homostílicas, sésseis; cálice 2 lobos iguais, 0,5-0,8 mm compr., estreito triangulares, hirsutos; corola amarela, infundibuliforme; tubo 2,5-3 mm compr., externamente glabro, anel de tricomas na inserção dos filetes, 5-mera, lobos 0,5-1 mm compr., triangulares, pilosos no ápice; estames incluídos a parcialmente exsertos, presos na fauce da corola; porção livre dos filetes 0,1-0,2 mm compr.; anteras 0,7-0,8 mm compr., oblongo-lineares; estigma bifido, filete 3-3,4 mm compr. Fruto cápsula 2-3 × 1-2 mm, subgloboso, deiscência transversal circuncisa, amarelo-esverdeado, hirsuto; sementes com 0,3-0,7 × 0,2-0,5 mm, com estrias transversais.

Distribuição: Ocorre no México, América Central, Antilhas, nordeste e sudeste da América do Sul (Taylor et al. 2004). No Brasil, ocorre em quase todas as regiões, exceto na Sul (Zappi 2012b).

Caracteriza-se por apresentar caule delicado com até 20 cm alt., hirsutos e corola amarela. Na Serra da Fumaça, foi encontrada associada ao campo rupestre, sobre solos arenosos, em locais abertos a 840 m de altitude. Floresce e frutifica na área no mês de agosto.

Material examinado: BRASIL. BAHIA: Pindobaçu, Serra da Fumaça. 10° 39' 54,6" S e 40° 22' 20" W, 27/VIII/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 408* (HUNEB); 29/VIII/2009, fl., fr., *L.A. Sousa 280* (HUNEB).

Material adicional examinado: BRASIL. BAHIA: Morro do Chapéu, Rio do Ferro Doido, 17/VII/1979, fl., *G. Hatschbach 42432* (CEPEC); 31/V/1980, fl., fr., *R. Harley 22480* (CEPEC); Mucugê, Gobira, 30/X/2009, fl., fr., *A.A. Conceição 3163* (HUEFS); Lençóis, Serra da Chapadinha, 31/IV/2000, fl., *T.S. Nunes 182* (HUEFS); Rio de Contas, 25/VII/1983, fl., fr., *G. Hatschbach 46948* (HUEFS).

27. *Posoqueria latifolia* (Rudge) Roem. & Schult., Syst. Veg. 5: 27. 1819.

Figura 7A-C

Árvore, 5-7 m de alt., monoica, caule cilíndrico, sem lenticelas, glabro, entrenós 25-35 mm compr. Estípulas persistentes, geralmente escariosas, 6-12 × 8-10 mm, inteira, triangulares, ápice agudo, glabras. Folhas opostas, cartáceas, pecíolos 5-15 mm compr., glabros; lâmina (55) 80-130 × (25) 35-50 mm, oblonga a elíptica, base arredondada a truncada, ápice obtuso-acuminado, agudo, margem plana, glabras; venação broquidódroma, nervuras proeminentes em ambas as faces, 5-7 pares. Inflorescências em corimbos, terminais, 5-10-flores, pedúnculo 20-30 mm compr., glabro; brácteas e bractéolas inconspícuas. Flores monoclinas, homostílicas, pedicelos 0,8-1,6 mm compr., glabro; cálice 5-lobado, lobos iguais, 0,5-1,8 mm compr., triangulares, externamente ciliados; corola branca, hipocrateriforme, tubo 85-140 mm compr., externamente glabro, internamente papilosos, 5-mera, lobos 10-18 mm compr., oblongo-lanceolados, papilosos; estames exsertos, inseridos na fauce, porção livre dos filetes 6-13 cm compr., anteras 5-6 mm, lineares; estigma bifido, estilete 60-100 mm compr. Frutos bacáceos, 45-60 × 25-40 mm, globosos, lenhosos, alaranjados na maturação, glabros; sementes, 8-10 × 6-5 mm compr., subglobosas, lisas.

Distribuição: Está distribuída no México, América Central, Antilhas, Guianas, e da Colômbia até o Brasil (Taylor et al. 2004). No Brasil é amplamente distribuída, ocorrendo em todas as regiões e em quase todos os estados (Barbosa 2012c).

Caracteriza-se por apresentar hábito arbóreo, e através das flores brancas com tubo longo (85-140 mm compr.). Foi encontrada associada à Floresta Estacional, sobre solo argiloso, entre 890-900 m altitude. Floresce na área apenas no mês de novembro.

Material examinado: BRASIL. BAHIA: Pindobaçu, Serra da Fumaça. 10° 39' 13,6" S e 40° 22' 22,5" W, 18/XI/2011, fl., *L.A. Sousa 467* (HUNEB); 18/XI/2011, fl., *L.A. Sousa 469* (HUNEB).

Material adicional examinado: BRASIL. BAHIA: Lençóis, Rio Mandassaia, 03/V/2007, fr., *A.A. Conceição 2524* (ALCB, HUEFS); Rio de Contas, Itoboira, 18/XI/1998, fl., *F.H.F. Nascimento*

86 (HUEFS); Serra das Almas, 07/VII/2006, fr., *F.H.F. Nascimento 526* (HUEFS); 28/XI/1988, fr., *R.M. Harley 26654* (ALCB, CEPEC).

28. *Psychotria hoffmannseggiana* (Willd. ex Schult.) Müll. Arg., Fl. Bras. 6(5): 336. 1881.

Figura 7H-I

Erva a subarbusto, 40-80 cm alt., monoica; caule cilíndrico ou geniculado em alguns pontos, sem lenticelas, glabro, entrenós 25-70 mm compr. Estípulas persistentes, 2-3 × 3-5 mm, bifidas, lanceoladas a oblanceoladas, ápice agudo, glabra a pilosa. Folhas opostas, cartáceas, pecíolos 2-6 mm compr., glabros; lâmina 35-95 × 20-45 mm, ovada, elíptica, oblongo-elíptica, base obtusa a aguda, ápice agudo a atenuado, margem plana; face adaxial glabra, abaxial esparso pubérula nas nervuras; venação broquidódroma, nervuras secundárias proeminentes na face abaxial, 6-8 pares. Inflorescências subcapitadas, terminais ou axilares, pêndulas, multifloras, pedúnculo 5-10 mm compr., glabro; 4 brácteas, lanceoladas, bractéolas oblonga a lanceoladas. Flores monoclinas, heterostílicas, sésseis; cálice cupular, denteado, 5 lobos iguais, 0,2-0,4 mm compr., triangulares, pilosos; corola rósea, infundibuliforme, tubo 5-6 mm compr., externamente glabro, densamente pubescente internamente, 5-mera, lobos 1,8-2,1 mm compr., ovado-triangulares, pubéculos; estames inseridos na porção mediana do tubo; anteras 8-2 mm compr., oblongas; estigma bifido; flores longistilas, porção livre dos filetes 0,6-0,8 mm compr.; estiletos 6,5-7,5 mm compr.; flores brevistilas, porção livre dos filetes 1,3-2,8 mm compr., estiletos 3,5-4 mm compr. Frutos drupoides, 3-4 × 3-3,5 mm, globosos a subglobosos, azul-escuro a atropurpúreos na maturação, glabro a pubérulo; pirenos 2, com 4-5 costas longitudinais; sementes não observadas.

Distribuição: Distribui-se na Colômbia, Equador, Peru, Guianas, Venezuela e Brasil (Steyermark 1972). No Brasil, ocorre em todas as regiões e em quase todos os estados desde a bacia Amazônica até o Centro-Oeste e Centro-Sul (Delprete 2010b).

Caracteriza-se por apresentar caule geralmente geniculado, através das folhas avermelhadas após a secagem e pelas inflorescências pêndulas, subcapitadas e circundadas por brácteas lanceoladas. Encontra-se bem distribuída na área, associada a quase todas as áreas florestadas, sobre solo argiloso, entre 452-898 m altitude. Floresce e frutifica na área em quase todos os meses do ano.

Material examinado: BRASIL. BAHIA: Pindobaçu, Serra da Fumaça. 10° 39' 46" S e 40° 20' 48" W; 26/VIII/2011, fr., *L.A. Sousa, 401* (HUNEB); 10° 39' 55" S e 40° 20' 51" W, 21/II/2012, fl., *L.A. Sousa 519* (HUNEB); 28/VI/2011, fl., *L.A. Sousa 321* (HUNEB); 10° 39' 47" S e 40° 22' 25" W, 29/VI/2011, fl., *L.A. Sousa 329* (HUNEB); 29/VI/2011, fr., *L.A. Sousa 336* (HUNEB); 26/VII/2011, fl., *L.A. Sousa 374* (HUNEB); 20/II/2012, fl., *L.A. Sousa 527* (HUNEB).

29. *Psychotria jambosoides* Schldtl., Linnaea 28: 518. 1857.

Figura 8A-D

Arbusto, 2,5-3 m de alt., monoico; caule cilíndrico, sem lenticelas, glabro, entrenós 5-70 mm compr. Estípulas persistentes, 5-10 × 3-3 mm, bipartidas ao menos no ápice, triangulares, ápice agudo, glabra. Folhas opostas, cartáceas, pecíolo 8-12 mm compr.; lâmina 35-150 × 23,50 mm, oblonga, oblanceolada a linear-lanceolada, base atenuada, ápice agudo a acuminado, raro cuspidado, margem plana; face adaxial glabra, a abaxial glabra a levemente pilosa; venação broquidódroma, nervuras secundárias inconspícuas em ambas as faces, 11-15 pares. Inflorescências paniculadas, subterminais, multifloras, pedúnculo 30-60 mm compr., espesso, branco ou lilás, glabro; 2 brácteas foliáceas, oblanceoladas, bractéolas lanceoladas. Flores monoclinas, heterostílicas, sésseis; cálice denteado, lobos 0,8-1 mm compr., agudos, pubescentes; corola lilás, tubular, base gibosa, tubo 8-20 mm compr., externamente glabro, internamente anel de tricomas próximo da inserção dos filetes, 5-mera, lobos 1,5-2 mm compr., largo-elíptico, pubescentes;

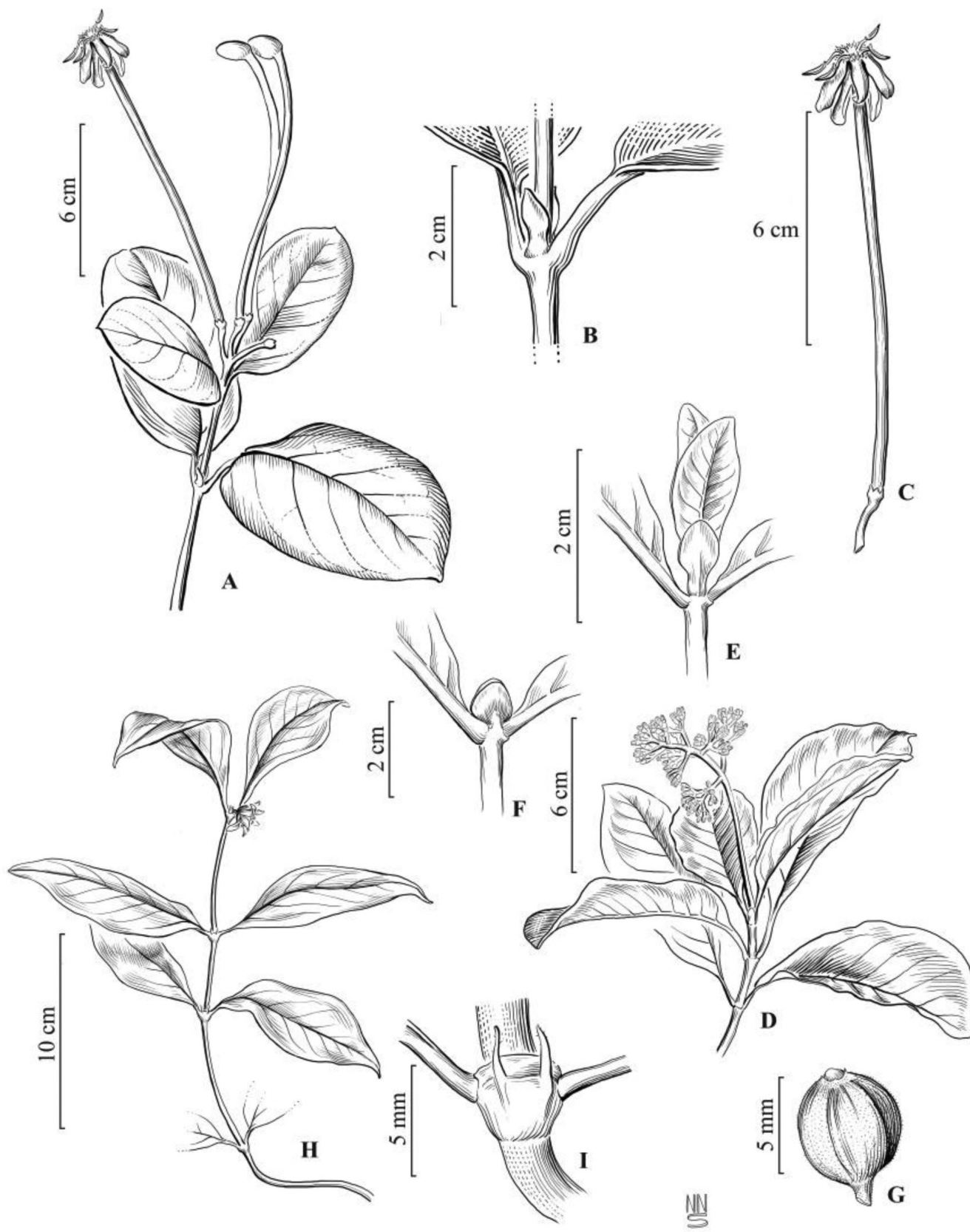


Figura 7. A-C. *Posoqueria latifolia* - A. ramo florífero; B. estípula; C. flor. D-G. *Psychotria mapourioides* - D. ramo florífero; E. estípula em botão; F. estípula e folhas jovens; G. fruto. H-I. *Psychotria hoffmannseggiana* - H. ramo florífero; I. estípula. (A-C. L.A. Sousa 458; D-F. L.A. Sousa 410; H-I. L.A. Sousa 408).

Figure 7. A-C. *Posoqueria latifolia* - A. flowering branch; B. stipule; C. flower. D-G. *Psychotria mapourioides* - D. flowering branch; E. stipule bud; F. stipule and young leaves; G. fruit. H-I. *Psychotria hoffmannseggiana* - H. flowering branch; I. stipule. (A-C. L.A. Sousa 458; D-F. L.A. Sousa 410; H-I. L.A. Sousa 408).

estames inseridos na porção mediana do tubo; estigma bifido; flores longistilas, estames inclusos, sésseis, anteras estreito-elípticas, 2-2,5 mm compr., estiletos 4-4,5 mm compr.; flores brevistilas, porção livre dos filetes 0,2-0,6 mm compr.; anteras 1,5-2 mm compr., elipsoides; estiletos 2-2,5 mm compr. Fruto drupáceo, 5-6 × 4-4,5 mm, elipsoide, subglobosa, roxa a verde, quando imatura, glabra; pirenos 2, hemisféricos, com 5 costas, longitudinais arredondadas.

Distribuição: Espécie endêmica do Brasil, ocorrendo nos estados da Bahia e Espírito Santo, no domínio Mata Atlântica (Taylor 2012).

Diferencia-se das demais através das folhas com nervuras secundárias inconspícuas em ambas as faces, da inflorescência com raque e pedúnculos espessos e corola roxa. Foi encontrada associada ao subosque da Floresta Estacional, sobre solos argilosos, a 800-900 m altitude. Floresce na área em abril, setembro, novembro, dezembro, janeiro e frutifica em junho, setembro, dezembro, março e maio.

Material examinado: BRASIL. BAHIA: Pindobaçu, Serra da Fumaça. 10° 39' 54" S e 40° 22' 22" W, 22/V/2008, fl., *L.A. Sousa* 37 (HUNEB); 29/XI/2009, fl., *L.A. Sousa* 261 (HUNEB); 26/X/2008, fl., *L.A. Sousa* 174 (HUNEB); 26/VII/2011, fr., *L.A. Sousa* 334 (HUNEB); 26/XII/2011, fr., *L.A. Sousa* 503 (HUNEB); 10° 39' 54" S e 40° 22' 22" W, 26/VIII/2011, fl., fr. *L.A. Sousa* 406 (HUNEB); 18/XI/2011, fl., *L.A. Sousa* 464 (HUNEB); 20/I/2012, fr., *L.A. Sousa* 524, (HUNEB); 10° 39' 29" S e 40° 22' 21" W, 17/V/2012, fr., *L.A. Sousa* 576 (HUNEB).

30. *Psychotria mapourioides* DC., Prodr. 4: 509 (1830).

Figura 7D-G

Arbusto ou arvoreta, 3-6 m alt., monoica; caule cilíndrico, lenticelado, glabro ou levemente pubérulo no ápice, entrenós 10-70 mm compr. Estípulas decíduas, 5-9 × 4-8, inteiras, espatuladas a ovadas, ápice arredondo a obtuso, glabra. Folhas opostas, cartáceas, pecíolos 1-1,8 cm compr., glabros; lâmina 110-200 × 40-80 mm, elíptica a oblanceolada, base cuneada, ápice acuminado a cuspidado, margem plana, face adaxial glabra, a abaxial esparso pubérulo na nervura principal; venação broquidódroma, proeminentes na face abaxial, 8-12 pares. Inflorescências paniculadas, terminais, 3-7-flores, pedúnculo 30-85 mm compr., pubescente; 2 brácteas foliáceas, triangulares, bractéolas inconspícuas. Flores monoclinas, heterostílicas, sésseis, cálice truncado, lobos inconspícuos, ápice pubérulos; corola alva, infundibuliforme; tubo 2-3 mm compr., densamente piloso próximo da fuce, 5-mera, lobos 3-4 mm compr., oblongo-lanceolados, glabro a pubérulo na base; estames, inseridos próximo da base do tubo; anteras 2-2,1 mm compr., estreito-elíptica; estigmas bifidos; flore longistilas, porção livre dos filetes 0,5-0,8 mm compr.; estilete 3,5-4 mm compr.; flores brevistilas, porção livre dos filetes 2-2,8 mm compr.; estilete 1,8-2,1 mm compr. Fruto drupoide, 5-6 × 6-7 mm compr., elipsoide a subgloboso, vermelha na maturação, glabras; pirenos 2, com 3-5 costas longitudinais; sementes não observadas.

Distribuição: Ocorre desde a Venezuela até o Sul do Brasil (Taylor 2007). No Brasil, a espécie foi citada para a região Norte (AC, AM, PA e RO) e para o Sudeste, apenas em São Paulo (Taylor 2012).

Caracteriza-se por apresentar estípulas espatuladas a ovadas, decíduas e através dos frutos laranja à vermelhos na maturidade. Em herbários pode ser confundida com *Psychotria carthagenensis* Jacq. devido às folhas com tamanho e formato semelhantes e pela inflorescência paniculada, com flores brancas. Difere-se desta através do porte mais robusto e principalmente através das estípulas com ápice patente vs reflexo. Foi encontrada associada à Floresta Estacional, sobre solo argiloso, entre 880-890 m de altitude. Floresce na área em dezembro e janeiro e frutifica em maio e julho.

Material examinado: BRASIL. BAHIA: Pindobaçu, Serra da Fumaça. 10° 39' 25" S e 40° 22' 25" W, 26/XII/2011, fl., *L.A. Sousa*

502 (HUNEB); 20/I/2012, fl., fr., *L.A. Sousa* 529 (HUNEB); 18/XI/2011, fl., *L.A. Sousa* 568 (HUNEB); 20/IV/2012, fl., *L.A. Sousa* 589 (HUNEB); 18/V/2012, fr., *L.A. Sousa* 598 (HUNEB).

31. *Richardia brasiliensis* Gomes, Mem. sobre Ipecac. 31. 1801.

Erva prostrada, ca. 10 cm alt., monoica; caule tetragono, sem lenticelas, base vilosa, ápice setoso, entrenós 30-55 mm compr. Estípulas fimbriadas, persistentes, bainha 2-2,5 × 2-3 mm compr., pubescente, 3-4 setas desiguais, 2-4 mm compr., pilosas. Folhas opostas, cartáceas, pecíolo 1-3 mm compr., hirsuto; lâmina 8-28 × 3-10 mm, obovada, elíptica, oblanceolada a oblonga, base atenuada, ápice agudo-mucronado, margem plana; face adaxial hispida, abaxial escabrosa; venação eucamptódroma, nervuras secundárias proeminentes na face abaxial, 2-4 pares. Inflorescências em glomérulos, axilares e terminais, 1-3 por ramo florífero, multifloras; 4-6 brácteas, foliáceas, ovadas a obovadas, bractéolas lanceoladas. Flores monoclinas, homostílicas, sésseis; cálice 6 lobos iguais, 1,5-2 mm compr., linear-lanceolados, hispido a escabro; corola rósea a branca, infundibuliforme; tubo 2-3 mm compr., externamente glabro, anel de tricomas próximo da base; 6-mera, lobos 3-3,2 mm compr., triangular a elíptico, pilosos; estames exsertos, presos na fauce, porção livre dos filetes 1-2 mm compr., anteras 1,5-2 mm compr. elipsoides; estigma trifido, estiletos 3,8-4 mm, excertos. Fruto esquizocarpo, 5-6,2 × 3-4,2 mm, oblongo-ovado, pardo a castanho na maturação, deiscência lateral, três mericarpos comprimidos dorsiventralmente, amplamente sulcado, dorso pubérulo com papilas lanceoladas; sementes não foram observadas.

Distribuição: Distribui-se por toda a América, Argentina, Bolívia, Paraguai, Uruguai (Schumann 1888, Lewis & Oliver 1974). No Brasil é amplamente distribuída, ocorrendo em todas as regiões.

Richardia brasiliensis diferencia-se de *R. grandiflora* através das estípulas com setas pubescentes (vs hirsutas), quanto comprimento do tubo da corola (2-3 vs 3-5,5 mm), através dos frutos com mericarpos apresentando papilas lanceoladas e longas no dorso vs curtas e arredondadas. Foi encontrada apenas associada à margem da trilha, em áreas abertas, sobre solo argiloso, a 460-480 m altitude. Floresce e frutifica na área no mês de junho, período chuvoso.

Material examinado: BRASIL. BAHIA: Pindobaçu, Serra da Fumaça, 10° 39' 54,6" S e 40° 22' 22" W, 19/XI/2011, fl., fr., *L.A. Sousa* 476 (HUNEB); 29/VI/2012, fl., fr., *L.A. Sousa* 601 (HUNEB).

Material adicional examinado: BRASIL. BAHIA: Senhor do Bonfim, 25/II/1974, fl., *R.M. Harley* 16341 (CEPEC); Sítio Cristiana, 19/IV/2011, fl., *J.O. Santos et al.* 1 (HUEFS).

32. *Richardia grandiflora* (Cham. & Schltdl.) Steud., Nomencl. Bot. 2: 459. 1841.

Erva prostrada, ca. 10 cm alt., monoica; caule tetragono, sem lenticelas, base vilosa, ápice setoso, entrenós 30-65 mm compr. Estípulas fimbriadas, persistentes, bainha 2-3 × 3-5 mm compr., pubérulo a hirsuto, 3-5 setas desiguais, 0,3-5 mm compr., pilosas. Folhas opostas, cartáceas, sésseis; lâmina 10-40 × 5-20 mm, obovada, elíptica, oblanceolada a oblonga, base atenuada, ápice agudo-mucronado, margem plana; face adaxial hispida, abaxial escabrosa; venação eucamptódroma, nervuras secundárias proeminentes na face abaxial, 2-3 pares. Inflorescências em glomérulos, axilares e terminais, 1-3 por ramo florífero, multifloras; 4-6 brácteas, foliáceas, ovadas a obovadas, bractéolas lanceoladas. Flores monoclinas, homostílicas, sésseis; cálice 6 lobos iguais, 1,8-2,8 mm compr., linear-lanceolados, hispido a escabro, hirsuto nas margens; corola rósea ou alva, infundibuliforme; tubo 3-5,5 mm compr., externamente glabro, internamente com anel de tricomas próximo da base; 6-mera, lobos 1,5-2 mm compr., triangular a elíptico, pilosos; estames exsertos, presos na fauce, porção livre dos filetes 1-2 mm compr., anteras 1,5-2 mm compr., elipsoides; estigma trifido, estiletos 3,8-4 mm compr., exserto. Fruto esquizocarpo, 5-5,5 × 2-3,5 mm, oblongo-

ovado, pardo a castanho na maturação, deiscência longitudinal, três mericarpos comprimidos dorsiventralmente, sulco estreito, dorso pubérulo, com papilas curtas e arredondadas; sementes 1-0,2 × 0,05-0,1 mm, ovadas, marrons, muricadas.

Distribuição: Distribuiu-se por toda a América e como planta introduzida na Flórida, Estados Unidos. No Brasil, ocorre em todas as regiões, nos domínios de Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica (Delprete 2010b, Cabral & Salas 2012d).

Caracteriza-se por apresentar tubo da corola longo (3-5,5 mm compr.) e através dos frutos com mericarpos amplamente sulcados, com papilas lanceoladas. Foi encontrada em áreas abertas, associada à margem da trilha, sobre solo argiloso a 400-480m altitude. Floresce e frutifica na área apenas no mês de junho, período chuvoso.

Material examinado: BRASIL. BAHIA: Pindobaçu, Serra da Fumaça. 10° 39' 54,6" S e 40° 22' 22" W, 29/VI/2012, fl., fr., L.A. Sousa 605 (HUNEB).

33. *Sabicea grisea* Cham. & Schltdl., Linnaea 4: 192. 1829.

Figura 8E-H

Liana, monoica; caule lenhoso, cilíndrico, sem lenticelas, pubérulo, ápice adpresso-pubescente a lanoso-pubescente, entrenós 20-140 mm compr. Estípulas persistentes, 4-6 × 2,5-5,5-6 mm, inteiras, ovadas a oblonga-ovadas, reflexas, ápice apiculado, externamente adpresso-pubescente internamente glabra. Folhas opostas, cartáceas, pecíolo 4-11 mm compr., lâmina 20-90 × 15-40 mm, elíptica a oblongo-lanceolada, base arredondada a truncada, ápice agudo a acuminado, margem plana; face adaxial hirsuta a esparso aracnoides, abaxial hirtelas ou esparso a denso sericeo; venação broquidódroma, nervuras secundárias proeminentes em ambas as faces, 10-14 pares. Inflorescências fascículos, axilares, 3-6-flores, pedúnculo 0,5-0,8 mm compr.; 3-4 brácteas, foliáceas ovadas, bractéolas ovado-lanceoladas. Flores monoclinas, heterostílicas, sésseis; cálice 5 lobos iguais, 6-12 mm compr., linear-lanceolados, sericeo-pubescentes a hirsutos; corola hipocrateriforme, alva, tubo 11-14 mm compr., hirsuto externamente, pubescente com um anel de tricomas na inserção dos filetes, 5-mera, lobos 8-10 mm compr., oblongo a ovados, externamente hirsuto-barbados, internamente glabro; estames inseridos na porção mediana do tubo; anteras 2,5 mm compr., oblongas; estigma bifido; flores brevístilas, porção livre dos filetes 3-6 mm compr.; estilete 8-10 mm compr.; flores longístilas, estames sésseis; estiletes 12-16 mm compr. Fruto baga, 4-10 × 6-11 mm, globoso a subgloboso, vermelho na maturação, pubescente; sementes 2-3 mm compr., globosas, reticuladas.

Distribuição: Espécie endêmica do Brasil, ocorrendo na Bahia, Ceará, Goiás, Pará, Pernambuco, Rio de Janeiro, São Paulo e Tocantins (Delprete 2010c).

Caracteriza-se através do hábito lianescente pelas estípulas reflexas com indumento adpresso-pubescente, e frutos baçáceos globosos com polpa esponjosa. Foi encontrada associada às florestas de galeria e campo rupestre sobre solos argilosos, entre 460-780 m altitude. Floresce na área em dezembro janeiro e fevereiro e frutifica em março.

Material examinado: BRASIL. BAHIA: Pindobaçu, Serra da Fumaça. 10° 39' 59" S e 40° 21' 59" W, 19/XI/2011, fl., L.A. Sousa 481 (HUNEB); 26/XI/2011, fl., L.A. Sousa 496 (HUNEB) 17/III/2012, fl., L.A. Sousa 555 (HUNEB); 17/III/2012, fl., L.A. Sousa 556 (HUNEB) 10° 39' 57" S e 40° 22' 14" W, 20/I/2012, fl., L.A. Sousa 511 (HUNEB); 20/I/2012, fl., L.A. Sousa 520 (HUNEB); 17/V/2012, fr., L.A. Sousa 567 (HUNEB).

34. *Staelia vestita* K. Schum., Fl. Bras. 6(6): 78. 1889.

Figura 8I-L

Erva ou subarbusto, eretos, 30-40 cm alt., monoica; caule cilíndrico a tetrágonos no ápice, sem lenticelas, tomentoso a viloso, entrenós 2,5-17 mm compr. Estípulas fimbriadas, persistentes, bainha

1-1,5 × 2-2,5 mm, pubérula, 4-6 setas desiguais, 1-2,5 mm compr., tomentosas próximo ao ápice. Folhas pseudoverticiladas devido aos braquiblastos nas axilas, cartáceas, sésseis; lâmina 6-14 × 1-2,5 mm, lanceolada, base atenuada, ápice agudo, margem plana; face adaxial glabra a escabra, abaxial glabra a tomentosa próximo das nervuras; venação eucamptódroma, nervuras secundárias inconspícuas em ambas as faces, 2 pares. Inflorescências em glomérulos, terminais e axilares, 8-13 por ramo florífero, multifloros; 2-3 brácteas, foliáceas, lanceoladas, bractéolas inconspícuas. Flores monoclinas, homostílicas, sésseis; cálice 2 lobos iguais, 2-2,2 mm compr., lanceolados, hirsutos; corola alva a lilás, infundibuliforme, tubo 2,2-3 mm compr., externamente viloso, internamente com anel de tricomas na porção inferior, 4-mera, lobos 2-2,2 mm compr., oval-triangular, externamente hirsutos; estames excertos, inseridos na fauce, porção livres dos filetes 0,8-1,2 mm compr., anteras 0,8-1 mm compr., oblongas; estigma bifido, estiletes 5-5,5 mm compr. Fruto cápsula, septicida, 3-3,8 × 1,2-1,8 mm, obovoide, deiscência longitudinal-obliqua, valvas totalmente livres, decíduas, marrom-acinzentada na maturação, hirsuta; sementes 0,9-1,1 × 0,5 mm, semicirculares, castanhas, sulco longitudinal na face ventral.

Distribuição: Espécie endêmica do Brasil (Sousa & Sales 2004, Schumann 1888). Distribuiu-se nas regiões Nordeste (BA, PE, PI), Centro-Oeste (GO, MT, TO) (Delprete 2010c), nos domínios da Caatinga e Cerrado (Salas & Cabral 2012).

Staelia vestita é próxima de *S. virgata* que também ocorre na área, diferenciando-se através do indumento no caule (tomentoso-viloso vs caule glabro a pubérulo) e da lâmina foliar (face superior escabra vs glabra), e pelo comprimento da corola (4-4,5 vs 6,8-7,2 mm). Foi encontrada na área associada a solos arenosos, no campo rupestre, a 890 m de altitude. Floresce e frutifica na área apenas no mês de novembro.

Material examinado: BRASIL. BAHIA: Pindobaçu, Serra da Fumaça. 10° 39' 54,6" S e 40° 22' 20" W, 19/IX/2011, fl., fr., L.A. Sousa 486 (HUNEB).

Material adicional examinado: BRASIL. BAHIA: Caetité, Brejinho das Ametistas, 24/IV/2008, fl., fr., M.L. Guedes 14359 (ALCB); Mucugê, estrada para Igatu, 21/VII/2005, fl., A.K.A. Santos 274 (HUEFS); Mucugê, 3 km de Andaraí, 07/VII/2006, fl., S.A. Mori 13111 (CEPEC).

35. *Staelia virgata* (Roem. & Schult.) K. Schum., Fl. Bras. 6(6): 76. 1889.

Erva ou subarbusto, eretos, 40-70 cm alt., monoica; caule cilíndrico a tetrágonos no ápice, sem lenticelas, pubérulos, entrenós 09-28 mm compr. Estípulas fimbriadas, persistentes, bainha 1-1,8 × 1,8-2 mm compr., pubérula, 4-8 setas desiguais, 0,5-1,5 mm compr., glabras, coléteres no ápice. Folhas pseudoverticiladas devido aos braquiblastos nas axilas, cartáceas, sésseis; lâmina 5-15 × 3-4 mm, lanceolada, base atenuada, ápice agudo, margem plana; face adaxial glabra, abaxial pubérula apenas nas nervuras; venação eucamptódroma, nervuras secundárias proeminentes em ambas as faces, 2 pares. Inflorescências glomérulos, terminais e axilares, 3-8 por ramo florífero, multifloras; 2 brácteas, foliáceas, lanceoladas, bractéolas inconspícuas. Flores monoclinas, homostílicas, sésseis; cálice 2 lobos iguais, 2-3 mm compr., lanceolados, hirsutos; corola alva a lilás, infundibuliforme, tubo 4,8-5,2 mm compr., externamente glabro, internamente com anel de tricomas na porção inferior, 4-mera, lobos 1,5-2 mm compr., oval-triangular, externamente hirsutos; estames inclusos, inseridos na fauce, porção livres dos filetes 1,2-1,6 mm compr., anteras 0,8-1 mm compr., oblongas; estigma bifido, estiletes 5-8 mm compr. Fruto cápsula, septicida, 1-1,5 × 1-1,2 mm, obovoide, deiscência longitudinal, valvas totalmente livres, decíduas, marrom-acinzentada na maturação, hirsuta; sementes 0,9-1,1 × 0,5 mm, oblongas, castanhas, sulco longitudinal na face ventral.

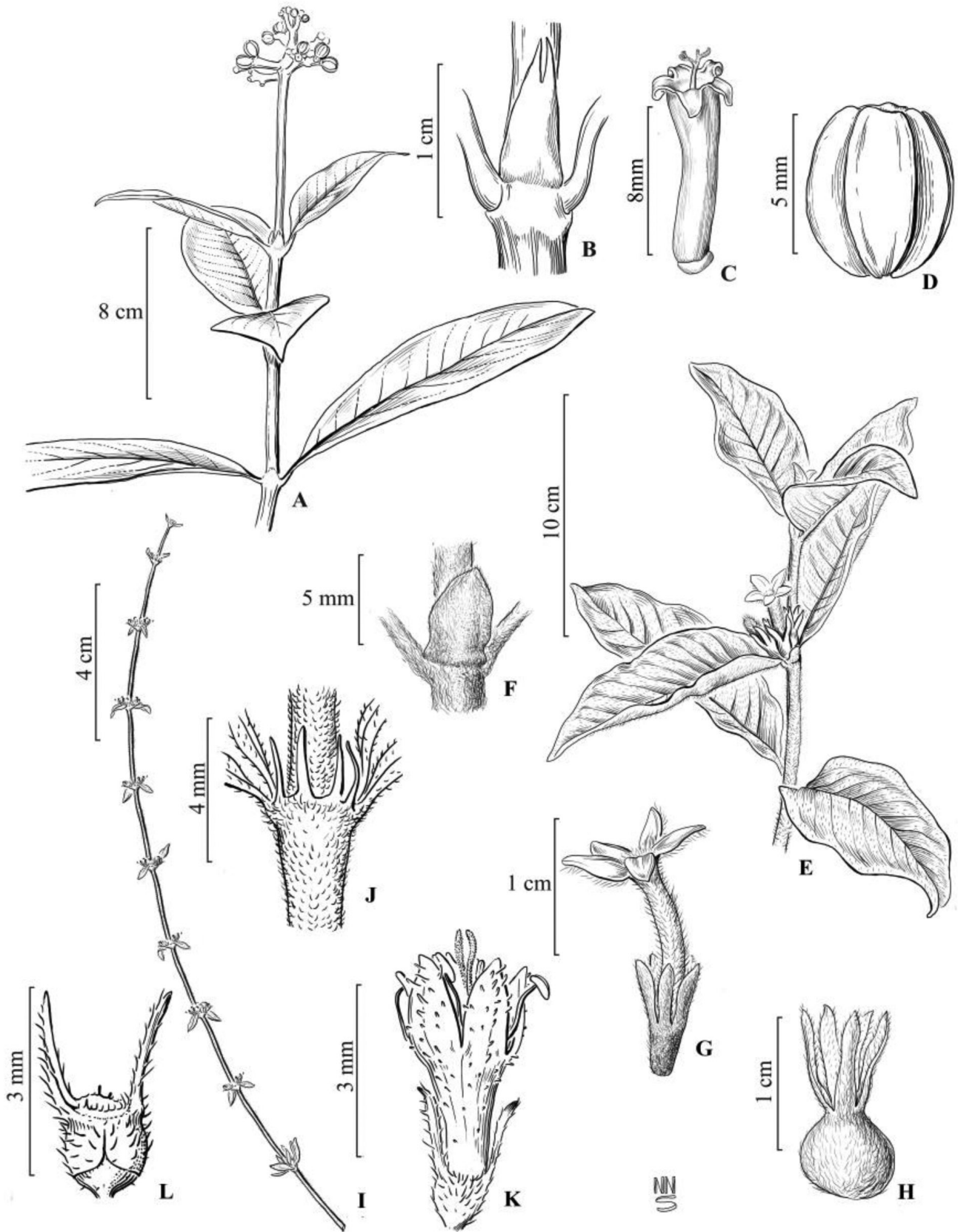


Figura 8. A-D. *Psychotria jambosoides* - A. ramo florífero; B. estípula; C. flor.; D. fruto. E-H. *Sabicea grisea* - E. ramo florífero; F. estípula; G. flor; H. fruto. I-K. *Staelia vestita* - I. ramo florífero; J. estípula; K. flor; L. fruto. (A-D. L.A. Sousa 334; E-H. L.A. Sousa 555; I-K. L.A. Sousa 501).

Figure 8. A-D. *Psychotria jambosoides* - A. flowering branch; B. stipule; C. flower; D. fruit. E-H. *Sabicea grisea* - E. flowering branch; F. stipule; G. Flower; H. fruit. I-K. *Staelia vestita* - I. flowering branch; J. stipule; K. flower; L. fruit. (A-D. L.A. Sousa 334; E-H. L.A. Sousa 555; I-K. L.A. Sousa 501).

Distribuição: Está distribuída no Peru, Bolívia, Paraguai, Argentina e Brasil, (Andersson 1992). No Brasil, distribui-se em todas as regiões e em todos os domínios fitogeográficos (Salas & Cabral 2012).

Caracteriza-se por apresentar lobos do cálice 2-4 mm compr., duas brácteas, folhas glabras e ramos florais pubescentes (Souza & Sales 2004). Foi encontrada associada a áreas abertas de campo rupestre sobre solo areno-argiloso, entre 500 a 900 m de altitude. Floresce e frutifica na área em quase todos os meses do ano.

Material examinado: BRASIL. BAHIA: Pindobaçu, Serra da Fumaça, 10° 39' 54" S e 40° 20' 52" W, 28/VI/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 323* (HUNEB); 28/VI/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 324* (HUNEB); 26/VIII/2011, fl., fl., *L.A. Sousa 409* (HUNEB); 10° 39' 54,6" S e 40° 22' 20" W, 28/V/2008, fl., fr., *L.A. Sousa 95* (HUNEB); 14/II/2009, fl., fr., *L.A. Sousa 283* (HUNEB); 22/IV/2008, fl., fr., *L.A. Sousa 58* (HUNEB); 26/VII/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 581* (HUNEB); 26/VII/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 473* (HUNEB); 19/XI/2011, fl., fr., *L.A. Sousa* (HUNEB); 10° 39' 58,6" S e 40° 31' 18" W, 20/I/2012, fl., fr., *L.A. Sousa 511* (HUNEB); 26/XII/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 505* (HUNEB); 26/XII/2011, fl., fr., *L.A. Sousa 506* (HUNEB).

36. *Tocoyena formosa* (Cham. & Schldl.) K. Schum., Fl. Bras. 6: 347. 1889.

Arbusto, 2-2,5 m alt., monoico; caule cilíndrico, sem lenticelas, glabro a pubérulo no ápice, entrenós 20-80 mm compr. Estípulas persistentes, 3-5 × 4-5 mm, inteiras, triangulares, ápice agudo, externamente glabras, internamente tomentosas no ápice. Folhas opostas, cartáceas a subcoriáceas, pecíolo 5-20 mm compr., velutino; lâmina 90-200 × 60-110 mm, obovada a elíptica, base cuneada, ápice agudo, margem plana; face adaxial pubescente, abaxial tomentosa; venação broquidódroma, nervuras proeminentes na face abaxial, 7-11 pares. Inflorescências corimbo, terminais, 4-7 flores, pedúnculo 8-11 mm compr., pubérulo; brácteas foliáceas e bractéola triangular-lanceoladas. Flores monoclinas, homostilicas, sésses; cálice 5 lobos, denteados, 0,8-1 mm compr., triangulares, tomentosos; corola amarela, hipocrateriforme, tubo 90-110 mm compr., externamente tomentoso, internamente glabro, 5-mera, lobos 18-20 mm compr., obovados, externamente tomentosos; estames exsertos, inseridos na fauce, porção livre 0,5-0,8 mm compr.; anteras 7-9 mm compr., elípticas; estigma bifido, estilete 90-130 mm compr. Fruto baga, 18-25 × 15-35 mm, globoso, negra na maturação, pubérula a hispida; sementes 4-5 × 3,8-5 mm, orbiculares, compressas, exotesta lisa.

Distribuição: Distribui-se amplamente na região neotropical (Andersson 1992). No Brasil, ocorre em todas as regiões e em quase todos os estados (Zappi 2012c).

Caracteriza-se por apresentar corola longamente tubulosa, amarela e frutos bacáceos, vilosos. Foi encontrada associada a áreas de Caatinga perturbada, sobre solo argiloso a 490 m de altitude. Floresce na área em janeiro, fevereiro e abril e frutifica em abril.

Material examinado: BRASIL. BAHIA: Pindobaçu, Serra da Fumaça. 10° 39' 25" S e 40° 22' 25" W, 20/I/2012, fl., *L.A. Sousa 539* (HUNEB); 20/II/2012, fl., *L.A. Sousa 517* (HUNEB); 17/III/2012, fl., fr., *L.A. Sousa 561*, (HUNEB).

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível Superior - CAPES pela concessão da bolsa à primeira autora, a qual permitiu o desenvolvimento da pesquisa; aos curadores dos herbários ALCB, BAH, CEPEC, HRB e HUEFS pelo apoio durante as visitas; aos professores do PPGBVeg pelo auxílio direto ou indireto na construção do trabalho; ao Natanel Nascimento dos Santos, pelas ilustrações das espécies; e ao Gabriel Lima pela produção dos mapas

da área de estudo. Á Marcela F. da Silveira e ao Roberto Salas pela significativa contribuição na revisão do manuscrito.

Referências Bibliográficas

- ANDERSSON, L. 1992. A provisional checklist of Neotropical Rubiaceae. *Scripta Bot. Belg.* 1:1-199.
- BACIGALUPO, N.M. & CABRAL, E.L. 2007a. *Borreria* G.Mey., nom.cons. In Flora Fanerógama do Estado de São Paulo (M.G.L. Wanderley, G.J. Shepherd, T.S.Melhem & A.M. Giulietti, coords.). FAPESB/RIMA, São Paulo, v.5, p.276-285.
- BACIGALUPO, N.M. & CABRAL, E.L. 2007b. *Diodella* Small. In Flora Fanerógama do Estado de São Paulo (M.G.L. Wanderley, G.J. Shepherd, T.S.Melhem & A.M. Giulietti, coords.). FAPESB/RIMA, São Paulo, v.5, p.313-314.
- BACIGALUPO, N.M. & CABRAL, E.L. 2007c. *Emmeorrhiza* Pohl. In Flora Fanerógama do Estado de São Paulo (M.G.L. Wanderley, G.J. Shepherd, T.S.Melhem & A.M. Giulietti, coords.). FAPESB/RIMA, São Paulo, v.5, p.318-319.
- BARBOSA, M.R.V. 2012a. *Guettarda*. In Lista de Espécies da Flora do Brasil (Jardim Botânico do Rio de Janeiro). <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB020753> (último acesso em 02/07/2012).
- BARBOSA, M.R.V. 2012b. *Malanea*. In Lista de Espécies da Flora do Brasil (Jardim Botânico do Rio de Janeiro). <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB020770> (último acesso em 02/07/2012).
- BARBOSA, M.R.V. 2012c. *Posoqueria*. In Lista de Espécies da Flora do Brasil (Jardim Botânico do Rio de Janeiro). <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB014150> (último acesso em 04/06/2012).
- BARBOSA, M.R.V. & ZAPPI, D. 2002. Distribuição das espécies de Rubiaceae na Caatinga. In *Vegetação e Flora da Caatinga* (E.V.S.B. Sampaio, A.M. Giulietti, J. Virginio, C.F.L. Gamarra-Rojas, eds.). APNE/CNIP, p.155-157.
- BARBOSA, M.R.V., ZAPPI, D., TAYLOR, C., CABRAL, E., JARDIM, J.G., PEREIRA, M.S., CALÓ, M.F., PESSOA, M.C.R., SALAS, R., SOUZA, E.B., DI MAIO, F.R., MACIAS, L., ANUNCIACÃO, E.A. DA, GERMANO FILHO, P., OLIVEIRA, J.A. & BRUNIERA, C.P. 2012. Rubiaceae. In Lista de Espécies da Flora do Brasil (Jardim Botânico do Rio de Janeiro). <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB000210> (último acesso em 26/12/2012).
- BRUMMITT, R.K. & POWELL, C.E. 1992. Authors of plant names. Royal Botanic Gardens, Kew.
- BURGER, W. & TAYLOR, C.M. 1993. Family 202 Rubiaceae. In *Flora costaricensis* (W. Burger, ed.). Fieldiana, Bot. n.s. 33, p.1-333.
- CABRAL, E.L. & BACIGALUPO, N.M. 1999. Estudio de las especies americanas de *Borreria* series *Leaves* (Rubiaceae, Spermaceae). *Darwiniana* 37(3-4):259-277.
- CABRAL, E.L. & BACIGALUPO, N.M. 2005. Novelties in Spermaceae (Rubiaceae) from Bolivia and Paraguay. *Brittonia* 57(2):129-140. [http://dx.doi.org/10.1663/0007-196X\(2005\)057\[0129:NISRFB\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1663/0007-196X(2005)057[0129:NISRFB]2.0.CO;2)
- CABRAL, E.L., MIGUEL, L.M. & SALAS, R.M. 2011. Dos especies nuevas de *Borreria* (Rubiaceae), sinopsis y clave de las especies para Bahía, Brasil. *Acta Bot. Bras.* 25(2):255-276. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062011000200002>
- CABRAL, E. & SALAS, R. 2012a. *Borreria*. In Lista de Espécies da Flora do Brasil (Jardim Botânico do Rio de Janeiro). <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB020694> (último acesso em 02/07/2012).
- CABRAL, E. & SALAS, R. 2012b. *Diodella*. In Lista de Espécies da Flora do Brasil (Jardim Botânico do Rio de Janeiro). <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB013934> (último acesso em 17/06/2012).
- CABRAL, E. & SALAS, R. 2012c. *Emmeorrhiza*. In Lista de Espécies da Flora do Brasil (Jardim Botânico do Rio de Janeiro). <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB013938> (último acesso em 02/07/2012).
- CABRAL, E. & SALAS, R. 2012d. *Richardia*. In Lista de Espécies da Flora do Brasil (Jardim Botânico do Rio de Janeiro). <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB014235> (último acesso em 03/06/2012).

- CAMPOS, M.T.V.A., ZAPPI, D.C., CALIÓ, M.F. & PIRANI, J.R. 2006. Flora de Grão-Mogol: Rubiaceae. Bol. Bot. Univ. São Paulo 24:41-67.
- CHAW, S.M. & PENG, C.I. 1987. Remarks on the species of Spermaceae (Rubiaceae) of Taiwan. J. Taiwan Mus. 40:71-83.
- COSTA, C.B. 2004. Revisão taxonômica de *Coccocypselum* P.Br. (Rubiaceae). Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo.
- COSTA, C.B. & MAMEDE, M.C.H. 2002. Sinopse do Gênero *Coccocypselum* P. Browne (Rubiaceae) no Estado de São Paulo, Brasil. Biota Neotropica 2(1)-<http://www.biotaneotropica.org.br/v2n1/pt/abstract?article+BN01402012002> (último acesso em 03/09/2012).
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM. 2005. Serviço Geológico do Brasil: Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea: Diagnóstico do Município de Pindobaçu. CPRM/PRODEEM, Salvador.
- DELPRETE, P.G. 2010a. Rubiaceae - Parte 1: Introdução, gêneros A - H. In Flora dos Estados de Goiás e Tocantins: coleção Rizzo (J.A. Rizzo, coord.). PRPPG/UFG e IRD, Goiânia, v.40, parte 1.
- DELPRETE, P.G. 2010b. Rubiaceae - Parte 2: gêneros I - R. In Flora dos Estados de Goiás e Tocantins: coleção Rizzo (J.A. Rizzo, coord.). PRPPG/UFG e IRD, Goiânia, v.40, parte 2.
- DELPRETE, P.G. 2010c. Rubiaceae - Parte 3: gêneros S - W. In Flora dos Estados de Goiás e Tocantins: coleção Rizzo (J.A. Rizzo, coord.). PRPPG/UFG e IRD, Goiânia, v.40, parte 3.
- DELPRETE, P.G. & CORTÉS-B, R. 2006. A synopsis of the Rubiaceae of the states of Mato Grosso and Mato Grosso do Sul, Brazil, with a key to genera, and a preliminary species list. Rev. Biol. Neotrop. 3:13-96.
- DELPRETE, P.G. & JARDIM, J.G. 2012. Systematics, taxonomy and floristics of Brazilian Rubiaceae: an overview about the current status and future challenges. Rodriguésia 63(1):101-128. <http://dx.doi.org/10.1590/S2175-78602012000100009>
- DELPRETE, P.G., SMITH, L.B. & KLEIN, R.M. 2004. Rubiaceae: I parte - As plantas/monografia - Rubi. In Flora Ilustrada Catarinense (A. Reis, ed.). Herbário 'Barbosa Rodrigues', Itajaí, v.1 gêneros de H-T.
- DELPRETE, P.G., SMITH, L.B. & KLEIN, R.M. 2005. Rubiaceae: I parte - As plantas / monografia - Rubi. In Flora Ilustrada Catarinense (A. Reis, ed.). Herbário 'Barbosa Rodrigues', Itajaí, v.2 gêneros de A-G.
- DIMITRI, S.B. 1959. Rubiaceae da cidade do Rio de Janeiro: tribo Spermaceae. Rodriguésia 22(33/34):241-283.
- DWYER, J.D. 1980. Flora of Panamá. 179. Rubiaceae. Ann. Missouri Bot. Gard. 67(1):1-256.
- GERMANO FILHO, P. 1999. Estudos Taxonômicos do gênero *Bathysa* C. Presl (Rubiaceae, Rondeletieae), no Brasil. Rodriguésia 50(76-77):49-75.
- GIULIETTI, A.M. & PIRANI, J.R. 1988. Patterns of geographic distribution of some plant species from the Espinhaço Range, Minas Gerais and Bahia, Brazil. In (W.R. Heyer & P.E. Vanzolini, eds.). Proceedings of a workshop on Neotropical Distribution Patterns. Anais Acad. Brasil. Ci. 60:39-69.
- GIULIETTI, A.M., PIRANI, J.R. & HARLEY, R.M. 1997. Espinhaço Range Region, Eastern Brazil. In Centres of plant diversity. A guide and strategy for their conservation. (S.D. Davis, V.H. Heywood, O Herrera-Macbride, J. Villa-Lobos & A.C Hamilton, eds.). IUCN Publication, Cambridge, v.3. The Americas, p.397-404.
- GIULIETTI, A.M., QUEIROZ, L.P. & RAPINI, A, eds. 2006. Towards greater knowledge of the Brazilian. Biodiversity and conservation of plants in Brazilian semi-arid biodiversity. Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio), Ministério da Ciência e Tecnologia.
- GOVAERTS, R., ANDERSSON, L., ROBBRECHT, E., BRIDSON, D., DAVIS, A., SCHANZER, I. & SONKE, B. 2012. World Checklist of Rubiaceae. Facilitated by the Royal Botanic Gardens. <http://www.kew.org/science-research-data/directory/teams/rubiaceae/index.htm> (último acesso em 20/abr/2012).
- HARLEY, R.M. 1995. Introduction. In Flora of the Pico das Almas, Chapada Diamantina (B.L. Stannard, ed.). Brazil. Royal Botanic Gardens, Kew, p.1-42.
- HARLEY, R.M., GIULIETTI, A.M., GRILO, A.S., SILVA, T.R.S., FUNCH, L., FUNCH, R.R., QUEIROZ, L.P., FRANÇA, F., MELO, E., GONÇALVES, C.N. & NASCIMENTO, F.H.F. 2005. Cerrado. In Biodiversidade e conservação da Chapada Diamantina (F.A. Junca, L. Funch & R. Rocha, orgs.). Ministério do Meio Ambiente, Brasília, p.121-152.
- HARRIS, J.G. & HARRIS, M.W. 2001. Plant identification terminology: an illustrated glossary. 2nd ed. Spring Lake Publishing, Spring Lake, 206p.
- JARDIM, J.G. & ZAPPI, D.C. 2008a. Two New Species of *Faramea* (Rubiaceae, Coussareeae) from Eastern Brazil. Novon 18:67-71. <http://dx.doi.org/10.3417/2006182>
- JARDIM, J.G. & ZAPPI, D.C. 2008b. Studies of *Faramea* Aubl. (Rubiaceae) in Brazil: two new species for Eastern Bahia - *F. nocturna* and *F. biflora*. Kew Bull. 63:131-136. <http://dx.doi.org/10.1007/s12225-007-9011-9>
- JARDIM, J.G. & ZAPPI, D.C. 2008c. *Carapichea lucida* (Rubiaceae: Psychotriaceae), a new species from Eastern Bahia, Brazil. Kew Bull. 63:661-664. <http://dx.doi.org/10.1007/s12225-008-9075-1>
- JUNG-MENDAÇOLLI, S.L. 2007. Rubiaceae. In Flora Fanerôgama do Estado de São Paulo (M.G.L. Wanderley, G.J. Shepherd, T.S. Melhem & A.M. Giulietti, coords.). FAPESP/RIMA, São Paulo, v.5, p.259-447.
- KIRKBRIDE JUNIOR, J.H. 1976. A revision of the genus *Declieuxia* (Rubiaceae). Mem. New York Bot. Gard. 28(4):1-87.
- LEAF ARCHITECTURE WORKING GROUP - LAWG. 1999. Manual of leaf architecture - morphological description and categorization of dicotyledonous and net-veined monocotyledonous angiosperms by leaf architecture. Smithsonian Institution, Washington.
- LEWIS, W. H. & OLIVER, R. L. 1974. Revision of *Richardia* (Rubiaceae). Brittonia 26(3):271-301. <http://dx.doi.org/10.2307/2805730>
- MACIAS, L.F.N. 1988. Revisão Taxonômica do gênero *Posoqueria* Aubl. (Rubiaceae). Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- MALDONADO, C. 2005. Las Rubiáceas encontradas en el proyecto de Inventario Botánico de la región de Madidi. Ecol. Bolivia 40(3):199-211.
- MASCARENHAS, J.F., LEDRU, P., SOUZA, S.L., CONCEIÇÃO FILHO, V.M., MELO, L.F.A., LORENZO, C.L. & MILÉSI, J.P. 1998. Geologia e recursos minerais do Grupo Jacobina e da parte sul do Greenstone Belt de Mundo Novo. Companhia Baiana de Pesquisa Mineral, Salvador. Série Arquivos Abertos.
- MELO, A.S. & BARBOSA, M.R.V. 2007. O gênero *Borreria* G. Mey (Rubiaceae) na Mata do Buraquinho, João Pessoa, Paraíba. Rev. Bras. Bioci. 5(2):627-629.
- MILESI, J.P.; LEDRU, P., MARCOUX, E., MOUGEOT, R., JOHAN, V., LEROUGE, C.; SABATE, P., BAILLY, L., RESPAUT, J.P. & SKIPWITH, P. 2002. The Jacobina Paleoproterozoic gold-bearing conglomerates, Bahia, Brazil: a hydrothermal shear-reservoir model. Ore Geo. Rev. 19:95-136. [http://dx.doi.org/10.1016/S0169-1368\(01\)00038-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-1368(01)00038-5)
- MORI, S.A.; SILVA, L.A.M.; LISBOA, G. & CORADIN, L. 1989. Manual de manejo do herbário fanerogâmico. CEPLAC, Ilhéus.
- MÜLLER, A. J. 1881. Rubiaceae. In Flora brasiliensis (C.F.P. Martius, ed.). F. Fleischer, Lipsiae, v.6 pars 5, p.1-470.
- PEREIRA, M.S. & BARBOSA, M.R.V. 2004. A família Rubiaceae na Reserva Biológica Guaribas, Paraíba, Brasil. Subfamílias Antirheoideae, Cinchonoideae e Ixoroideae. Acta Bot. Bras. 18(2):305-318. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062004000200010>
- PEREIRA, M.S. & BARBOSA, M.R.V. 2006. A família Rubiaceae na Reserva Biológica Guaribas, Paraíba, Brasil. Subfamília Rubioideae. Acta Bot. Bras. 20(2):455-470. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062006000200021>
- PESSOA, M.C.R. & MACIAS, L. 2012. *Manettia*. In Lista de Espécies da Flora do Brasil (Jardim Botânico do Rio de Janeiro). <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB014098> (último acesso em 02/08/2012).
- PESSOA, M.C.R. & ZAPPI, D. 2012. *Cordia*. In Lista de Espécies da Flora do Brasil (Jardim Botânico do Rio de Janeiro). <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB038701> (último acesso em 02/08/2012).

- PRADO, A.L. 1987. Revisão taxonômica do gênero *Tocoyena* Aubl. (Rubiaceae) no Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- RADFORD, A.E., DICKISON, W.C., MASSEY, J.R. & BELL, C.R. 1974. Vascular Plant Systematics. Harper & Row Publ., New York.
- ROBBRECHT, E. 1988. Tropical woody Rubiaceae. Opera Bot. Belg. 1:1-271.
- SALAS, R. & CABRAL, E. 2012. *Staelia*. In Lista de Espécies da Flora do Brasil (Jardim Botânico do Rio de Janeiro). <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB014329> (último acesso em 17/06/2012).
- SANTANA, A.J., MOREIRA, M.D. & COUTO, P.A.A. 1995. Esmeralda de Carnaíba e Socotó, Bahia: Geologia e Potencialidade Econômica. In Série Arquivos Abertos, CBPM (Companhia Baiana de Pesquisa Mineral), v.26, 26 p.
- SCHUMANN, K. 1888. Rubiaceae. In Flora brasiliensis (C.F.P. Martius, ed.). F. Fleischer, Lipsiae, v.6, pars 6, p.1-123.
- SOUZA, E.B. 2012. *Mitracarpus*. In Lista de Espécies da Flora do Brasil (Jardim Botânico do Rio de Janeiro). <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB038964> (último acesso em 20/08/2012).
- SOUZA, E.B., CABRAL, E.L. & ZAPPI, D.C. 2010. Revisão de *Mitracarpus* (Rubiaceae - Spermaceae) para o Brasil. Rodriguésia 61:319-352.
- SOUZA, E.B. & SALES, M.F. 2004. O gênero *Staelia* Cham. & Schtdl. (Rubiaceae - Spermaceae) no Estado de Pernambuco, Brasil. Acta Bot. Bras. 18(4):919-926. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062004000400023>
- STEYERMARK, J.A. 1967. Rubiaceae. In Botany of the Guayana Highlands, Part VII (B. Maguire & J.J. Wurdack, eds.). Mem. New York Bot. Gard. 17(1):230-436.
- STEYERMARK, J.A. 1972. Rubiaceae. In Botany of the Guayana Highlands, Part IX. (B. Maguire & J.J. Wurdack) Mem. New York Bot. Gard. 23:227-832.
- STEYERMARK, J.A. 1974. Rubiaceae. In Flora de Venezuela (T. Lasser, ed.). Instituto Botánico, Caracas, v.9, n.1, p.478-494.
- TAYLOR, C. 2012. *Psychotria*. In Lista de Espécies da Flora do Brasil (Jardim Botânico do Rio de Janeiro). <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB014185> (último acesso em 02/07/2012).
- TAYLOR, C. 2007. *Psychotria* L. nom.cons. In Flora Fanerógama do Estado de São Paulo (M.G.L. Wanderley, G.J. Shepherd, T.S. Melhem & A.M. Giulietti, coords.). FAPESP/RIMA, São Paulo, v.5, p.389-412.
- TAYLOR, C.M., CAMPOS, M.T.V. & ZAPPI, D. 2007. Flora da Reserva Ducke, Amazonas, Brasil: Rubiaceae. Rodriguésia 58:549-616.
- TAYLOR, C.M., STEYERMARK, J.A., DELPRETE, P.G., VICENTINI, A., CORTÉS, R., ZAPPI, D., PERSSON, C., COSTA, C.B. & ANUNCIACÃO, E.A. 2004. Rubiaceae. In Flora of the Venezuelan Guyana (J.A. Steyermark, et al. eds.). Mem. New York Bot. Gard. 8:497-874.
- THIERS, B. 2012. Index Herbariorum: a global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. <http://sweetgum.nybg.org/ih>. (último acesso em 02/12/2012).
- VALE, M.S.F. 2005. Análise da recepção dos moradores da Serra de Jacobina em relação ao desenvolvimento do ecoturismo associado a educação ambiental. Dissertação de mestrado, Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- ZAPPI, D.C. 1998. Rubiaceae. In Check-list das espécies vasculares de Morro do pai Inácio (Palmeiras) e Serra da Chapadinha (Lençóis), Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. (M.L. Guedes, org.). Instituto de Biologia da UFBA, Salvador, 79p.
- ZAPPI, D. 2008. Fitofisionomia da Caatinga associada à Cadeia do Espinhaço. Megadiversidade 4(1-2):34-37.
- ZAPPI, D. 2012a. *Coutarea*. In Lista de Espécies da Flora do Brasil (Jardim Botânico do Rio de Janeiro). <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB013915> (último acesso em 02/07/2012).
- ZAPPI, D. 2012b. *Perama*. In Lista de Espécies da Flora do Brasil (Jardim Botânico do Rio de Janeiro). <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB020801> (último acesso 01/07/2012).
- ZAPPI, D. 2012c. *Tocoyena*. In Lista de Espécies da Flora do Brasil (Jardim Botânico do Rio de Janeiro). <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB014338> (último acesso em 28/07/2012).
- ZAPPI, D.C., LUCAS, E., STANNARD, B.L., LUGHADHA, E., PIRANI, J.R., QUEIROZ, L.P., ATKINS, S., HIND, N., GIULIETTI, A.M., HARLEY, R.M., MAYO S.J. & CARVALHO, A.M. 2003. Lista de plantas vasculares de Catolés, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. Bol. Bot. Univ. São Paulo 21:345-398.
- ZAPPI, D.C. & STANNARD, B. 1995. Rubiaceae. In Flora of the Pico das Almas (B.L. Stannard, ed.). p.546-578.
- ZAPPI, D. & TAYLOR, C. 2012. *Palicourea*. In Lista de Espécies da Flora do Brasil (Jardim Botânico do Rio de Janeiro). <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB014138> (último acesso em 02/07/2012).

Recebido em 22/02/2013

Versão reformulada recebida em 01/08/2013

Publicado em 19/08/2013

Gall-inducing insects from Serra do Cabral, Minas Gerais, Brazil

Marcel Serra Coelho^{1,3}, Marco Antônio Alves Carneiro²,

Cristina Alves Branco¹ & Geraldo Wilson Fernandes¹

¹Laboratório de Ecologia Evolutiva e Biodiversidade, Departamento de Biologia Geral – DBG, Instituto de Ciências Biológicas – ICB, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, CP 486, CEP 30161-970 Belo Horizonte, MG, Brazil

²Laboratório de Entomologia Ecológica, Departamento de Biodiversidade, Evolução e Meio Ambiente – DEBIO, Instituto de Ciências Exatas e Biológicas – ICEB, Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, Campus Morro do Cruzeiro, CEP 35400-000, Ouro Preto, MG, Brasil

³Corresponding author: Marcel Serra Coelho, e-mail: marcel.s.coelho@gmail.com

COELHO, M.S., CARNEIRO, M.A.A., BRANCO, C. & FERNANDES, G.W. **Gall-inducing insects from Serra do Cabral, Minas Gerais, Brazil.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?article+bn02113032013>

Abstract: Our goal was describe the gall richness through the characterization of their external shapes and occurrence patterns in their host plants from Parque Estadual da Serra do Cabral. In a universe of 34 families, 64 genera and 89 plant species, 47 gall-inducing insects in 21 families, 32 genera and 39 host plant species were recorded. The families, which hosted higher gall richness, were those with highest abundance. Asteraceae represented 33% of the species collected followed by Malpighiaceae 8% and Fabaceae 8%, each one concentrating 25%, 19% and 8% of gall-inducing insects, respectively. The organ most attacked was the leaf (51%), followed by the stem (42%) and the terminal branch (4%). Ninety-six percent (96%) of galls were glabrous. Only 25.5% of the galls described in our study have been already recorded in previous studies, reinforcing the need to increase the sampling effort toward a better understanding of the richness, distribution, and natural history of gall-inducing insects from Brazil.

Keywords: biodiversity, biogeography, herbivore, host plant, insect-plant interaction.

COELHO, M.S., CARNEIRO, M.A.A., BRANCO, C. & FERNANDES, G.W. **Insetos indutores de galhas da Serra do Cabral, Minas Gerais, Brasil.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?article+bn02113032013>

Resumo: Objetivo deste estudo foi descrever a riqueza de morfotipos de galha por meio da caracterização de suas formas e os padrões de ocorrência em suas plantas hospedeiras no Parque Estadual da Serra do Cabral. Num universo de 34 famílias, 64 gêneros e 89 espécies de plantas, foram registradas 47 espécies de galhas induzidas por insetos em 21 famílias, 32 gêneros e 39 espécies de plantas hospedeiras. As famílias que concentraram maior riqueza de insetos galhadores foram as famílias mais abundantes. A família Asteraceae representou 33% das espécies coletadas, seguida das Malpighiaceae 8% e Fabaceae 8%, cada uma concentrando 25%, 19% e 8% das espécies de insetos galhadores, respectivamente. O órgão mais atacado foi a folha (51%), seguido do caule (42%) e ramo terminal (4%). Noventa e seis por cento (96%) das galhas foram glabras. O fato de apenas 25% das galhas descritas neste estudo já terem sido registradas em trabalhos prévios, reforça a necessidade em aumentar o esforço amostral na direção de um maior conhecimento sobre a riqueza, distribuição e história natural dos insetos indutores de galhas no Brasil.

Palavras-chave: biodiversidade, biogeografia, herbivoria, planta hospedeira, interação inseto-planta.

Introduction

Galls are anomalous structures from portions of organs or plant tissues that develop in response to the presence of an inducer organism, often an insect (Price 2005, Shorthouse et al. 2005). Gall development is the result of the interaction between the insect inductor and the host plant, where the insect acquires control over the host plant, diverting its resources away from growth, development and defense (Abrahamson & Weis 1997, Stone & Schönrogge 2003, Fernandes et al. 2010).

Gall-inducing insects and their host plants have been widely studied in recent decades in different Brazilian physiognomies, e.g.: Pantanal (Wetlands) (Julião et al. 2002), Amazon (Julião et al. 2005), Restinga (Brazilian Coastal Vegetation) (Maia 2001, 2005, Maia et al. 2002, Mendonça 2007, Oliveira & Maia; 2005), Atlantic Forest (Fernandes et al. 2001, Fernandes & Negreiros 2006, Santos et al. 2012), Cerrado (Brazilian Savannah) (Fernandes et al. 1988, Maia & Fernandes 2004, Gonçalves-Alvim & Fernandes 2001), Rupestrian Fields (Carneiro et al. 2009b), Tropical Dry Forest on Limestone Outcrops (Coelho et al. 2009) and Caatinga (Tropical Dry Forest) (Santos et al. 2011a). Despite this effort, some ecosystems were only recently sampled, such as the Tropical Dry Forest on Limestone Outcrops (Coelho et al. 2009), Altitude Wetland Forests (Santos et al. 2011b), Caatinga (Santos et al. 2011a) and Amazon (Almada & Fernandes 2011, Maia 2012).

The cerrado has the more galling surveys among Brazilian ecosystems, but due its large territory, there are many gaps to be filled to its local biodiversity. This work is part of a project with the goal of describing the natural history of gall-inducing insects, their galls, and their host plants from the Brazilian Cerrado and, in particular, from Rupestrian Fields. In a recent study, Carneiro et al. (2009b) recorded the gall richness in six distinct regions across the Espinhaço range, Minas Gerais. In this work, galls from Parque Estadual da Serra do Cabral (PESC) were described and characterized by their external morphology and their host plant occurrence.

Material and Methods

Samples were collected in two physiognomies of Cerrado: open fields (*Campo Cerrado*) and shrubby fields (*Campo Sujo*) in Parque Estadual da Serra do Cabral (PESC), located between the coordinates 17° 03' S-18° 13' S and 44° 05' W-44° 52' W. An area of 250,000 ha, with an altitudinal ranging from 600 m to 1385 m, in the Minas Gerais state, Brazil. The PESC climate is classified as Aw (Köppen classification), with two well defined seasons, hot and rainy summers, and cold and dry winters; an annual rainfall average of 750 mm and an average temperature of 22 °C. Samples were collected in April, 2008, the end of the rainy season. As part of the Espinhaço Range, PESC presents typical Cerrado physiognomies, rupestrian fields, gallery forests and Altitude Fields (Hatschbach et al. 2006).

Sampling was carried out according to standard methodology used to study galls diversity in Rupestrian Fields and Cerrado (Fernandes & Price 1988, Carneiro et al. 2009b). Along the altitudinal gradient, 10 points were arbitrarily defined ranging from 879 m to 1.255 m, with an altitude range of 376 m. The samples at higher altitudes were conducted in areas covered by Rupestrian Fields; at intermediate and low altitudes, samples were conducted on areas covered by Cerrado, Rupestrian Fields and Open Fields (*Campo Cerrado*). Forests, areas close to trails and any areas with visible human interference were excluded from the sampling.

Gall sampling was performed following the methodology described by Fernandes & Price (1988, but see Price et al. 1998). At each sampling point, a plot with 100 woody plants of shrub stature (between 0.3 and 2 m high) was arbitrarily selected, totaling 1,000

plants across the mountain. Each plant was sampled throughout the aerial part of the individual by counting directly the number of galls. According to Carneiro *et al.* (2009a) gall description associated with the identification of the host-plant species is a reliable indication of the galling insect richness. About 95% of described species of Cecidomyiidae from Brazil can be identified based on their external shape associated with the host plant on which they occur, reinforcing the use of this methodology as reliable in galling studies (Price et al. 1998, Blanche 2000, Cuevas-Reyes et al. 2003, 2004, Oyama et al. 2003). The sampled host plants and their galls were mounted and deposited in the herbariums OUPR e BHCB (acronyms according to Holmgren et al. 1990). The collected plants were separated into families and were then identified by specialists to the lowest taxonomic level possible. The classification of plant species followed the system proposed by Angiosperm Phylogeny Group III (2009). The galls were photographed and characterized according to the color, shape, presence or absence of hairs, and plant organ where they occur (see Carneiro et al. 2009b). Galling insects taxa were always identified when possible.

Results

In PESC 47 gall species within 21 families, 32 genera and 39 species of host plants have been found. In total, 34 families, 64 genera and 89 species of plants were sampled (Table 1, 2, Figure 1-3). The most abundant families hosted the highest gall richness. Asteraceae represented 33% of the species collected, followed by Malpighiaceae 8% and Fabaceae 8%, each one concentrating 25%, 19% and 8% of gall species, respectively. The genera that concentrated the highest richness of galls were *Byrsonima* (Malpighiaceae) with 13% and *Lessingianthus* (Asteraceae) with 8%. The species with the greatest galls richness was *Byrsonima guilleminiana* A.Juss. with 3 galls (6%). The genera and species that concentrated the most gall richness belong to the plant families with the highest occurrence, Asteraceae (33%), Fabaceae (8%) and Malpighiaceae (29%). The Cecidomyiidae (Diptera) family was the most frequent (93%), followed by Coleoptera (4%) and Hymenoptera (2%). The most common gall shapes were discoid (15%), fusiform (23%), globulous (23%), intumescence (10%), rolled edge (10%), elliptical (6%), terminal branch (4%) conical (6%) and rolled (2%). The organ most attacked was the leaf (51%), followed by the stem (42%) and the terminal branch (4%). Ninety-six percent (96%) of galls were glabrous.

Discussion

In this study, we found 47 of galling insect species, and only 12 (25.5%) had been reported in previous studies. Previous studies have reported *Duguetia furfuracea* [Table 1, Figure 1b, Urso-Guimarães et al. 2003, Urso-Guimarães & Scareli-Santos 2006, Malves & Frieiro-Costa 2012, Saito & Urso-Guimarães 2012], *Aspidosperma tomentosum* [Table 1, Figure 1c, Gonçalves-Alvim & Fernandes 2001, Araújo et al. 2011], *Baccharis salzmannii* [Table 1, Figure 1f, Carneiro et al. 2009b], *Eremanthus erythropappus* [Table 1, Figure 1h, Carneiro et al. 2009b, Saito & Urso-Guimarães 2012], *Lessingianthus tomentellus* [Table 1, Figure 1m, Carneiro et al. 2009b], *Jacaranda paucifoliata* [Table 1, Figure 1p, Carneiro et al. 2009b], *Tabebuia ochracea* (Cham.) Standl. [Table 1, Figure 1q, Urso-Guimarães et al. 2003], *Kielmeyera coriacea* [Table 1, Figure 2a, Carneiro et al. 2009b], *Microlicia confertiflora* [Table 1, Figure 3a, Carneiro et al. 2009b], *Eugenia puniceifolia* [Table 1, Figure 3b, Carneiro et al. 2009b, Saito & Urso-Guimarães 2012], *Palicourea rigida* [Table 1, Figure 3e], and *Vochysia elliptica* [Table 1, Figure 3g, Carneiro et al. 2009b], all with one gall morphotype. The fact that only 23% of the galls described in this study had been recorded in

Table 1. Host plants, description of galls at a Cerrado from Serra do Cabral, Minas Gerais, Brazil.

Host Plants	Likely gall maker taxa	Organ	Shape	Color	Pubescence	Chambers	Photos
Annonaceae							
<i>Duguetia furfuracea</i> (A. St.-Hil.) Saff.	Cecidomyiidae	leaf	elliptical	green	glabrous	1	1(a)
	Cecidomyiidae	leaf	globulous	green	glabrous	1	1(b)
Apocynaceae							
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	Cecidomyiidae	leaf	discoïd	green	glabrous	1	1(c)
Asteraceae							
<i>Acritopappus longifolius</i> (Gardner) R.M. King & H. Rob.	Cecidomyiidae	stem	rolled edge	green	glabrous	1	1(d)
<i>Aspilia jolyana</i> G. M. Barroso	Cecidomyiidae	leaf	rolled edge	green	glabrous	1	1(e)
<i>Baccharis salzmannii</i> DC.	Cecidomyiidae	stem	fusiform	brown	glabrous	1	1(f)
	Cecidomyiidae	leaf	elliptical	green	glabrous	1	1(g)
<i>Eremanthus erythropappus</i> (DC.) MacLeish	<i>Asphondylia serrata</i>	leaf	globulous	brown	glabrous	1	1(h)
	Cecidomyiidae	stem	fusiform	brown	glabrous	1	1(i)
<i>Lessingianthus coriaceus</i> (Less.) H. Rob.	Cecidomyiidae	leaf	globulous	green	glabrous	1	1(j)
	Cecidomyiidae	stem	intumescence	brown	glabrous	various	1(k)
<i>Lessingianthus hoveaeifolius</i> (Gardner) H. Rob.	Cecidomyiidae	leaf	globulous	green	glabrous	1	1(l)
<i>Lessingianthus tomentellus</i> (Mart. ex DC.) H. Rob.	Cecidomyiidae	stem	terminal branch	brown	glabrous	various	1(m)
<i>Lychnophoriopsis heterotheca</i> Sch. Bip.	Cecidomyiidae	stem	globulous	brown	glabrous	1	1(n)
<i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker	Cecidomyiidae	leaf	discoïd	green	glabrous	1	1(o)
Bignoniaceae							
<i>Jacaranda paucifoliata</i> Mart. ex DC.	Cecidomyiidae	stem	rolled	green	glabrous	1	1(p)
<i>Tabebuia ochracea</i> (Cham.) Standl.	Cecidomyiidae	leaf	intumescence	brown	hairy	1	1(q)
Bixaceae							
<i>Cochlospermum regium</i> (Schrank) Pilg.	Cecidomyiidae	leaf	conical	green	glabrous	1	1(r)
Chrysobalanaceae							
<i>Licania humilis</i> Cham. & Schltdl.	Cecidomyiidae	leaf	discoïd	brown	glabrous	1	1(s)
<i>Licania nitida</i> Hook. f.	Cecidomyiidae		rolled edge	green	glabrous	1	1(t)
Clusiaceae							
<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.	Cecidomyiidae	leaf	discoïd	brown	glabrous	1	2(a)
Convolvulaceae							
<i>Merremia tomentosa</i> Hallier	Cecidomyiidae	leaf	rolled edge	green	glabrous	1	2(b)
Erythroxylaceae							
<i>Erythroxylum campestre</i> A. St.-Hil.	Cecidomyiidae	stem	globulous	brown	glabrous	1	2(c)
Euphorbiaceae							
<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	unidentified	leaf	rolled edge	green	glabrous	various	2(d)
Fabaceae							
<i>Calliandra asplenioides</i> (Nees) Benth. ex Jackson	Cecidomyiidae	stem	fusiform	brown	glabrous	1	2(e)
<i>Chamaecrista geminata</i> (Benth.) H.S. Irwin & Barneby	Cecidomyiidae	stem	intumescence	brown	glabrous	1	2(f)
<i>Machaerium opacum</i> Vogel	Cecidomyiidae	stem	fusiform	brown	glabrous	1	2(g)
<i>Mimosa polycarpa</i> Kunth	Cecidomyiidae	leaf	globulous	green	hairy	1	2(h)
Lamiaceae							
<i>Hyptis eriophylla</i> Pohl ex Benth.	Cecidomyiidae	stem	fusiform	green	glabrous	1	2(i)
Lauraceae							
<i>Ocotea lancifolia</i> (Schott) Mez	Cecidomyiidae	leaf	globulous	green	glabrous	1	2(j)
Lythraceae							
<i>Diplusodon uninervius</i> Koehne	Cecidomyiidae	stem	fusiform	brown	glabrous	1	2(k)
Malpighiaceae							
<i>Banisteriopsis campestris</i> (A. Juss.) Little	Cecidomyiidae	leaf	discoïd	green	glabrous	1	2(l)

Table 1. Continued...

Host Plants	Likely gall maker taxa	Organ	Shape	Color	Pubescence	Chambers	Photos
<i>Banisteriopsis laevifolia</i> (A. Juss.) B. Gates	Cecidomyiidae	stem	globulous	brown	glabrous	1	2(m)
	Coleoptera	stem	fusiform	brown	glabrous	1	2(n)
<i>Byrsonima crassa</i> Nied.	Cecidomyiidae	leaf	discoïd	green	glabrous	1	2(o)
<i>Byrsonima guilleminiana</i> A. Juss.	Cecidomyiidae	leaf	discoïd	green	glabrous	1	2(p)
	Cecidomyiidae	leaf	elliptical	brown	glabrous	1	2(q)
	Cecidomyiidae	stem	intumescence	brown	glabrous	1	2(r)
<i>Byrsonima pachyphylla</i> A. Juss.	Coleoptera	stem	intumescence	brown	glabrous	1	2(s)
<i>Byrsonima</i> sp.	Cecidomyiidae	leaf	discoïd	green	glabrous	1	2(t)
Melastomataceae							
<i>Microlicia confertiflora</i> DC.	Cecidomyiidae	stem	fusiform	brown	glabrous	1	3(a)
Myrtaceae							
<i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunth) DC.	Hymenoptera	stem	fusiform	brown	glabrous	1	3(b)
Nyctaginaceae							
<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	Cecidomyiidae	stem	globulous	brown	glabrous	various	3(c)
	Cecidomyiidae	leaf	discoïd	green	glabrous	1	3(d)
Rubiaceae							
<i>Palicourea rigida</i> Kunth	Cecidomyiidae	leaf	discoïd	green	glabrous	1	3(e)
Verbenaceae							
<i>Lippia microphylla</i> Cham.	Cecidomyiidae	terminal branch	intumescence	brown	glabrous		3(f)
Vochysiaceae							
<i>Vochysia elliptica</i> Mart.	Cecidomyiidae	stem	fusiform	brown	glabrous	1	3(g)

Table 2. Number of gall-inducing insects associated with its plant families at a Cerrado from Serra do Cabral, MG. Families without galls were listed as "other families".

Families	Plants		Galls	
	Richness	%	Richness	%
Annonaceae	1	1.3	2	4.3
Apocynaceae	1	1.3	1	2.1
Asteraceae	26	33.3	12	25.5
Bignoniaceae	2	2.6	2	4.3
Bixaceae	1	1.3	1	2.1
Chrysobalanaceae	2	2.6	2	4.3
Clusiaceae	1	1.3	1	2.1
Convolvulaceae	1	1.3	1	2.1
Erythroxylaceae	1	1.3	1	2.1
Euphorbiaceae	3	3.8	1	2.1
Fabaceae	6	7.7	4	8.5
Lamiaceae	2	2.6	1	2.1
Lauraceae	1	1.3	1	2.1
Lythraceae	1	1.3	1	2.1
Malpighiaceae	6	7.7	9	19.1
Melastomataceae	3	3.8	1	2.1
Myrtaceae	3	3.8	1	2.1
Nyctaginaceae	1	1.3	2	4.3
Rubiaceae	1	1.3	1	2.1
Verbenaceae	2	2.6	1	2.1
Vochysiaceae	1	1.3	1	2.1
Outras familias	12	15.4	0	0.0
Total	78	100	47	100

previous studies reinforces the need to increase the sampling efforts of gall-inducing insects in the Espinhaço Range.

Using the same methods Carneiro et al. (2009b) recorded higher gall-inducing insects richness at different regions along the Espinhaço Range (PE Rio Preto = 75, RPPN Caraça = 71, PE Biribiri = 63, PE Itacolomi = 59, PE Serra do Ouro Branco = 50) than PE Serra do Cabral (= 47), except for PE Grão Mogol (= 18). Thus, the PESC is the area with the second lowest richness of gall-inducing insects in the Espinhaço Range. This fact can be partly explained by the absence of super hosts, species that concentrate a large number of gall-inducing insects (*sensu* Veldtman & McGeoch 2003). The regions with lower gall-inducing insect richness from the Espinhaço Range, PESC and PE Grão Mogol (Carneiro et al. 2009b) are also areas where species of the genus *Baccharis* were represented by only one host plant species [*B. platypoda*, (PESC) or where they were absent (PE Grão Mogol)]. *Baccharis* is an important genus that concentrates much of the galling insect richness of the Rupestrian Fields (Carneiro et al. 2009b).

The families Asteraceae, Fabaceae, Melastomataceae, Malpighiaceae and Myrtaceae are the most frequent in different Brazilian Cerrado physiognomies (Giulietti et al. 1987, Giulietti & Pirani 1988) as well as in PESC (Hatschbach et al. 2006). These families alone concentrated 52% of the gall insect richness from PESC. Some studies report greater gall-inducing insect richness in families and genera richest in host species (Fernandes 1992, Blanche & Westody 1995). Studies in other Brazilian ecosystems have shown similar patterns, such as Cerrado (Gonçalves-Alvim & Fernandes 2001), Rupestrian Fields (Maia & Fernandes 2004, Carneiro et al. 2009b), Atlantic Forests (Fernandes et al. 2001), Tropical Dry Forests (Coelho et al. 2009), Seasonal Sub-tropical Forest (Mendonça 2007).

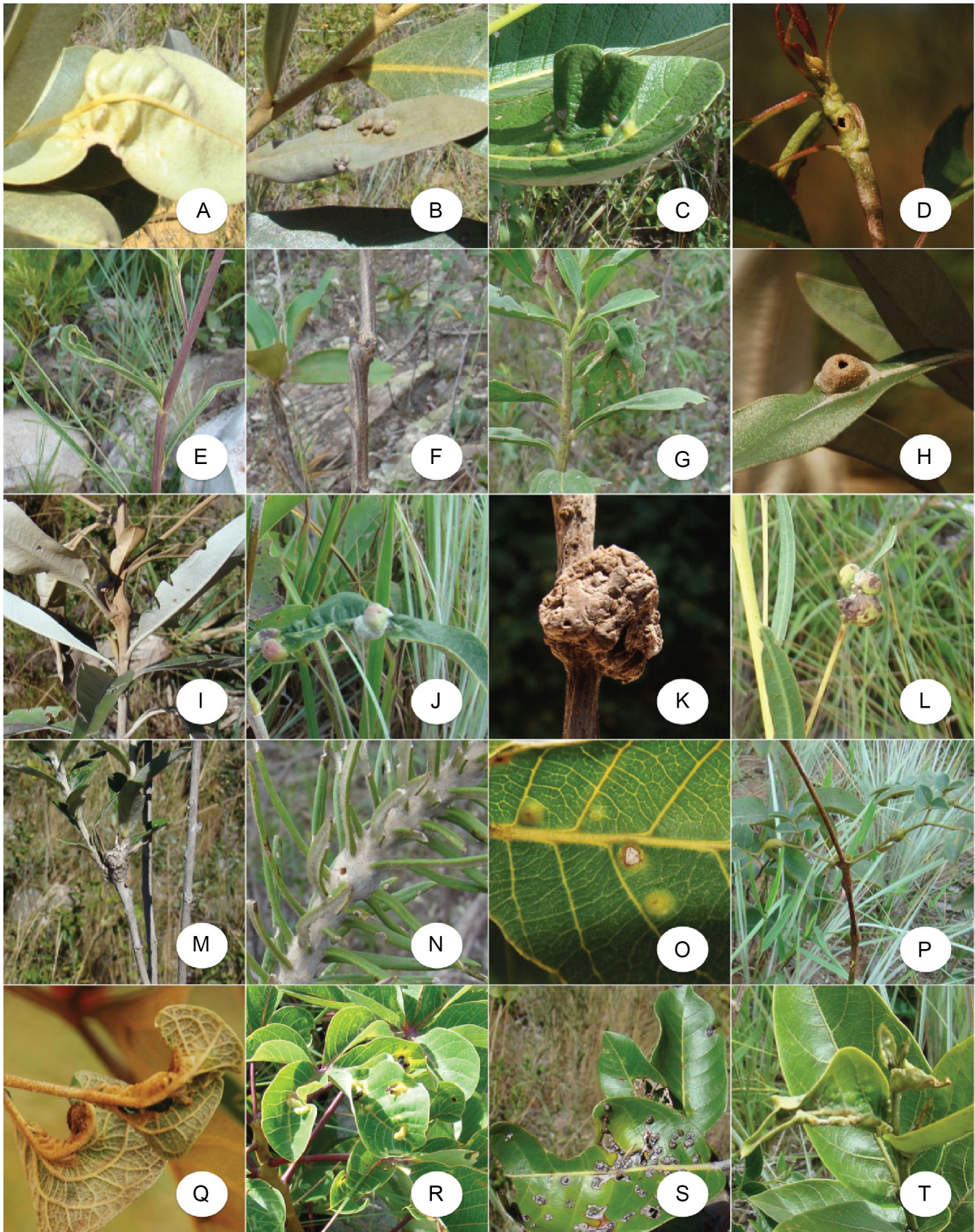


Figure 1. Host plants and its galls at a Cerrado from Serra do Cabral, Minas Gerais, Brazil. Annonaceae [*Duguetia furfuracea* (a-b)], Apocynaceae [*Aspidosperma tomentosum* (c)], Asteraceae [*Acritopappus longifolius* (d), *Aspilia jolyana* (e), *Baccharis salzmanii* (f-g), *Eremanthus erythropappus* (h-i), *Lessingianthus coriaceus* (j-k), *Lessingianthus hoveaeifolius* (l), *Lessingianthus tomentellus* (m), *Lychnophoriopsis heterotheca* (n), *Piptocarpha rotundifolia* (o)], Bignoniaceae [*Jacaranda paucifoliata* (p), *Tabebuia ochracea* (q)], Bixaceae [*Cochlospermum regium* (r)], Chrysobalanaceae [*Licania humilis* (s), *Licania nitida* (t)].

Galls from Serra do Cabral, Brazil

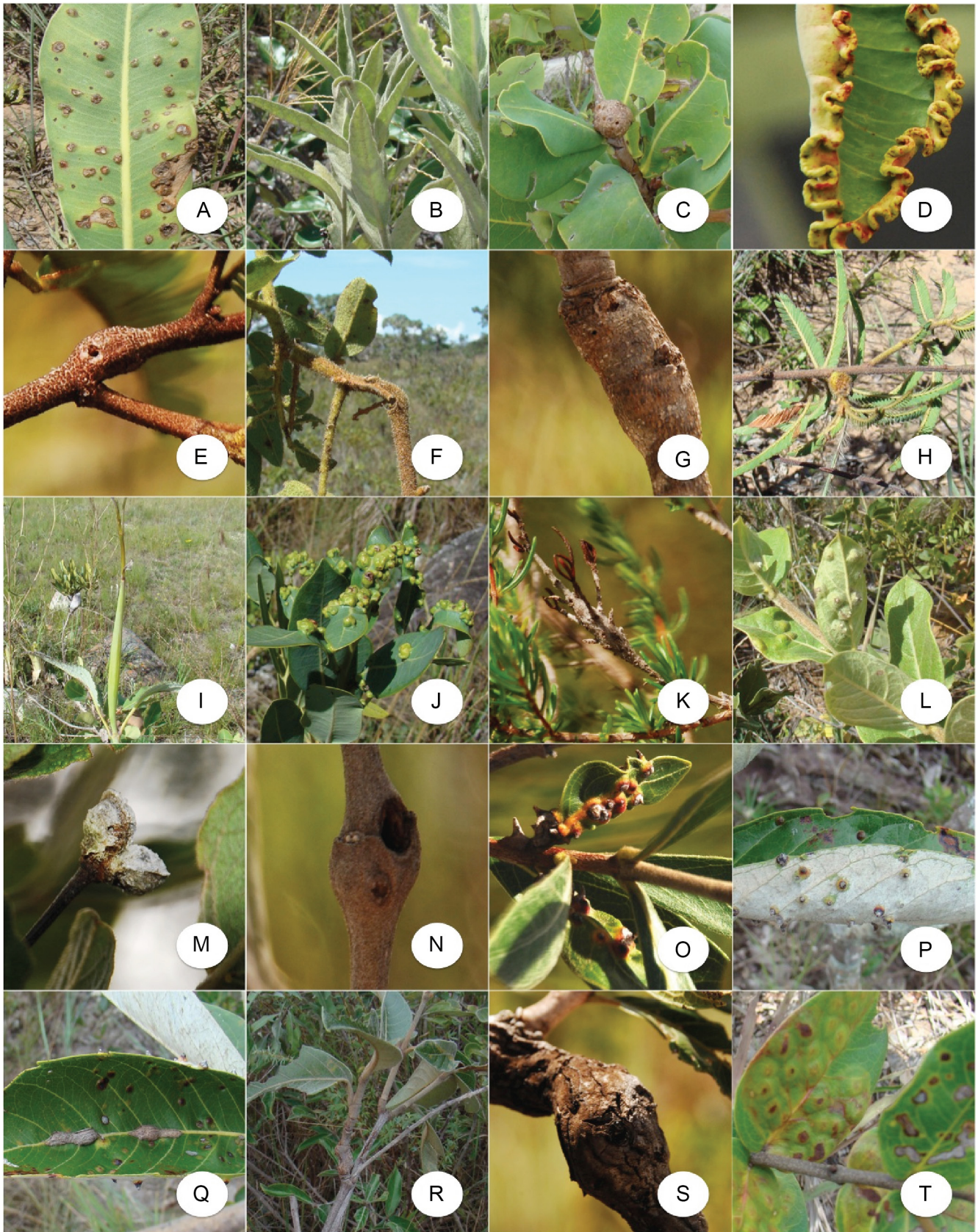


Figure 2. Host plants and its galls at a Cerrado from Serra do Cabral, Minas Gerais, Brazil. Clusiaceae [*Kielmeyera coriacea* (a)], Convolvulaceae [*Merremia tomentosa* (b)], Erythroxylaceae [*Merremia tomentosa* (c)], Euphorbiaceae [*Maprounea guianensis* (d)], Fabaceae [*Calliandra asplenioides* (e)], *Chamaecrista geminata* (f), *Machaerium opacum* (g), *Mimosa polycarpa* (h)], Lauraceae [*Ocotea lancifolia* (j)], Lythraceae [*Diplusodon uninervius* (k)], Malpighiaceae [*Banisteriopsis campestris* (l), *Banisteriopsis laevifolia* (m, n)], *Byrsonima crassa* (o), *Byrsonima guillemianiana* (p, q, r), *Byrsonima pachyphylla* (s), *Byrsonima* sp. (t)].

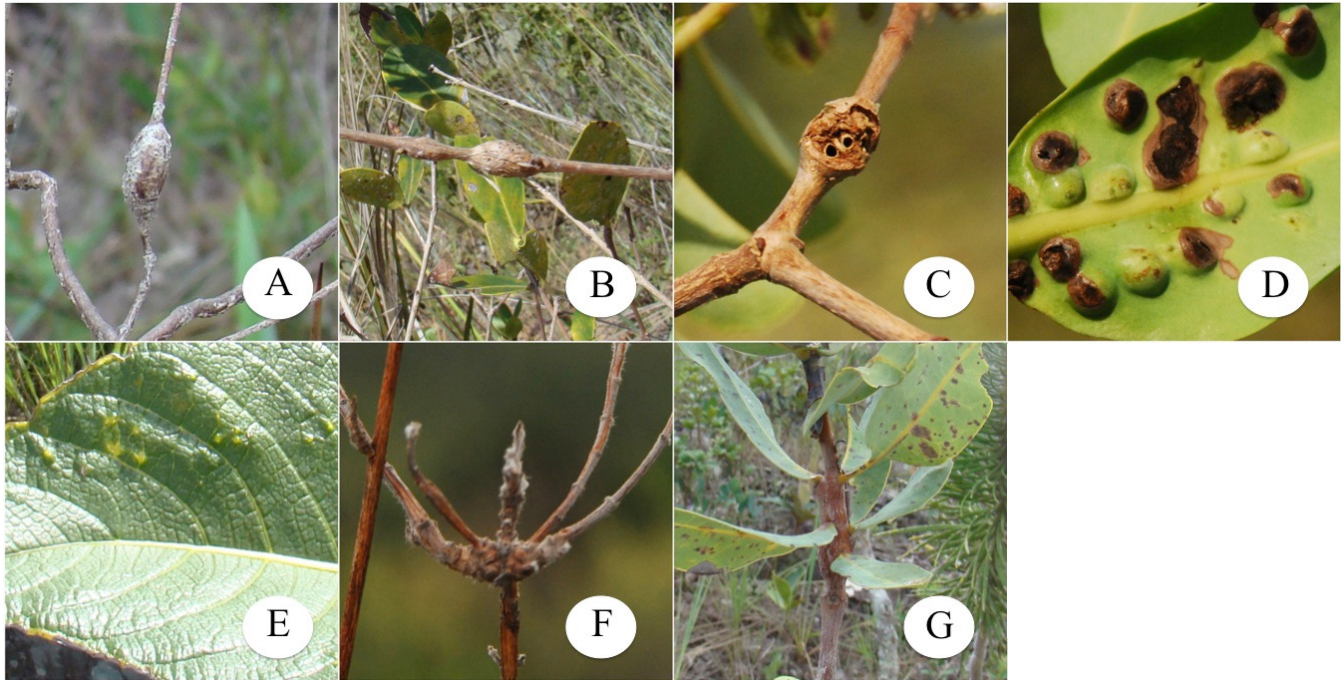


Figure 3. Host plants and its galls at a Cerrado from Serra do Cabral, Minas Gerais, Brazil. Melastomataceae [*Microlicia confertiflora* (a)], Mystaceae [*Eugenia puniceifolia* (b)], Nyctaginaceae [*Guapira noxia* (c-d)], Rubiaceae [*Palicourea rigida* (e)], Verbenaceae [*Lippia microphylla* (f)], Vochysiaceae [*Vochysia elliptica* (g)].

In this study, 93% of galling species belong to the Cecidomyiidae (Diptera) family, reflecting the great species richness of this family in Brazil, and in the Neotropics (Gagné 1994, Fernandes et al. 2001, Julião et al. 2002, Cuevas-Reyes et al. 2004, Maia 2005). As in other studies conducted in different biomes, such as Cerrado (Maia & Fernandes 2004), Atlantic Rain Forest (Fernandes & Negreiros 2006), Pantanal (Julião et al. 2002), Tropical Dry Forests (Coelho et al. 2009), 51% of galling insects occurred on leaves.

Studies relating to richness patterns and to the natural history of gall-inducing insects in Brazil are still incipient (Maia 2005). A study on global richness of gall-inducing insects estimated the existence of 21,000 to 211,000 species (Espírito-Santo & Fernandes 2007). This inaccuracy is probably due to the lack of more studies throughout the many ecosystems around the globe. Every new study focusing on gall-inducing insects inventories reports to science at least a 50% of new species (see Coelho et al. 2009). Therefore, further studies are needed in order to achieve a better understanding of the gall-inducing insect distribution in different Brazilian ecosystems.

Acknowledgments

We thank the two anonymous reviewers for the critical review and suggestions on the manuscript, Valeri Garcia for the English improvement and Dr. João Renato Stehmann (UFMG) for plant identifications. The Instituto Estadual de Florestas I.E.F. for logistical support. To FAPEMIG (2893/98) and CNPq (472811/2006-1; 30.9633 /2007-9) for financial support. To CAPES for the scholarship awarded to M. S. Coelho and M. A. A. Carneiro.

References

- ABRAHAMSON, W.G. & WEIS, A.E. 1997. Evolutionary ecology across three trophic levels: goldenrods, gallmakers and natural enemies. Princeton University Press, New Jersey, 456p.
- ALMADA, E.D. & FERNANDES, G.W. 2011. Insetos indutores de galhas em florestas de terra-firme em reflorestamentos com espécies nativas na Amazônia Oriental. Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi. Ser. Cienc. Nat. 6(2):1-10.
- ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP - APG. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. Bot. J. Linnean Soc. 161(2):105-121. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8339.2009.00996.x>
- ARAÚJO, W.S., SANTOS, B.B. & GOMES-KLEIN, V.L. 2011. Insect galls from Serra dos Pirineus, GO, Brazil. Biota Neotrop. 11(2):357-365. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032011000200034>
- BLANCHE, K.R. 2000. Diversity of insect-induced galls along a temperature-rainfall gradient in the tropical savannah region of the Northern Territory, Australia. Austral Ecol. 25(4):311-318. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1442-9993.2000.01040.x>
- BLANCHE, K.R. & WESTOBY, M. 1995. Gall-forming insect diversity is linked to soil fertility via host plant taxon. Ecology 76(7):2334-2337. <http://dx.doi.org/10.2307/1941706>
- CARNEIRO, M.A.A., BRANCO, C.S.A., BRAGA, C.E.D., ALMADA, E.D., COSTA, M.B.M., FERNANDES, G.W. & MAIA, V.C. 2009a. Are gall midge species (Diptera: Cecidomyiidae) host plant specialists? Rev. bras. Entomol. 53(3):365-378. <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262009000300010>
- CARNEIRO, M.A.A., BORGES, R.A.X., ARAÚJO, A.P.A. & FERNANDES, G.W. 2009b. Insetos indutores de galhas da porção sul da Cadeia do Espinhaço, MG. Rev. Bras. Entomol. 53(4):570-592. <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262009000400007>
- COELHO, M.S., ALMADA, E.D., FERNANDES, G.W., CARNEIRO, M.A.A., SANTOS, R.M., QUINTINO, A.V. & SANCHEZ-AZOFEIFA, A. 2009. Gall inducing arthropods from a seasonally dry tropical forest in Serra do Cipó, Brazil. Rev. Bras. Entomol. 53(3):404-414. <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262009000300015>
- CUEVAS-REYES, P., SIEBE, C., MARTÍNEZ-RAMOS, M. & OYAMA, K. 2003. Species richness of gall-forming insects in a tropical rain forest: correlations with plant diversity and soil fertility. Biodivers. Conserv. 12(3):411-422. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1022415907109>

- CUEVAS-REYES, P., QUESADA, M., HANSON, P., DIRZO, R. & OYAMA, K. 2004. Diversity of gall-inducing insects in a Mexican tropical dry Forest: the importance of plant species richness, life forms, host plant age and plant density. *J. Trop. Ecol.* 92(4):707-716. <http://dx.doi.org/10.1111/j.0022-0477.2004.00896.x>
- ESPÍRITO-SANTO, M.M. & FERNANDES, G.W. 2007. How many species of gall-inducing insects are there on earth, and where are they? *Ann. Entomol. Soc. Am.* 100(2):95-99.
- FERNANDES, G.W. 1992. Plant age and size effects on insular gall-forming species richness. *GLOBAL. Ecol. Biogeogr.* 2(3):71-74. <http://dx.doi.org/10.2307/2997508>
- FERNANDES, G.W., COELHO, M.S. & LÜTTGE, U. 2010. Photosynthetic efficiency of *Clusia arrudae* leaf tissue with and without Cecidomyiidae galls. *Braz. J. Biol.* 70(3):723-728. PMID:21085778. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842010000400004>
- FERNANDES, G.W., JULIÃO, G.R., ARAÚJO, R.C., ARAÚJO, S.C., LOMBARDI, J.A., NEGREIROS, D. & CARNEIRO, M.A.A. 2001. Distribution and morphology of insect galls of the Rio Doce Valley, Brazil. *Naturalia.* 26(5):211-244.
- FERNANDES, G.W. & NEGREIROS, D. 2006. A comunidade de insetos galhadores da RPPN Fazenda Bulcão, Aimorés, Minas Gerais, Brasil. *Lundiana.* 7(2):111-120.
- FERNANDES, G.W. & PRICE, P.W. 1988. Biogeographical gradients in galling species richness: tests of hypotheses. *Oecologia.* 76:161-167. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00379948>
- FERNANDES, G.W., EUGÊNIO, T.N. & MARTINS R.P. 1988. Ocorrência e caracterização de galhas entomógenas na vegetação do campus pampulha da universidade federal de Minas Gerais. *Rev. Bras. Entomol.* 5(1):11-29.
- GAGNÉ, R.J. 1994. The gall midges of the region neotropical. *Comstock: Ithaca.*
- GIULIETTI, A.M., MENEZES, N.L., PIRANI, J.R., MEGURO, M.L. & WANDERLEY, M.G.L. 1987. Flora da Serra do Cipó: Caracterização e lista de espécies. *Bol. Bot. Univ. S. Paulo* 9(1):1-152.
- GIULIETTI, A.M. & PIRANI, J.R. 1988. Patterns of Geographic distribution of some Plant Species from the Espinhaço Range, Minas Gerais, Brazil. In *Proceedings of a Workshop on Neotropical Biodiversity Distribution Patterns* (P.E. Vanzolini & W.R. Heyer, ed.) Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, p.39-69.
- GONÇALVES-ALVIM, S.J. & FERNANDES, G.W. 2001. Biodiversity of galling insects: historical, community and habitat effects in four neotropical savannas. *Biodivers. Conserv.* 10(1):79-98. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1016602213305>
- HATSCHBACH, G., GUARÇONI E.A.E., SARTORI, M.A. & RIBAS, O.S. 2006. Aspectos fisionômicos da vegetação da Serra do Cabral - Minas Gerais - Brasil. *Bol. Mus. Bot. Mun.* 67:1-22.
- HOLMGREN, P.K., HOLMGREN, N.H. & BARNETT, L.C. 1990. *Index Herbariorum. Part I: The Herbaria of The World.* New York Botanical Garden, New York.
- JULIÃO, G.R., AMARAL, M.E.C. & FERNANDES, G.W. 2002. Galhas de insetos e suas plantas hospedeiras no Pantanal sul-mato-grossense. *Naturalia.* 27:47-74.
- JULIÃO, G.R., VENTICINQUE, E.M., FERNANDES, G.W. & KRAUS, J.E. 2005. Richness and abundance of gall-forming insects in the Mamirauá Varzea, a flooded Amazonian forest. *Uukari.* 1(1):39-42.
- MALVES, K. & FRIEIRO-COSTA, A. 2012. List of Plants with galls induced by insects from the UNILAVRAS/Boqueirão Biological Reserve, Ingaí, state of Minas Gerais, Brazil. *CheckList* 8(3):426-431.
- MAIA, V.C. 2001. The gall midges (Diptera, Cecidomyiidae) from three restingas of Rio de Janeiro State, Brazil. *Rev. Bras. Zool.* 18(2):583-629. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752001000200028>
- MAIA, V.C. 2005. Catálogo dos Cecidomyiidae (Diptera) do estado do Rio de Janeiro. *Biota Neotrop* < i> bibEm > 5(2):1-26. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032005000300014>
- MAIA, V.C. 2012. Characterization of insect galls, gall makers, and associated fauna of Platô Bacaba (Porto de Trombetas, Pará, Brazil). *Biota Neotrop.* 11(4):1-17.
- MAIA, V.C. & FERNANDES, G.W. 2004. Insect galls from Serra de São José (Tiradentes, MG, Brazil). *Rev. Bras. Biol.* 6(3):423-445.
- MAIA, V.C., AZEVEDO, M.A.P. & COURI, M.S. 2002. New contribution to the knowledge of the gall midges (Diptera, Cecidomyiidae) from the restinga of Barra de Maricá (Rio de Janeiro, Brazil). *Stud Diptero.* 9(2):447-452.
- MENDONÇA, M.S. 2007. Plant diversity and galling arthropod diversity searching for taxonomic patterns in an animal-plant interaction in the neotropics. *Bol. Soc. Arg. Bot.* 42(3):347-357.
- OYAMA, K., PÉREZ-PÉREZ, M.A., CUEVAS-REYES, P. & LUNA-REYES, R. 2003. Regional and local species richness of gall-inducing insects in two tropical rain forests in Mexico. *J. Trop. Ecol.* 19(5):595-598. <http://dx.doi.org/10.1017/S0266467403003651>
- OLIVEIRA, J.C. & MAIA, V.C. 2005. Ocorrência e caracterização de galhas de insetos na restinga de Grumari (Rio de Janeiro, RJ, Brasil). *Arq. Mus. Nac.* 63(4):669-675.
- PRICE, P.W. 2005. Adaptive radiation of gall-inducing insects. *Basic Appl. Ecol.* 6(5):413-421. <http://dx.doi.org/10.1016/j.baae.2005.07.002>
- PRICE, P.W., FERNANDES, G.W., LARA, A.C.F., BRAUN, J., GERLING, D., BARRIOS, H., WRIGHT, M.G., RIBEIRO, S.P. & ROTHCLIFF, N. 1998. Global patterns in local number of insect galling species. *J. Biogeogr.* 25(3):581-591. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2699.1998.2530581.x>
- SAITO, V.S. & URSO-GUIMARÃES, M.V. 2012. Characterization of galls, insect galls and associated fauna of Ecological Station of Jataí (Luiz Antônio, SP). *Biota Neotrop.* 12(3):99-107. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032012000300011>
- SANTOS, J.C., ALMEIDA-CORTEZ, J.S. & FERNANDES, G.W. 2011a. Richness of gall-inducing insects in the tropical dry forest (caatinga) of Pernambuco. *Rev. Bras. Entomol.* 55(1):45-54. <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262011000100009>
- SANTOS, J.C.; ALMEIDA-CORTEZ, J.S. & FERNANDES, G.W. 2011b. Diversity of gall-inducing insects in the high altitude wetland forests in Pernambuco, Northeastern Brazil. *Braz. J. Biol.* 71(1):47-56. PMID:21437398. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842011000100008>
- SANTOS, J.C.; ALMEIDA-CORTEZ, J.S. & FERNANDES, G.W. 2012. Gall-inducing insects from Atlantic forest of Pernambuco, Northeastern Brazil. *Biota Neotrop.* 12(3):197-213. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032012000300020>
- SHORTHOUSE, J.D., WOOL, D. & RAMAN, A. 2005. Gall-inducing insects - Nature's most sophisticated herbivores. *Basic Appl. Ecol.* 6(5):407-411. <http://dx.doi.org/10.1016/j.baae.2005.07.001>
- STONE, G.N. & SCHÖNRÖGGE, K. 2003. The adaptive significance of insect gall morphology. *Trends Ecol. Evol.* 18(10):512-522. [http://dx.doi.org/10.1016/S0169-5347\(03\)00247-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-5347(03)00247-7)
- URSO-GUIMARÃES, M.V.; SCARELI-SANTOS C. & BONIFÁCIO-SILVA A.C.. 2003. Occurrence and characterization of entomogen galls in plants from natural vegetation areas in Delfinópolis, MG, Brazil. *Braz. J. Biol.* 63(4):705-715. PMID:15029382. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842003000400018>
- URSO-GUIMARÃES, M.V. & SCARELI-SANTOS, C. 2006. Galls and gall makers in plants from the pé-de-gigante cerrado reserve, Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brazil. *Braz. J. Biol.* 66(1): 357-369.
- VELDTMAN, R. & McGEACH, M.A. 2003. Gall-forming insect species richness along a non-scleromorphic vegetation rainfall gradient in South Africa: the importance of plant community composition. *Austral Ecol.* 28(1):1-13. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1442-9993.2003.01234.x>

Received 04/02/2013

Revised 07/08/2013

Accepted 08/14/2013

Composição taxonômica e distribuição de anuros no Alto e Médio Paranapanema, estado de São Paulo

Cybele de Oliveira Araujo^{1,4}, Ciro Koiti Matsukuma² & Selma Maria de Almeida Santos³

¹Seção de Animais Silvestres, Instituto Florestal, Rua do Horto, 931, Horto Florestal, CEP 02377-000, São Paulo, SP, Brasil

²Seção de Manejo e Inventário Florestal, Instituto Florestal, Rua do Horto, 931, Horto Florestal, CEP 02377-000, São Paulo, SP, Brasil

³Laboratório de Ecologia e Evolução, Instituto Butantan, Av. Dr. Vital Brazil, 1500, CEP 05503-900, São Paulo, SP, Brasil

⁴Autor para correspondência: Cybele de Oliveira Araujo, e-mail: cyaraujo@if.sp.gov.br

ARAÚJO, C.O., MATSUKUMA, C.K. & AMEIDA-SANTOS, S.M. **Taxonomic composition and distribution of anurans in the Upper and Middle Paranapanema, São Paulo state, Brazil.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?inventory+bn01713032013>

Abstract: The anurans of São Paulo state are the best known in Brazil. However, there are still considerable gaps in the sampling of anurans in the state, especially within the natural vegetation remnants of the Paranapanema River watersheds. The purpose of this study was to collect information on the taxonomic composition, distribution, and conservation status of anurans in the Upper and Middle Paranapanema, thus helping to identify the municipalities poorly known for this taxon in these regions. Of the 91 municipalities analyzed, only 15 (16%) could be classified as relatively well sampled, having been studied for long periods by various researchers. We recorded 124 anuran species belonging to 36 genera and 12 families (Brachycephalidae, Bufonidae, Centrolenidae, Ceratophryidae, Craugastoridae, Cycloramphidae, Odontophrynidae, Hemiphractidae, Hylidae, Hylodidae, Leptodactylidae, and Microhylidae). The species richness of the anurans found in the Upper Paranapanema was far greater than that in the Middle Paranapanema. The species richness gradually decreases from the southern and southeastern portion of the Upper Paranapanema, where ombrophilous forest predominate, towards the Middle Paranapanema, where Cerrado formations and seasonal semideciduous forest are dominant. The findings of this study are important to expanding our knowledge on anuran diversity in the Cerrado and Atlantic Forest, which are two priority global hotspots for biodiversity conservation in Brazil.

Keywords: *amphibians, Atlantic Forest, Cerrado, conservation, inventory, Paranapanema River watersheds.*

ARAÚJO, C.O., MATSUKUMA, C.K. & AMEIDA-SANTOS, S.M. **Composição taxonômica e distribuição de anuros no Alto e Médio Paranapanema, estado de São Paulo.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?inventory+bn01713032013>

Resumo: A fauna de anuros do estado de São Paulo pode ser considerada a mais conhecida no país. No entanto, ainda existem consideráveis lacunas amostrais no estado, sobretudo em remanescentes de vegetação natural das bacias hidrográficas do rio Paranapanema. Neste sentido, o objetivo deste estudo foi reunir informações sobre a composição taxonômica, distribuição e o *status* de conservação dos anuros no Alto e Médio Paranapanema, auxiliando na identificação dos municípios que ainda permanecem como vazios amostrais deste táxon nestas bacias hidrográficas. Dos 91 municípios avaliados, apenas 15 (16%) podem ser classificados como relativamente bem amostrados, tendo sido estudados por longos períodos e vários pesquisadores. Registrou-se um total de 124 espécies de anuros, pertencentes a 36 gêneros e 12 famílias (Brachycephalidae, Bufonidae, Centrolenidae, Ceratophryidae, Craugastoridae, Cycloramphidae, Odontophrynidae, Hemiphractidae, Hylidae, Hylodidae, Leptodactylidae e Microhylidae). A riqueza de anuros registrada no Alto Paranapanema é muito superior à encontrada no Médio Paranapanema, existindo uma diminuição gradual na riqueza de espécies partindo da porção sul e sudeste do Alto Paranapanema, onde predominam a floresta ombrófila, em direção ao Médio Paranapanema que apresenta uma dominância das formações de Cerrado e floresta estacional semidecidual. Este estudo é uma importante contribuição para ampliar o conhecimento sobre a diversidade de anuros no Cerrado e Mata Atlântica, os dois *hotspots* mundiais prioritários para a conservação biológica existentes no país.

Palavras-chave: *anfíbios, Mata Atlântica, Cerrado, conservação, inventário, bacias hidrográficas do rio Paranapanema.*

Introdução

A fauna de anuros do estado de São Paulo pode ser considerada como a mais conhecida do país, no entanto ainda existem consideráveis lacunas amostrais no nordeste e sudeste do estado como nas bacias hidrográficas do rio Paranapanema (Rossa-Feres et al. 2011). Contudo, nos últimos anos houve um aumento significativo no número de trabalhos publicados que abordam a composição de espécies de anuros em localidades presentes nas bacias hidrográficas do Alto e Médio Paranapanema (Condez et al. 2009, Araujo et al. 2010, 2013, Brassaloti et al. 2010, Forlani et al. 2010, Araujo & Almeida-Santos 2011, 2013, Maffei et al. 2011a,b). Até o momento, são conhecidas no estado 230 espécies de anuros (Rossa-Feres et al. 2011), o que representa 25% da riqueza de espécies encontradas no país (Segalla et al. 2012). A anurofauna do estado pode ser dividida em dois grupos. Um deles é composto pelas espécies presentes nas fitofisionomias de floresta ombrófila da encosta litorânea e serras do Mar, Mantiqueira e Bocaina e o segundo grupo por espécies associadas às formações de Cerrado e floresta estacional que ocorrem predominantemente no Planalto Ocidental Paulista (Rossa-Feres et al. 2008). O Alto e Médio Paranapanema apresentam remanescentes de Cerrado, floresta estacional semidecidual e floresta ombrófila (Kronka et al. 2005).

O Cerrado está distribuído por planaltos, depressões e planícies dominadas por formações campestres e savânicas e em menor proporção matas de galeria e floresta estacional (Oliveira-Filho & Ratter 2002, Silva & Bates 2002, Ab'Sáber 2005, Ribeiro & Walter 2008). Esta heterogeneidade ambiental apresenta-se refletida em sua biota que é reconhecida mundialmente como uma das mais ricas em espécies e endemismos e encontra-se severamente ameaçada pelas atividades humanas (Colli et al. 2002, Mittermeier et al. 2004, Klink & Machado 2005, Diniz-Filho et al. 2008). Este domínio fitogeográfico encontra-se bastante impactado, sendo a agricultura e a pecuária extensiva responsáveis pela maior parte da supressão de sua cobertura vegetal, que originalmente correspondia a 23% do território nacional (Ratter et al. 1997, Klink & Machado 2005, Sano et al. 2010). Aproximadamente 40% de sua vegetação natural foram devastadas e a porção mais ao sul deste domínio é a mais severamente afetada, apresentando apenas 15% de sua extensão original (Sano et al. 2010). É justamente nas regiões sul e sudoeste do Cerrado que a riqueza de espécies de anuros tende a ser mais elevada (Diniz-Filho et al. 2008, Valdujo 2011). No estado, o Cerrado apresenta-se sob a forma de manchas dispersas, especialmente na Depressão Periférica e no Planalto Ocidental Paulista, sendo que somente 0,5% de sua cobertura vegetal encontra-se protegida por unidades de conservação que ainda sofrem ameaças como o isolamento, risco de incêndios e invasão por espécies vegetais exóticas (Durigan et al. 2004a, b, Durigan et al. 2007). Um estudo recente registrou 209 espécies de anuros no Cerrado, das quais 51,7% são endêmicas deste domínio (Valdujo et al. 2012). Dentre suas diversas formações vegetais, as fisionomias campestres e savânicas apresentam maior diversidade de espécies de anuros quando comparadas às formações florestais (Brandão & Araújo 2002, Brasileiro et al. 2005, Valdujo et al. 2011), sendo justamente estas formações abertas as mais susceptíveis ao desaparecimento no estado (Durigan et al. 2003).

Assim como no Cerrado, processos históricos de uso e ocupação do solo levaram à supressão e fragmentação da cobertura vegetal na Mata Atlântica, restando menos de 12% de sua extensão original, o que correspondia a 15% do território brasileiro (Morellato & Haddad 2000, Ribeiro et al. 2009). Estimativas recentes apontam que este domínio fitogeográfico apresenta-se sob a forma de fragmentos descontínuos, sendo a maior parte (80%) menor que 50 ha (Ribeiro et al. 2009). Dentre as formações florestais brasileiras, a

floresta estacional semidecidual é uma das mais ameaçadas e a que sofreu maior desmatamento, sobretudo em regiões onde a topografia propicia a agropecuária (Leitão-Filho 1987, Durigan et al. 2000, Ribeiro et al. 2009). Alguns autores consideram que sua composição florística é uma transição entre a floresta ombrófila atlântica e o Cerrado, sendo classificada como um subconjunto da flora muito mais diversa da floresta ombrófila e provavelmente, composta por espécies capazes de sobreviver a uma estação seca mais prolongada (Leitão-Filho 1987, Oliveira-Filho & Fontes 2000, Oliveira 2006). Entretanto, estudos sugerem que esta formação vegetal seja considerada uma unidade fitogeográfica distinta, possuindo um número considerável de táxons endêmicos de plantas, lagartos e anuros (Prado 2000, Werneck & Colli 2006, Iop et al. 2011, Werneck et al. 2011). A Mata Atlântica é o domínio brasileiro que possui a maior riqueza de anuros, apresentando mais de 400 espécies e pelo menos 85% de endemismo (Cruz & Feio 2007), desconsiderando-se várias espécies descritas mais recentemente. Adicionalmente, 27 dos 39 modos reprodutivos de anuros conhecidos no mundo são encontrados neste domínio (Haddad & Prado 2005). Uma vez que os modos reprodutivos são filogeneticamente conservados em anuros, é possível concluir que a diversidade filogenética desta taxocenose é maior em localidades de Mata Atlântica, que apresenta uma maior variedade de modos reprodutivos em relação aos outros domínios fitogeográficos do país (Silva et al. 2012). Considerando que a precipitação anual (umidade) é a variável climática que mais prediz estes parâmetros (Vasconcelos et al. 2010, Silva et al. 2012), espera-se que a riqueza de espécies, o número de modos reprodutivos e a diversidade filogenética não estejam distribuídos homogeneamente ao longo da Mata Atlântica. No estado, é possível identificar uma diminuição gradual na riqueza de anuros partindo das fisionomias de floresta ombrófila presentes no litoral (211 espécies) em direção ao interior, onde predominam as formações de Cerrado e floresta estacional (58 espécies) e a sazonalidade climática é mais acentuada (Araújo et al. 2009b, Rossa-Feres et al. 2011).

Considerando que estudos realizados no Cerrado e Mata Atlântica prevêem em um cenário de mudanças climáticas alterações na disponibilidade de áreas adequadas para ocorrência de muitas espécies de anuros, em especial as endêmicas e especialistas no uso do hábitat (Haddad et al. 2008a, Silvano 2011), torna-se imprescindível a realização de inventários e estudos de monitoramento destas espécies em localidades que se mantêm como lacunas amostrais (Verdade et al. 2012). Neste contexto, o objetivo deste estudo foi reunir e sintetizar informações sobre a composição taxonômica, distribuição e o *status* de conservação dos anuros no Alto e Médio Paranapanema, auxiliando na identificação dos municípios que ainda permanecem como vazios amostrais desta taxocenose.

Material e Métodos

1. Local de estudo

As bacias hidrográficas do Alto e Médio Paranapanema referem-se à porção paulista do rio Paranapanema. O Alto Paranapanema ocupa uma área de aproximadamente 2,3 milhões de hectares e apresenta em seus limites físicos 55 municípios (Kronka et al. 2005) (Figura 1). O Médio Paranapanema ocupa uma área aproximada de 1,7 milhões de hectares, abrangendo 57 municípios (Kronka et al. 2005) (Figura 1). Em sua maior parte, a bacia hidrográfica do Alto Paranapanema situa-se na Depressão Periférica Paulista, no subcompartimento denominado Depressão do Paranapanema. Esta região apresenta uma densa rede de drenagem, um relevo mais acidentado e colinas amplas mais restritas (Instituto... 1981). A porção sul e sudeste desta bacia hidrográfica está inserida no Planalto

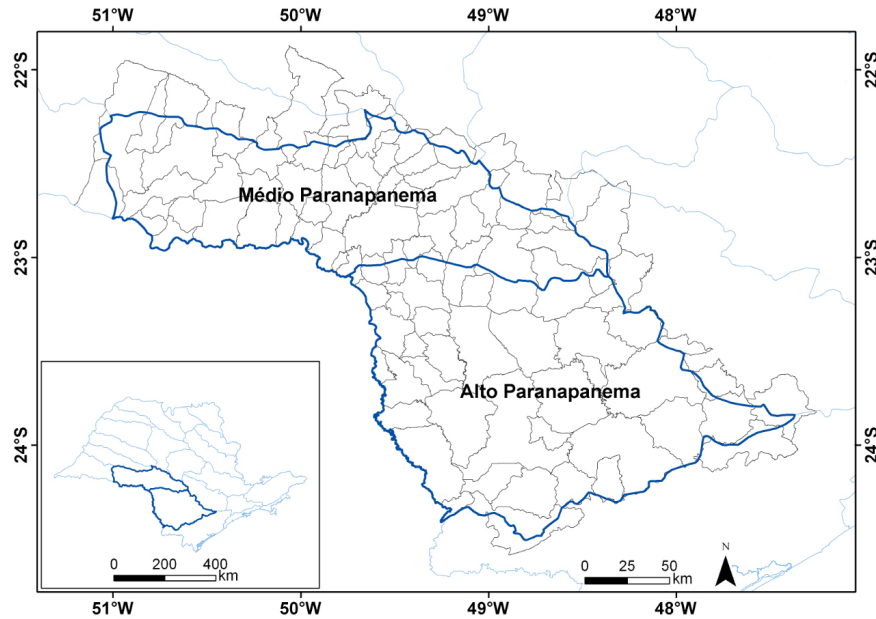


Figura 1. Municípios do Alto e Médio Paranapanema. No detalhe à esquerda estão representadas as bacias hidrográficas do estado de São Paulo, com destaque para o Alto e Médio Paranapanema.

Figure 1. Municipalities of Upper and Middle Paranapanema. On the left, note the watersheds of the São Paulo state, Brazil, highlighting the Upper and Middle Paranapanema.

Atlântico e a região mais ao norte localiza-se nas Cuestas Basálticas. Já a bacia hidrográfica do Médio Paranapanema está quase que totalmente inserida no Planalto Ocidental Paulista, apresentando um relevo levemente ondulado com predomínio de colinas amplas e baixas com topos aplainados. A drenagem é de baixa densidade com vales abertos e planícies aluviais (Ross & Moroz 1997). Estas bacias hidrográficas se encontram em zona de transição dos tipos climáticos de Köppen: Cwa (verão quente e inverno seco) e Cfa (verão quente sem estação seca) (Setzer 1966). Nas regiões sul e sudeste do Alto Paranapanema também está presente o tipo climático Cfb de Köppen, caracterizado por verões amenos e ausência de estação seca (Peel et al. 2007), sendo que os maiores índices pluviométricos (entre 1.500 e 2.000 mm) são encontrados nestas regiões (Lepsch et al. 1990). Nas áreas sob a influência dos tipos climáticos Cwa e Cfa, a precipitação pluviométrica anual média varia em torno de 1.425 mm (Durigan 2010). A cobertura vegetal é composta por remanescentes de Cerrado, floresta estacional semidecidual, floresta ombrófila densa e floresta ombrófila mista (*sensu* Veloso et al. 1991), estando estas duas últimas fitofisionomias presentes predominantemente na porção sul e sudeste do Alto Paranapanema (Kronka et al. 2005) (Figura 2). A vegetação natural remanescente do Alto e Médio Paranapanema corresponde a 15% e 6,4% da superfície destas bacias, respectivamente (Kronka et al. 2005).

2. Coleta e análise dos dados

Do total de 102 municípios presentes no Alto e Médio Paranapanema (Kronka et al. 2005) (Figura 1), foram incluídos nas análises apenas os municípios integral ou parcialmente inseridos nestas bacias hidrográficas (Figura 2). Desta forma, desconsideraram-se os municípios que apenas partilham fronteiras geográficas com estas bacias como Alambari, Borã, Barra do Chapéu, Eldorado, Iporanga, Martinópolis, Porangaba, Quadra, Sete Barras, Tatuí e Torre de Pedra.

Os registros de anuros provenientes dos 91 municípios selecionados foram obtidos nas principais coleções biológicas do estado de São Paulo: Coleção de Anfíbios do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista, Rio Claro (CFBH), Coleção de Anfíbios do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto (DZSJRP), Coleção Herpetológica do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP) e Coleção Herpetológica do Museu de Zoologia da Universidade Estadual de Campinas (ZUEC). A identificação dos espécimes foi conferida e apenas as espécies taxonomicamente determinadas ou definidas como “cf.” (*confer*) foram incorporadas à listagem de anuros. Exceções são a espécie *Adenomera* sp., coletada nos municípios de Angatuba e Guareí (Araujo & Almeida-Santos 2013) e que pode representar uma espécie ainda não descrita (B. V. M. Berneck; A. Fouquet, comunicação pessoal) e *Paratelmatoobius* sp. (aff. *cardosoi*), capturada mais recentemente no município de Apiaí (Araujo et al. 2010) e identificada como espécie em processo de descrição (C. F. B. Haddad, comunicação pessoal). Apesar da imprecisão taxonômica de *Crossodactylus* sp. (gr. *gaudichaudii*), a espécie foi adicionada à listagem por ser distinta da outra espécie do mesmo gênero registrada para as bacias hidrográficas estudadas (B. V. S. Pimenta, comunicação pessoal). Já os exemplares denominados *Scinax* cf. *similis* e *Scinax x-signatus* (aff. *similis*) podem tratar-se da mesma espécie (L. F. Toledo, comunicação pessoal), que é comumente encontrada no interior do estado associada às formações de Cerrado, floresta estacional e em sua transição com a floresta ombrófila. Devido à inexistência de revisões taxonômicas amplas para os gêneros *Adenomera* e *Pseudopaludicola*, optou-se por definir as espécies destes gêneros como “cf.” (*confer*). Isto porque, além destes gêneros caracterizarem-se pela presença de espécies crípticas e outras com alto grau de polimorfismo entre populações (Angulo & Reichle 2008, Duarte et al. 2010), destacam-se as recentes descrições de espécies para o estado (Berneck et al. 2008, Toledo et al. 2010).

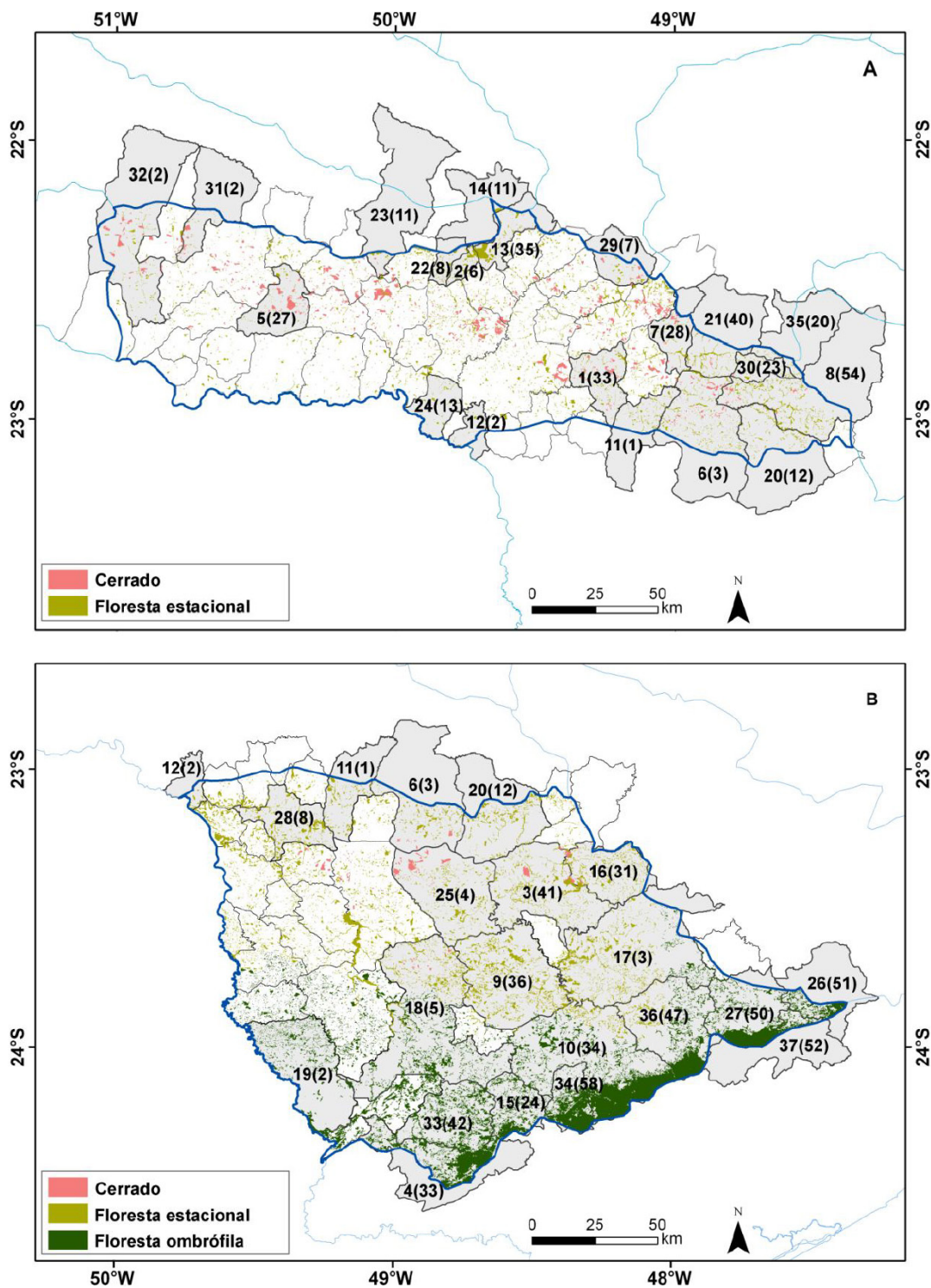


Figura 2. Remanescentes de vegetação natural do Alto (B) e Médio (A) Paranapanema, SP. Os municípios que apresentam registros de anuros em coleções científicas e/ou literatura estão em destaque e o número de espécies registrado para cada um deles encontra-se entre parênteses. Municípios: 1 = Águas de Santa Bárbara, 2 = Alvinlândia, 3 = Angatuba, 4 = Apiaí, 5 = Assis, 6 = Avaré, 7 = Borebi, 8 = Botucatu, 9 = Buri, 10 = Capão Bonito, 11 = Cerqueira César, 12 = Chavantes, 13 = Gália, 14 = Garça, 15 = Guapiara, 16 = Guareí, 17 = Itapetininga, 18 = Itapeva, 19 = Itararé, 20 = Itatinga, 21 = Lençóis Paulista, 22 = Lupércio, 23 = Marília, 24 = Ourinhos, 25 = Paranapanema, 26 = Piedade, 27 = Pilar do Sul, 28 = Piraju, 29 = Piratininga, 30 = Pratânia, 31 = Quatá, 32 = Rancharia, 33 = Ribeirão Branco, 34 = Ribeirão Grande, 35 = São Manuel, 36 = São Miguel Arcanjo, 37 = Tapiraí.

Figure 2. Natural vegetation remnants of Upper (B) and Middle (A) Paranapanema, São Paulo state, Brazil. The municipalities that have records of anurans in scientific collections and/or in the literature are highlighted and the number of species recorded for each one is between parentheses. Municipalities: 1 = Águas de Santa Bárbara, 2 = Alvinlândia, 3 = Angatuba, 4 = Apiaí, 5 = Assis, 6 = Avaré, 7 = Borebi, 8 = Botucatu, 9 = Buri, 10 = Capão Bonito, 11 = Cerqueira César, 12 = Chavantes, 13 = Gália, 14 = Garça, 15 = Guapiara, 16 = Guareí, 17 = Itapetininga, 18 = Itapeva, 19 = Itararé, 20 = Itatinga, 21 = Lençóis Paulista, 22 = Lupércio, 23 = Marília, 24 = Ourinhos, 25 = Paranapanema, 26 = Piedade, 27 = Pilar do Sul, 28 = Piraju, 29 = Piratininga, 30 = Pratânia, 31 = Quatá, 32 = Rancharia, 33 = Ribeirão Branco, 34 = Ribeirão Grande, 35 = São Manuel, 36 = São Miguel Arcanjo, 37 = Tapiraí.

A citação das espécies foi feita prioritariamente com base nos dados oriundos de coleções biológicas (CFBH, DZSJRP, MZUSP, ZUEC). Na ausência destes registros, foram consideradas as informações presentes em artigos científicos, livros, dissertações e teses (Apêndice 1). Optou-se pela utilização do sistema de classificação proposta por Pyron & Wiens (2011) que atualmente engloba o maior número de táxons de anuros e o *status* de conservação das espécies foi obtido na lista vermelha internacional de espécies ameaçadas de extinção (International... 2013), livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção (Machado et al. 2008) e lista de anfíbios ameaçados do estado de São Paulo (Garcia et al. 2009). As informações sobre a ocorrência das espécies nas fitofisionomias

presentes no estado (Tabela 1) foram obtidas pela consulta à literatura (Brasileiro et al. 2005, Serafim et al. 2008, Araujo et al. 2009a, 2010, 2013, Condez et al. 2009, Santos et al. 2009, Brassaloti et al. 2010, Forlani et al. 2010, Araujo & Almeida-Santos 2011, 2013, Maffei et al. 2011a,b, Rossa-Feres et al. 2011).

Resultados e Discussão

Registrou-se nos municípios do Alto e Médio Paranapanema um total de 124 espécies de anuros pertencentes a doze famílias: Brachycephalidae (5 espécies), Bufonidae (5), Centrolenidae (2), Ceratophryidae (1), Craugastoridae (1), Cycloramphidae (2),

Tabela 1. Espécies de anuros registradas nos municípios do Alto e Médio Paranapanema, SP. Formações vegetais de ocorrência das espécies (CE = fisionomias de Cerrado, FES = floresta estacional semidecidual e FO = floresta ombrófila). Foram considerados prioritariamente os dados oriundos de coleções herpetológicas (CFBH, DZSJRP, MZUSP e ZUEC = 1). Na ausência destes registros, utilizaram-se informações contidas em publicações científicas (2) e dissertações e teses (3).

Table 1. Anuran species recorded in the municipalities of Upper and Middle Paranapanema, São Paulo state, Brazil. Vegetation formations (CE = Cerrado physiognomies, FES = seasonal semideciduous forest and FO = ombrophilous forest). We considered primarily the data from herpetological collections (CFBH, DZSJRP, MZUSP and ZUEC = 1). In the absence of these records, we used informations contained in scientific publications (2) and dissertations and theses (3).

Família/Espécie	Fomação vegetal	Bacia Hidrográfica	
		Alto	Médio
Brachycephalidae			
<i>Brachycephalus hermogenesi</i> (Giaretta & Sawaya 1998)	FO	1	-
<i>Ischnocnema cf. hoehnei</i> (B. Lutz 1959 “1958”)	FO	1	-
<i>Ischnocnema cf. spanios</i> (Heyer 1985)	FO	1	-
<i>Ischnocnema guentheri</i> (Steindachner 1864)	FO	1	-
<i>Ischnocnema parva</i> (Girard 1853)	FO	1	-
Bufonidae			
<i>Dendrophryniscus brevipollicatus</i> Jiménez de la Espada 1871 “1870”	FO	1	-
<i>Rhinella hoogmoedi</i> (Caramaschi & Pombal 2006)	FO	1	-
<i>Rhinella icterica</i> (Spix 1824)	FES/FO	1	3
<i>Rhinella ornata</i> (Spix 1824)	CE/FES/FO	1	1
<i>Rhinella schneideri</i> (Werner 1894)	CE/FES/FO	1	1
Centrolenidae			
<i>Vitreorana eurygnatha</i> (A. Lutz 1925)	FO	1	-
<i>Vitreorana uranoscopa</i> (Müller 1924)	FES/FO	1	1
Ceratophryidae			
<i>Ceratophrys aurita</i> (Raddi 1823)	FO	1	-
Craugastoridae			
<i>Haddadus binotatus</i> (Spix 1824)	CE/FES/FO	1	1
Cycloramphidae			
<i>Cycloramphus acangatan</i> Verdade & Rodrigues 2003 ^{VU (IUCN)}	FO	1	-
<i>Cycloramphus eleutherodactylus</i> (Miranda-Ribeiro 1920)	FO	1	-
Odontophrynidae			
<i>Macrogenioglottus alipioi</i> Carvalho 1946	FO	1	-
<i>Odontophrynus americanus</i> (Duméril & Bibron 1841)	CE/FES/FO	1	1
<i>Odontophrynus cf. cultripes</i> (Reinhardt & Lütken 1862)	CE/FES	-	1
<i>Proceratophrys boiei</i> (Wied-Neuwied 1824)	FES/FO	1	3
<i>Proceratophrys melanopogon</i> (Miranda-Ribeiro 1926)	FO	1	-
<i>Proceratophrys moratoi</i> (Jim & Caramaschi 1980) ^{CA (IUCN); VU (SP)}	CE	2	1
Hemiphractidae			
<i>Flectonotus fissilis</i> (Miranda-Ribeiro 1920)	FO	1	-
<i>Flectonotus ohausi</i> (Wandolleck 1907)	FO	1	-
<i>Gastrotheca microdiscus</i> (Andersson in Lönnberg & Andersson 1910)	FO	1	-
Hylidae			
<i>Aplastodiscus albosignatus</i> (A. Lutz & B. Lutz 1938)	FO	1	-
<i>Aplastodiscus callipygius</i> (Cruz & Peixoto 1985 “1984”)	FO	1	-

^{CA (IUCN)} Espécie criticamente ameaçada segundo a lista vermelha internacional de espécies ameaçadas de extinção (International... 2013). ^{VU (IUCN)} Espécie vulnerável segundo a lista vermelha internacional de espécies ameaçadas de extinção (International... 2013). ^{VU (SP)} Espécie vulnerável segundo a lista de anfíbios ameaçados do estado de São Paulo (Garcia et al. 2009).

Tabela 1. Continuação...

Table 1. Continued...

Família/Espécie	Fomação vegetal	Bacia Hidrográfica	
		Alto	Médio
<i>Aplastodiscus</i> cf. <i>ehrharti</i> (Müller 1924)	FO	1	-
<i>Aplastodiscus leucopygius</i> (Cruz & Peixoto 1985 “1984”)	FO	2	-
<i>Aplastodiscus perviridis</i> A. Lutz in B. Lutz 1950	CE/FES/FO	1	1
<i>Bokermannohyla astartea</i> (Bokermann 1967)	FO	1	-
<i>Bokermannohyla circumdata</i> (Cope 1871)	FES/FO	1	-
<i>Bokermannohyla hylax</i> (Heyer 1985)	FO	1	-
<i>Bokermannohyla izecksohni</i> (Jim & Caramaschi 1979) ^{CA} (IUCN)	FES/FO	-	1
<i>Bokermannohyla luctuosa</i> (Pombal & Haddad 1993)	FO	1	-
<i>Dendropsophus anceps</i> (A. Lutz 1929)	FES/FO	1	2
<i>Dendropsophus elegans</i> (Wied-Neuwied 1824)	FES/FO	1	-
<i>Dendropsophus elianeae</i> (Napoli & Caramaschi 2000)	CE/FES	1	1
<i>Dendropsophus giesleri</i> (Mertens 1950)	FO	1	-
<i>Dendropsophus jimi</i> (Napoli & Caramaschi 1999)	CE	1	1
<i>Dendropsophus microps</i> (Peters 1872)	FES/FO	1	2
<i>Dendropsophus minutus</i> (Peters 1872)	CE/FES/FO	1	1
<i>Dendropsophus nanus</i> (Boulenger 1889)	CE/FES	1	1
<i>Dendropsophus sanborni</i> (Schmidt 1944)	CE/FES/FO	1	1
<i>Dendropsophus seniculus</i> (Cope 1868)	FO	1	-
<i>Dendropsophus werneri</i> (Cochran 1952)	FO	2	-
<i>Hypsiboas albomarginatus</i> (Spix 1824)	FES/FO	1	-
<i>Hypsiboas albopunctatus</i> (Spix 1824)	CE/FES/FO	1	1
<i>Hypsiboas bischoffi</i> (Boulenger 1887)	FES/FO	1	-
<i>Hypsiboas caingua</i> (Carrizo 1991 “1990”)	CE/FES/FO	1	1
<i>Hypsiboas caipora</i> Antunes, Faivovich & Haddad 2008	FO	1	-
<i>Hypsiboas faber</i> (Wied-Neuwied 1821)	CE/FES/FO	1	1
<i>Hypsiboas lundii</i> (Burmeister 1856)	CE/FES	1	1
<i>Hypsiboas pardalis</i> (Spix 1824)	FES/FO	1	1
<i>Hypsiboas prasinus</i> (Burmeister 1856)	FES/FO	1	1
<i>Hypsiboas raniceps</i> Cope 1862	CE/FES	-	1
<i>Hypsiboas semilineatus</i> (Spix 1824)	FO	2	-
<i>Itapotihyla langsdorffii</i> (Duméril & Bibron 1841)	CE/FES/FO	1	1
<i>Phasmahyla cochranae</i> (Bokermann 1966)	FO	1	-
<i>Phyllomedusa distincta</i> A. Lutz in B. Lutz 1950	FO	1	-
<i>Phyllomedusa tetraploidea</i> Pombal & Haddad 1992	CE/FES	1	1
<i>Pseudis platensis</i> Gallardo 1961	CE/FES	1	1
<i>Scinax alter</i> (B. Lutz 1973)	FO	1	-
<i>Scinax berthae</i> (Barrio 1962)	CE/FES/FO	1	1
<i>Scinax brieni</i> (De Witte 1930)	FO	1	-
<i>Scinax caldarum</i> (B. Lutz 1968)	FO	1	-
<i>Scinax</i> cf. <i>similis</i> (Cochran 1952)	CE/FES	-	1
<i>Scinax crospedospilus</i> (A. Lutz 1925)	FO	1	-
<i>Scinax eurydice</i> (Bokermann 1968)	FO	1	-
<i>Scinax fuscomarginatus</i> (A. Lutz 1925)	CE/FES/FO	1	1
<i>Scinax fuscovarius</i> (A. Lutz 1925)	CE/FES/FO	1	1
<i>Scinax hayii</i> (Barbour 1909)	FO	1	-
<i>Scinax hiemalis</i> (Haddad & Pombal 1987)	FES/FO	-	1
<i>Scinax littoralis</i> (Pombal & Gordo 1991)	FO	1	-
<i>Scinax obtriangulatus</i> (B. Lutz 1973)	FO	2	-
<i>Scinax perereca</i> Pombal, Haddad & Kasahara 1995	FES/FO	1	2
<i>Scinax perpusillus</i> (A. Lutz & B. Lutz 1939)	FO	1	-
<i>Scinax rizibilis</i> (Bokermann 1964)	FES/FO	1	1

^{CA}(IUCN) Espécie criticamente ameaçada segundo a lista vermelha internacional de espécies ameaçadas de extinção (International... 2013). ^{VU}(IUCN) Espécie vulnerável segundo a lista vermelha internacional de espécies ameaçadas de extinção (International... 2013). ^{VU}(SP) Espécie vulnerável segundo a lista de anfíbios ameaçados do estado de São Paulo (Garcia et al. 2009).

Tabela 1. Continuação...

Table 1. Continued...

Família/Espécie	Fomação vegetal	Bacia Hidrográfica	
		Alto	Médio
<i>Scinax squalirostris</i> (A. Lutz 1925)	CE/FES	1	1
<i>Scinax x-signatus</i> (aff. <i>similis</i>) (Spix 1824)	CE/FES	-	1
<i>Sphaenorhynchus caramaschii</i> Toledo, Garcia, Lingnau & Haddad 2007	FES/FO	1	1
<i>Trachycephalus imitatrix</i> (Miranda-Ribeiro 1926)	FO	1	-
<i>Trachycephalus lepidus</i> (Pombal, Haddad & Cruz 2003)	FO	1	-
<i>Trachycephalus mesophaeus</i> (Hensel 1867)	FO	1	-
<i>Trachycephalus typhonius</i> (Linnaeus 1758)	CE/FES	1	1
Hylodidae			
<i>Crossodactylus caramaschii</i> Bastos & Pombal 1995	FES/FO	1	1
<i>Crossodactylus</i> sp. (gr. <i>gaudichaudii</i>)	FES	-	1
<i>Hylodes</i> cf. <i>asper</i> (Müller 1924)	FO	1	-
<i>Hylodes</i> cf. <i>cardosoi</i> Lingnau, Canedo & Pombal 2008	FO	1	-
<i>Hylodes heyeri</i> Haddad, Pombal & Bastos 1996	FO	1	-
<i>Hylodes phyllodes</i> Heyer & Cocroft 1986	FO	2	-
<i>Megaelosa</i> cf. <i>goeldii</i> (Baumann 1912)	FO	2	-
Leptodactylidae			
<i>Adenomera</i> cf. <i>bokermanni</i> Heyer 1973	FES/FO	1	1
<i>Adenomera</i> cf. <i>marmorata</i> (Steindachner 1867)	FES/FO	1	1
<i>Adenomera</i> sp.	FES	1	-
<i>Eupemphix nattereri</i> Steindachner 1863	CE/FES	1	1
<i>Leptodactylus chaquensis</i> Cei 1950	CE/FES	-	2
<i>Leptodactylus flavopictus</i> A. Lutz 1926	FO	1	-
<i>Leptodactylus furnarius</i> Sazima & Bokermann 1978	CE/FES	3	1
<i>Leptodactylus fuscus</i> (Schneider 1799)	CE/FES/FO	1	1
<i>Leptodactylus jolyi</i> Sazima & Bokermann 1978	CE	1	1
<i>Leptodactylus labyrinthicus</i> (Spix 1824)	CE/FES	1	1
<i>Leptodactylus latrans</i> (Steffen 1815)	CE/FES/FO	1	1
<i>Leptodactylus mystaceus</i> (Spix 1824)	FES	1	1
<i>Leptodactylus mystacinus</i> (Burmeister 1861)	CE/FES/FO	1	1
<i>Leptodactylus notoaktites</i> Heyer 1978	FO	1	-
<i>Leptodactylus podicipinus</i> (Cope 1862)	CE/FES	1	1
<i>Paratelmatobius</i> cf. <i>gaigeae</i> (Cochran 1938) ^{VU (SP)}	FO	2	-
<i>Paratelmatobius</i> sp. (aff. <i>cardosoi</i>)	FO	1	-
<i>Physalaemus centralis</i> Bokermann 1962	CE	1	1
<i>Physalaemus cuvieri</i> Fitzinger 1826	CE/FES/FO	1	1
<i>Physalaemus lateristriga</i> (Steindachner 1864)	FO	1	-
<i>Physalaemus marmoratus</i> (Reinhardt & Lütken 1862 “1861”)	CE	1	1
<i>Physalaemus olfersii</i> (Lichtenstein & Martens 1856)	FES/FO	1	1
<i>Physalaemus spiniger</i> (Miranda-Ribeiro 1926)	FO	1	-
<i>Pseudopaludicola</i> cf. <i>falcipes</i> (Hensel 1867)	CE	-	1
<i>Pseudopaludicola</i> cf. <i>murundu</i> Toledo, Siqueira, Duarte, Veiga-Menoncello, Recco-Pimentel & Haddad 2010	CE	-	1
<i>Pseudopaludicola</i> cf. <i>mystacalis</i> (Cope 1887)	CE	1	1
<i>Pseudopaludicola</i> cf. <i>saltica</i> (Cope 1887)	CE	-	1
Microhylidae			
<i>Chiasmocleis albopunctata</i> (Boettger 1885)	CE/FES	1	1
<i>Chiasmocleis leucosticta</i> (Boulenger 1888)	FO	1	-
<i>Elachistocleis bicolor</i> (Guérin-Ménéville 1838)	CE/FES	1	1
<i>Elachistocleis cesarii</i> (Miranda-Ribeiro 1920)	CE/FES	1	1
<i>Myersiella microps</i> (Duméril & Bibron 1841)	FO	1	-

^{CA (IUCN)} Espécie criticamente ameaçada segundo a lista vermelha internacional de espécies ameaçadas de extinção (International... 2013). ^{VU (IUCN)} Espécie vulnerável segundo a lista vermelha internacional de espécies ameaçadas de extinção (International... 2013). ^{VU (SP)} Espécie vulnerável segundo a lista de anfíbios ameaçados do estado de São Paulo (Garcia et al. 2009).

Odontophrynidae (6), Hemiphractidae (3), Hylidae (60), Hylodidae (7), Leptodactylidae (27) e Microhylidae (5) (Tabela 1). Foram reunidos mais de 2.700 registros nas coleções biológicas, em um total de 116 espécies determinadas taxonomicamente (Apêndice 1). Adicionalmente, foram incorporadas à listagem algumas espécies presentes apenas na literatura: *Aplastodiscus leucopygius*, *Dendropsophus werneri*, *Hylodes phyllodes*, *Hypsiboas semilineatus*, *Leptodactylus chaquensis*, *Megaelasia cf. goeldii*, *Paratelmatobius cf. gaigeae* e *Scinax obtriangulatus* (Bertoluci 2001, Bertoluci & Rodrigues 2002, Condez et al. 2009, Brassaloti et al. 2010) (Apêndice 1).

Os resultados obtidos neste estudo apontam que ainda existem lacunas de conhecimento sobre esta taxocenose em grande parte dos municípios do Alto e Médio Paranapanema (Figura 2). Dos 91 municípios integral ou parcialmente incluídos nestas bacias hidrográficas, 37 municípios apresentam algum registro de espécie de anuro (Figura 2). Apenas 20 municípios podem ser considerados razoavelmente amostrados, apresentando no mínimo 20 registros de espécies e destes, 15 municípios podem ser classificados como relativamente bem amostrados, tendo sido estudados por longos períodos e/ou vários pesquisadores (Figura 2). No Médio Paranapanema nota-se que a escassez de registros é muito acentuada nas porções central e oeste desta bacia hidrográfica, sendo bem conhecidas apenas as taxocenoses presentes nos municípios de Assis (Ribeiro-Júnior & Bertoluci 2009, Araujo & Almeida-Santos 2011) e Gália (Brassaloti et al. 2010) (Figura 2). Os municípios melhor amostrados estão concentrados na porção mais a leste, como Águas de Santa Bárbara (Araujo et al. 2013), Borebi (Maffei et al. 2011b), Lençóis Paulista (Maffei et al. 2011a) e Botucatu (Jim 2002). Destes, apenas Botucatu pode ser considerado exaustivamente inventariado por diversos pesquisadores ao longo de décadas (Jim 1980, 2002, Rossa-Feres & Jim 1994, Rolim 2009) (Figura 2). Em relação ao Alto Paranapanema, percebe-se que os municípios presentes nas regiões sul e sudeste, que apresentam predomínio de floresta ombrófila, são os mais adequadamente amostrados, como Piedade e Tapiraí (Condez et al. 2009), Pilar do Sul (Antunes 2007), Ribeirão Branco, Ribeirão Grande (Bertoluci 2001) e São Miguel Arcanjo (Forlani et al. 2010) (Figura 2). Entre os municípios com predominância de floresta estacional semidecidual e remanescentes de Cerrado, apenas Angatuba, Guareí (Lopes 2010, Araujo & Almeida-Santos 2013) e Buri (V. K. Verdade, comunicação pessoal) podem ser considerados apropriadamente inventariados. Assim como observado no Médio Paranapanema, a região oeste do Alto Paranapanema pode ser considerada como uma grande lacuna de conhecimento deste táxon (Figura 2).

A riqueza de espécies de anuros atribuída ao Alto e Médio Paranapanema provavelmente está subestimada. Além da existência de exemplares não identificados nas coleções científicas que podem representar espécies ainda não descritas, deve-se considerar que estudos filogenéticos que incluam análises moleculares podem identificar novas espécies nestas bacias hidrográficas, sobretudo em gêneros que apresentam espécies crípticas como *Adenomera* (Angulo & Reichle 2008, Berneck et al. 2008) e *Pseudopaludicola* (Duarte et al. 2010, Toledo et al. 2010). O número de espécies registrado no Alto Paranapanema (113 espécies) foi muito superior ao encontrado no Médio Paranapanema (64 espécies). Dentre os anuros registrados no Alto Paranapanema, 48% das espécies foram encontradas exclusivamente nos municípios com predomínio de floresta ombrófila. Conhecidamente, a fauna de anuros presente nesta fitofisionomia apresenta elevado endemismo e altas taxas de especiação em suas comunidades (Cruz & Feio 2007, Carnaval et al. 2009). Assim como ocorre no estado (Rossa-Feres et al. 2011), é possível identificar uma diminuição gradual na riqueza de espécies

partindo das porções sul e sudeste do Alto Paranapanema, onde predominam a floresta ombrófila, em direção ao Médio Paranapanema que apresenta formações de Cerrado e floresta estacional semidecidual.

A maior parte das espécies reunidas neste estudo (54 espécies; 43,5%) ocorre exclusivamente em floresta ombrófila e estão presentes apenas no Alto Paranapanema. Apenas três espécies (2,5%) são restritas às localidades de floresta estacional semidecidual destas bacias hidrográficas: *Adenomera* sp., *Crossodactylus* sp. (gr. *gaudichaudii*) e *Leptodactylus mystaceus*. Vinte espécies (16%) estão associadas a essas duas formações florestais. Foi possível observar que *Adenomera cf. marmorata*, *Bokermannohyla circumdata*, *Dendropsophus elegans*, *Hypsiboas albomarginatus*, *H. bischoffi*, *H. pardalis*, *Proceratophrys boiei* e *Rhinella icterica*, espécies consideradas típicas de floresta ombrófila (Haddad et al. 2008b, Araujo et al. 2010, Forlani et al. 2010, Rossa-Feres et al. 2011), apresentam uma ocorrência ocasional na floresta estacional semidecidual, estando principalmente distribuídas na transição entre estas duas fitofisionomias que ocorre predominantemente na porção sul e sudeste do Alto Paranapanema. Outras como *Crossodactylus caramaschii*, *Dendropsophus microps*, *Scinax hiemalis*, *S. perereca* e *S. rizibilis* estão associadas a ambas fitofisionomias, sendo que o baixo número de registros destas espécies na floresta estacional semidecidual do estado pode estar relacionada com os processos históricos de uso e ocupação do solo no Planalto Ocidental Paulista. Dentre as formações florestais brasileiras esta é, sem dúvida, a que sofreu maior desmatamento (Leitão-Filho 1987, Durigan et al. 2000, Ribeiro et al. 2009). A intensa fragmentação desta fitofisionomia levou a perda e desconexão de habitats, propiciando a degradação de corpos d'água que são utilizados como sítios reprodutivos por muitas espécies de anuros, interferindo diretamente no ciclo reprodutivo destas espécies e propiciando o declínio e desaparecimento de populações (Becker et al. 2007).

Somente nove espécies (7,3%) foram encontradas exclusivamente em formações de Cerrado. Estas espécies ocorrem predominantemente nas formações campestres e savânicas, que são as fitofisionomias vegetais mais vulneráveis ao desaparecimento no estado de São Paulo (Durigan et al. 2003, Durigan & Ratter 2006). O baixo número de registros de espécies como *Leptodactylus jolyi*, *Pseudopaludicola cf. falcipes*, *P. cf. murundu*, *P. cf. mystacalis*, *P. cf. saltica* e *Proceratophrys moratoi* pode ser reflexo da pequena porção que esta formação vegetal ocupa atualmente nos municípios do Alto e Médio Paranapanema. Possivelmente, estas populações representam o limite de distribuição mais austral das espécies neste domínio fitogeográfico (Diniz-Filho et al. 2008, Valdujo 2011) e a conservação e conexão dos remanescentes de Cerrado nestas bacias hidrográficas podem contribuir para a manutenção da diversidade genética destes anuros. Alguns estudos apontam uma grande similaridade faunística entre as taxocenoses de anuros que ocorrem em áreas de Cerrado e floresta estacional semidecidual (Araujo et al. 2009a, Santos et al. 2009, Vasconcelos et al. 2011). Neste inventário foram registradas 19 espécies (15,3%) em ambas as formações vegetais. Esta similaridade pode ser atribuída ao fato da floresta estacional semidecidual no estado possuir características de descontinuidade, apresentando-se permeada por manchas dispersas de Cerrado em suas diversas fitofisionomias (Leitão-Filho 1987, Durigan et al. 2004b).

Algumas espécies amplamente encontradas no Alto e Médio Paranapanema (16 espécies; 13%) podem ser consideradas mais generalistas no uso do ambiente, ocorrendo em todas as formações vegetais analisadas e sendo comumente encontradas em várias regiões do Brasil como *Dendropsophus minutus*, *D. nanus*, *Hypsiboas albopunctatus*, *Leptodactylus fuscus*, *L. mystacinus*, *Physalaemus cuvieri*, *Rhinella schneideri*, *Scinax fuscomarginatus* e *S. fuscovarius* (Haddad et al. 2008b, Frost 2013).

Dentre as espécies registradas, *Bokermannohyla izecksohni* e *Proceratophrys moratoi* são consideradas criticamente ameaçadas e *Cycloramphus acangatan* é classificada como vulnerável pela *International Union for Conservation of Nature* – IUCN (Internacional... 2013). *Proceratophrys moratoi* e *Paratelmatoobius* cf. *gaigeae* são apontadas como vulneráveis no estado de São Paulo (Garcia et al. 2009). Estas espécies apresentam distribuição restrita ao estado de São Paulo (Haddad et al. 2008b, Frost 2013), exceto *Paratelmatoobius* cf. *gaigeae* que está associada à Serra da Bocaina e Serra do Mar (Garcia et al. 2009, Frost 2013). O único registro desta espécie no Alto Paranapanema é oriundo do município de Ribeirão Grande (Bertoluci 2001) e deve ser visto com cautela, já que não foi confirmado pela existência de exemplares depositados nas coleções analisadas. Além de ocorrer nos municípios do Alto e Médio Paranapanema, como Avaré, Botucatu e Lençóis Paulista (Maffei 2010, Maffei et al. 2011a,c), *Proceratophrys moratoi* é encontrada em Bauru, Brotas e São Carlos (Rolim 2009, Maffei et al. 2011c). *Bokermannohyla izecksohni*, que no Médio Paranapanema ocorre apenas no município de Botucatu, também está presente nos municípios de Cotia e Itanhaém (Frost 2013). A espécie *Cycloramphus acangatan* é encontrada na Serra de Paranapiacaba (Condez et al. 2009, Frost 2013), incluindo alguns municípios do Alto Paranapanema como Guapiara, Piedade, Pilar do Sul, Ribeirão Grande, São Miguel Arcanjo e Tapiraí.

Este estudo evidencia a carência de registros de anuros para grande parte dos municípios do Alto e Médio Paranapanema, o que reforça a necessidade da realização de mais inventários para ampliar o conhecimento sobre a composição e distribuição das espécies nesta região do estado. As informações reunidas em estudos como este podem contribuir na avaliação do *status* de conservação das espécies e na elaboração de medidas efetivas de conservação destas populações (Verdade et al. 2012).

Agradecimentos

Somos gratos aos curadores das coleções herpetológicas Célio F. B. Haddad, Denise C. Rossa Feres, Felipe Toledo e Hussam Zaher por permitirem o acesso aos espécimes e registros de campo. Agradecemos à Cinthia A. Brasileiro, Fernando R. Silva, Otavio A. V. Marques, Vanessa K. Verdade e aos dois revisores anônimos pelas sugestões que aprimoraram este manuscrito. Somos gratos ao Instituto Florestal pelo suporte logístico e financeiro. Selma M. Almeida-Santos agradece ao CNPq e a FAPESP pelo apoio financeiro.

Referências Bibliográficas

- AB'SÁBER, A.N. 2005. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. Ateliê Editorial, São Paulo.
- ALMEIDA, S.C., MAFFEI, F., ROLIM, D.C., UBAID, F.K. & JIM, J. 2008. Amphibia, Anura, Hylidae, *Sphaenorhynchus caramaschii*: distribution extension in state of São Paulo, Brazil. *Check List* 4(4):439-441.
- ANGULO, A. & REICHLE, S. 2008. Acoustic signals, species diagnosis, and species concepts: the case of a new cryptic species of *Leptodactylus* (Amphibia, Anura, Leptodactylidae) from the Chapare region, Bolivia. *Zool. J. Linn. Soc.* 152:59-77. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1096-3642.2007.00338.x>
- ANTUNES, A.P. 2007. Descrição taxonômica e história natural de uma nova espécie de *Hypsiboas* da Mata Atlântica do alto da Serra de Paranapiacaba, estado de São Paulo (Amphibia, Anura, Hylidae). Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- ARAUJO, C.O. & ALMEIDA-SANTOS, S.M. 2011. Herpetofauna de um remanescente de Cerrado no estado de São Paulo, sudeste do Brasil. *Biota Neotrop.* 11(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n3/pt/abstract?article+bn00511032011> (último acesso em 06/06/2012).
- ARAUJO, C.O. & ALMEIDA-SANTOS, S.M. 2013. Composição, riqueza e abundância de anuros em um remanescente de Cerrado e Mata Atlântica no estado de São Paulo. *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?inventory+bn02613012013> (último acesso em 12/07/2013).
- ARAUJO, C.O., CONDEZ, T.H. & SAWAYA, R.J. 2009a. Anfíbios anuros do Parque Estadual das Furnas do Bom Jesus, sudeste do Brasil, e suas relações com outras taxocenoses no Brasil. *Biota Neotrop.* 9(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v9n2/pt/abstract?article+bn01109022009> (último acesso em 13/02/2010).
- ARAUJO, C.O., CONDEZ, T.H., BOVO, R.P., CENTENO, F.C. & LUIZ, A.M. 2010. Amphibians and reptiles of the Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), SP: an Atlantic Forest remnant of southeastern Brazil. *Biota Neotrop.* 10(4): <http://www.biotaneotropica.org.br/v10n4/pt/abstract?inventory+bn01710042010> (último acesso em 02/03/2011).
- ARAUJO, C.O., CORRÊA, D.T. & ALMEIDA-SANTOS, S.M. 2013. Anuros da Estação Ecológica de Santa Bárbara, um remanescente de formações abertas de Cerrado no estado de São Paulo. *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?inventory+bn01613032013> (último acesso em 15/08/2013).
- ARAÚJO, O.G.S., TOLEDO, L.F., GARCIA, P.C.A. & HADDAD, C.F.B. 2009b. The amphibians of São Paulo State. *Biota Neotrop.* 9(4): <http://www.biotaneotropica.org.br/v9n4/en/abstract?inventory+bn03109042009> (último acesso em 20/04/2010).
- BECKER, C.G., FONSECA, C.R., HADDAD, C.F.B., BATISTA, R.F. & PRADO, P.I. 2007. Habitat split and the global decline of amphibians. *Science* 5857(318):1775-1777. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1149374>
- BERNECK, B.V.M., COSTA, C.O.R. & GARCIA, P.C.A. 2008. A new species of *Leptodactylus* (Anura: Leptodactylidae) from the Atlantic Forest of São Paulo State, Brazil. *Zootaxa* 1795:46-56.
- BERTOLUCI, J. & RODRIGUES, M.T. 2002. Utilização de habitats reprodutivos e micro-habitats de vocalização em uma taxocenose de anuros (Amphibia) da Mata Atlântica do sudeste do Brasil. *Pap. Avulsos de Zool.* 42(11):287-297.
- BERTOLUCI, J. 2001. Anfíbios anuros. In *Intervales* (C. Leonel, org.). Fundação Florestal/SEMA, São Paulo, p.159-168.
- BRANDÃO, R.A. & ARAÚJO, A.F.B. 2002. A herpetofauna associada a matas de galeria no Distrito Federal. In *Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria* (J.F. Ribeiro, C.E.L. Fonseca & J.C. Sousa-Silva, orgs.). EMBRAPA/CPAC, Planaltina, p.560-604.
- BRASILEIRO, C.A., SAWAYA, R.J., KIEFER, M.C. & MARTINS, M. 2005. Amphibians of an open Cerrado fragment in southeastern Brazil. *Biota Neotrop.* 5(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v5n2/pt/abstract?article+BN00405022005> (último acesso em 16/07/2010).
- BRASSALOTI, R.A., ROSSA-FERES, D.C. & BERTOLUCI, J. 2010. Anurofauna da Floresta Estacional Semidecidual da Estação Ecológica dos Caetetus, sudeste do Brasil. *Biota Neotrop.* 10(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v10n1/pt/abstract?inventory+bn01810012010> (último acesso em 16/07/2010).
- CARNAVAL, A.C., HICKERSON, M.J., HADDAD, C.F.B., RODRIGUES, M.T. & MORITZ, C. 2009. Stability predicts genetic diversity in the Brazilian Atlantic Forest Hotspot. *Science* 323:785-789. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1166955>
- COLLI, G.R., BASTOS, R.P. & ARAÚJO, A.F.B. 2002. The character and dynamics of the Cerrado herpetofauna. In *The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a Neotropical Savanna* (P.S. Oliveira & R.J. Marquis, eds.). Columbia University Press, New York, p.223-241.
- CONDEZ, T.H., SAWAYA, R.J. & DIXO, M. 2009. Herpetofauna dos remanescentes de Mata Atlântica da região de Tapiraí e Piedade, SP, sudeste do Brasil. *Biota Neotrop.* 9(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v9n1/en/abstract?inventory+bn01809012009> (último acesso em 20/07/2010).
- CRUZ, C.A.G. & FEIO, R.N. 2007. Endemismos em anfíbios em áreas de altitude na Mata Atlântica no sudeste do Brasil. In *Herpetologia no Brasil II* (L.B. Nascimento & M.E. Oliveira, eds.). Sociedade Brasileira de Herpetologia, Belo Horizonte, p.117-126.

- DINIZ-FILHO, J.A.F., BINI, L.M., VIEIRA, C.M., BLAMIRE, D., TERRIBILE, L., BASTOS, R., OLIVEIRA, G. & BARRETO, B. 2008. Spatial patterns of terrestrial vertebrate species richness in the Brazilian Cerrado. *Zool. Stud.* 47(2):146-157.
- DUARTE, T.C., VEIGA-MENONCELLO, A.C.P., LIMA, J.F.R., STRUSSMANN, C., DEL GRANDE, M.L., GIARETTA, A.A., PEREIRA, E.G., ROSSA-FERES, D.C. & RECCO-PIMENTEL, S.M. 2010. Chromosome analysis in *Pseudopaludicola* (Anura, Leiuperidae), with description of sex chromosomes XX/XY in *P. saltica*. *Hereditas* 147(2):43-52. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1601-5223.2009.02153.x>
- DURIGAN, G. & RATTER, J.A. 2006. Successional changes in Cerrado and Cerrado/forest ecotonal vegetation in Western São Paulo State, Brazil, 1962-2000. *Edinburgh J. Bot.* 63(1):119-130. <http://dx.doi.org/10.1017/S0960428606000357>
- DURIGAN, G. 2010. Plano de manejo da Estação Ecológica de Assis. Instituto Florestal/SEMA, São Paulo.
- DURIGAN, G., FRANCO, G.A.D.C. & SIQUEIRA, M.F. 2004a. A vegetação dos remanescentes de cerrado no Estado de São Paulo. In Viabilidade da conservação dos remanescentes de Cerrado no Estado de São Paulo (M.D. Bittencourt & R.R. Mendonça, eds.). Annablume, FAPESP, São Paulo, p.29-56.
- DURIGAN, G., FRANCO, G.A.D.C., SAITO, M. & BAITELO, J.B. 2000. Estrutura e diversidade do componente arbóreo da floresta na Estação Ecológica dos Caetetus, Gália, SP. *Rev. Bras. Bot.* 23(4):371-383. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-8404200000400003>
- DURIGAN, G., SIQUEIRA, M.F. & FRANCO, G.A.D.C. 2007. Threats to the Cerrado remnants of the State of São Paulo, Brazil. *Braz. Sci. Agric.* 64(4):355-363.
- DURIGAN, G., SIQUEIRA, M.F., FRANCO, G.A.D.C. & CONTIERI, W.A. 2004b. A flora arbustivo-arbórea do Médio Paranapanema: base para a restauração dos ecossistemas naturais. In Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no Oeste Paulista: resultados da cooperação Brasil/Japão (O. Vilas-Boas & G. Durigan, eds.). Páginas e Letras, São Paulo, p.199-239.
- DURIGAN, G., SIQUEIRA, M.F., FRANCO, G.A.D.C., BRIDGEWATER, S. & RATTER, J.A. 2003. The vegetation of priority areas for Cerrado conservation in São Paulo State, Brazil. *Edinburgh J. Bot.* 60(2):217-241. <http://dx.doi.org/10.1017/S0960428603000155>
- FORLANI, M.C., BERNARDO, P.H., HADDAD, C.F.B. & ZAHER, H. 2010. Herpetofauna of the Carlos Botelho State Park, São Paulo state, Brazil. *Biota Neotrop.* 10(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v10n3/en/abstract?inventory+bn00210032010> (último acesso em 06/06/2011).
- FROST, D.R. 2013. Amphibian species of the world: an online reference. version 5.6. American Museum of Natural History, New York. <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html> (último acesso em 06/02/2013).
- GARCIA, P.C.A., SAWAYA, R.J., MARTINS, I.A., BRASILEIRO, C.A., VERDADE, V.K., JIM, J., SEGALLA, M.V., MARTINS, M., ROSSA-FERES, D.C., HADDAD, C.F.B., TOLEDO, L.F., PRADO, C.P.A., BERNECK, B.M. & ARAÚJO, O.G.S. 2009. Anfíbios. In Fauna ameaçada de extinção no estado de São Paulo: vertebrados (M. Bressan, M.C.M. Kierulff & A.M. Sugieda, eds.). Fundação Parque Zoológico de São Paulo/SEMA, São Paulo, p.329-347.
- HADDAD, C.F.B. & PRADO, C.P.A. 2005. Reproductive modes in frogs and their unexpected diversity in the Atlantic Forest of Brazil. *BioScience* 55(3):207-217. [http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568\(2005\)055\[0207:RMIFAT\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568(2005)055[0207:RMIFAT]2.0.CO;2)
- HADDAD, C.F.B., GIOVANELLI, J.G.R. & ALEXANDRINO, J. 2008a. O aquecimento global e seus efeitos na distribuição e declínios dos anfíbios. In Biologia e mudanças climáticas no Brasil (M.S. Buckeridge, org.). RiMa, São Carlos, p.195-206.
- HADDAD, C.F.B., TOLEDO, L.F. & PRADO, C.P.A. 2008b. Anfíbios da Mata Atlântica: guia dos anfíbios anuros da Mata Atlântica. Editora Neotropica, São Paulo.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT. 1981. Mapa geológico do estado de São Paulo. São Paulo: Série Monografias 6(1):1-126 p.
- INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE - IUCN. 2013. The IUCN red list of threatened species. Version 2013.1. <http://www.iucnredlist.org> (último acesso em: 12/07/2013).
- IOP, S., CALDART, V.M., SANTOS, T.G. & CECHIN, S.Z. 2011. Anurans of Turvo State Park: testing the validity of Seasonal Forest as a new biome in Brazil. *J. Nat. Hist.* 45(39-40):2443-2461. <http://dx.doi.org/10.1080/00222933.2011.596951>
- JIM, J. 1980. Aspectos ecológicos dos anfíbios registrados na região de Botucatu, São Paulo (Amphibia, Anura). Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- JIM, J. 2002. Distribuição altitudinal e estudo de longa duração de anfíbios da região de Botucatu, estado de São Paulo. Tese de livre-docência, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- KLINK, C.A. & MACHADO, R.B. 2005. Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conserv. Biol.* 19(3):707-713. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00702.x>
- KRONKA, F.J.N., NALON, M.A. & MATSUKUMA, C.K. 2005. Inventário florestal da vegetação natural do estado de São Paulo. São Paulo. Instituto Florestal, SEMA, São Paulo.
- LEITÃO-FILHO, H.F. 1987. Considerações sobre a florística de florestas tropicais e sub-tropicais do Brasil. I. P. E. F. 35:41-46.
- LEPSCH, I.F., SARAIVA, I.R., DONZELI, P.L., MARINHO, M.A., SAKAI, E., GUILLAUMON, J.R., PFEIFER, R.M., MATTOS, I.F.A., ANDRADE, W.J. & SILVA, C.E.F. 1990. Macrozoneamento das terras da região do rio Ribeira de Iguape, SP. *Boletim do IAC* 19:1-181.
- LOPES, P.C. 2010. Distribuição e abundância de anfíbios e répteis neotropicais em paisagem silvicultural em São Paulo, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- MACHADO, A.B.M., DRUMMOND, G.M. & PAGLIA, A.P. 2008. Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção. Fundação Biodiversitas/MMA, Belo Horizonte.
- MAFFEI, F. 2010. Diversidade e uso do habitat de comunidades de anfíbios anuros em Lençóis Paulista, estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- MAFFEI, F., UBAID, F.K. & JIM, J. 2011a. Anfíbios: Fazenda Rio Claro, Lençóis Paulista, SP, Brasil. *Canal 6*, Bauru.
- MAFFEI, F., UBAID, F.K. & JIM, J. 2011b. Anurofauna em área de cerrado aberto no município de Borebi, estado de São Paulo, Sudeste do Brasil: uso do habitat, abundância e variação sazonal. *Biota Neotrop.* 11(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n2/pt/abstract?article+bn04011022011> (último acesso em 06/02/2012).
- MAFFEI, F., UBAID, F.K. & JIM, J. 2011c. Discovery of the fifth population of a threatened and endemic toad of the Brazilian Cerrado, *Proceratophrys moratoi* (Anura, Cycloramphidae). *Herpetology Notes* 4:95-96.
- MAFFEI, F., UBAID, F.K., ALMEIDA, S.C., ROLIM, D.C., SCARPELLINI JUNIOR, D.G., MOYA, G.M., SPIRANDELLI-CRUZ, E.F. & JIM, J. 2009. Amphibia, Anura, Hylidae, *Dendropsophus microps* (Peters, 1872): distribution extension in state of São Paulo, Brazil and first record in Cerrado domain. *Check List* 5(4):776-779.
- MITTERMEIER, R.A., GIL, P.R., HOFFMAN, M., PILGRIM, J., BROOKS, T., MITTERMEIER, C.G., LAMOREUX, J. & FONSECA, G.A.B. 2004. Hotspots revisited: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. CEMEX & Agrupacion Sierra Madre, Cidade do México.
- MORAES, R.A., SAWAYA, R.J. & BARRELLA, W. 2007. Composição e diversidade de anfíbios anuros em dois ambientes de Mata Atlântica no Parque Estadual Carlos Botelho, São Paulo, sudeste do Brasil. *Biota Neotrop.* 7(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v7n2/pt/abstract?article+bn00307022007> (último acesso em 15/07/2009).
- MORELLATO, L.P.C. & HADDAD, C.F.B. 2000. Introduction: the brazilian Atlantic Forest. *Biotropica* 32(4b):786-792. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00618.x>
- OLIVEIRA, R.J. 2006. Variação da composição florística e da diversidade alfa das florestas atlânticas no estado de São Paulo. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T. & FONTES, M.A.L. 2000. Patterns of floristic differentiation among atlantic forests in Southeastern Brazil and the influence of climate. *Biotropica* 32(4b):793-810. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00619.x>
- OLIVEIRA-FILHO, A.T. & RATTER, J.A. 2002. Vegetation physiognomies and woody flora of the Cerrado biome. In *The cerrados of Brazil:*

- ecology and natural history of a Neotropical Savanna (P.S. Oliveira & R.J. Marquis, orgs.). Columbia University Press, New York, p.91-120.
- PEEL, M.C., FINLAYSON, B.L. & McMAHON, T.A. 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 11:1633-1644. <http://dx.doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>
- PRADO, D.E. 2000. Seasonally dry forests of Tropical South America: from forgotten ecosystems to a new phytogeographic unit. *Edinburgh J. Bot.* 57(3):437-461. <http://dx.doi.org/10.1017/S096042860000041X>
- PYRON, R.A. & WIENS, J.J. 2011. A large-scale phylogeny of Amphibia including over 2800 species, and a revised classification of extant frogs, salamanders, and caecilians. *Mol. Phylogenet. Evol.* 61(2):543-583. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ympev.2011.06.012>
- RATTER, J.A., RIBEIRO, J.F. & BRIDGEWATER, S. 1997. The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Ann. Bot.* 80:223-230. <http://dx.doi.org/10.1006/anbo.1997.0469>
- RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. 2008. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In *Cerrado: ecologia e flora* (S.M. Sano, S.P. Almeida & J.F. Ribeiro, eds.). EMBRAPA, Planaltina, p.153-212.
- RIBEIRO, M.C., METZGER, J.P., MARTENSEN, A.C., PONZONI, F.J. & HIROTA, M.M. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biol. Conserv.* 142:1144-1156. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2009.02.021>
- RIBEIRO-JÚNIOR, J.W. & BERTOLUCI, J. 2009. Anuros do cerrado da Estação Ecológica e da Floresta Estadual de Assis, sudeste do Brasil. *Biota Neotrop.* 9(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v9n1/pt/abstract?inventory+bn02709012009> (último acesso em 16/07/2010).
- ROLIM, D.C. 2009. Bioecologia de *Odontophrynus moratoi* (Amphibia, Anura, Cyclorhynchidae). Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- ROSS, J.L.S. & MOROZ, I.C. 1997. Mapa geomorfológico do estado de São Paulo. FFLCH-USP/IPT/FAPESP, São Paulo.
- ROSSA-FERES, D.C. & JIM, J. 1994. Distribuição sazonal em comunidades de anfíbios anuros na região de Botucatu, São Paulo. *Rev. Bras. Biol.* 54(2):323-334.
- ROSSA-FERES, D.C., MARTINS, M., MARQUES, O.A.V., MARTINS, I.A., SAWAYA, R.J. & HADDAD, C.F.B. 2008. Herpetofauna. In *Diretrizes para a conservação e restauração da biodiversidade no estado de São Paulo* (R.R. Rodrigues & V.L.R. Bononi, orgs.). Instituto de Botânica, SEMA, São Paulo, p.82-94.
- ROSSA-FERES, D.C., SAWAYA, R.J., FAIVOVICH, J., GIOVANELLI, J.G.R., BRASILEIRO, C.A., SCHIESARI, L., ALEXANDRINO, J. & HADDAD, C.F.B. 2011. Anfíbios do Estado de São Paulo, Brasil: Conhecimento Atual e Perspectivas. *Biota Neotrop.* 11(1a): <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1a/pt/abstract?inventory+bn0041101a2011> (último acesso em 22/02/2012).
- SANO, E.E., ROSA, R., BRITO, J.L.S. & FERREIRA, L.G. 2010. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. *Environ. Monit. Assess.* 166:113-124. <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-009-0988-4>
- SANTOS, T.G., VASCONCELOS, T.S., ROSSA-FERES, D.C. & HADDAD, C.F.B. 2009. Anurans of a seasonally dry tropical forest: Morro do Diabo State Park, São Paulo state, Brazil. *J. Nat. Hist.* 43(15-16):973-993. <http://dx.doi.org/10.1080/00222930802702498>
- SEGALLA, M.V., CARAMASCHI, U., CRUZ, C.A.G., GARCIA, P.C.A., GRANT, T., HADDAD, C.F.B. & LANGONE, J. 2012. Brazilian amphibians - List of species. <http://www.sbherpetologia.org.br> (último acesso em 12/07/2013).
- SERAFIM, H., IENNE, S., CICCHI, P.J.P. & JIM, J. 2008. Anurofauna de remanescentes de floresta Atlântica do município de São José do Barreiro, estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotrop.* 8(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v8n2/pt/abstract?article+bn01008022008> (último acesso em 16/04/2011).
- SETZER, J. 1966. Atlas climático e ecológico do estado de São Paulo. Comissão Interestadual da Bacia do Paraná, Uruguai e Centrais Elétricas de São Paulo, São Paulo.
- SILVA, F.R., ALMEIDA-NETO, M., PRADO, V.H.M., HADDAD, C.F.B. & ROSSA-FERES, D.C. 2012. Humidity levels drive reproductive modes and phylogenetic diversity of amphibians in the Brazilian Atlantic Forest. *J. Biogeogr.* 39(9):1720-1732. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2699.2012.02726.x>
- SILVA, J.M.C. & BATES, J.M. 2002. Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: a tropical savanna hotspot. *BioScience* 52(3):225-233. [http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0225:BPACIT\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0225:BPACIT]2.0.CO;2)
- SILVANO, D. 2011. Distribuição e conservação de anfíbios no Cerrado em cenários atuais e futuros. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Brasília.
- TOLEDO, L.F., SIQUEIRA, S., DUARTE, T.C., VEIGA-MENONCELLO, A.C.P., RECCO-PIMENTEL, S.M. & HADDAD, C.F.B. 2010. Description of a new species of *Pseudopaludicola* Miranda-Ribeiro, 1926 from the state of São Paulo, Southeastern Brazil (Anura, Leiuperidae). *Zootaxa* 2496:38-48.
- VALDUJO, P.H. 2011. Diversidade e distribuição de anfíbios no Cerrado: o papel dos fatores históricos e dos gradientes ambientais. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- VALDUJO, P.H., CAMACHO, A., RECODER, R.S., TEIXEIRA JUNIOR, M., GHELLERE, J.M.B., MOTT, T., NUNES, P.M.S., NOGUEIRA, C. & RODRIGUES, M.T. 2011. Anfíbios da Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins, região do Jalapão, Estados do Tocantins e Bahia. *Biota Neotrop.* 11(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1/pt/abstract?article+bn03511012011> (último acesso em 22/07/2012).
- VALDUJO, P.H., SILVANO, D.L., COLLI, G. & MARTINS, M. 2012. Anuran species composition and distribution patterns in Brazilian Cerrado, a neotropical hotspot. *S. A. J. H.* 7(2):63-78. <http://dx.doi.org/10.2994/057.007.0209>
- VASCONCELOS, T.S., RODRÍGUEZ, M.A. & HAWKINS, B.A. 2011. Biogeographic distribution patterns of South American amphibians: a regionalization based on cluster analysis. *Nat. Conserv.* 9(1):67-72. <http://dx.doi.org/10.4322/natcon.2011.008>
- VASCONCELOS, T.S., SANTOS, T.G., HADDAD, C.F.B. & ROSSA-FERES, D.C. 2010. Climatic variables and altitude as predictors of anuran species richness and number of reproductive modes in Brazil. *J. Trop. Ecol.* 26:423-432. <http://dx.doi.org/10.1017/S0266467410000167>
- VELOSO, H.P., RANGEL-FILHO, A.L.R. & LIMA, J.C.A. 1991. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. IBGE, Rio de Janeiro.
- VERDADE, V.K., VALDUJO, P.H., CARNAVAL, A.C., SCHIESARI, L., TOLEDO, L.F., MOTT, T., ANDRADE, G.V., ETEROVICK, P.C., MENIN, M., PIMENTA, B.V.S., NOGUEIRA, C., LISBOA, C.S., PAULA, C.D. & SILVANO, D.L. 2012. A leap further: the Brazilian Amphibian Conservation Action Plan. *Alytes* 29(1-4):28-43.
- WERNECK, F.P. & COLLI, G.R. 2006. The lizard assemblage from Seasonally Dry Tropical Forest enclaves in the Cerrado biome, Brazil, and its association with the Pleistocene. *Arc. J. Biogeogr.* 33:1983-1992. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01553.x>
- WERNECK, F.P., COSTA, G.C., COLLI, G.R., PRADO, D.E. & SITES JUNIOR, J.W. 2011. Revisiting the historical distribution of Seasonally Dry Tropical Forests: new insights based on palaeodistribution modelling and palynological evidence. *Global Ecol. Biogeogr.* 20:272-288. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00596.x>

Recebido em 07/03/2013

Versão reformulada recebida em 14/07/2013

Publicado em 05/08/2013

Apêndice 1. Espécies de anuros registradas nos municípios do Alto e Médio Paranapanema, SP. As informações foram obtidas em coleções herpetológicas (CFBH, DZSJRP, MZUSP e ZUEC) e na literatura. A citação foi feita prioritariamente com base nos dados oriundos das coleções. Na ausência destes registros, foram considerados artigos científicos, livros, dissertações e teses (Bertoluci 2001¹, Bertoluci & Rodrigues 2002², Jim 2002³, Antunes 2007⁴, Moraes et al. 2007⁵, Almeida et al. 2008⁶, Condez et al. 2009⁷, Maffei et al. 2009⁸, Ribeiro-Júnior & Bertoluci 2009⁹, Rolim 2009¹⁰, Brassaloti et al. 2010¹¹, Forlani et al. 2010¹², Lopes 2010¹³, Maffei et al. 2011a¹⁴, b¹⁵, c¹⁶).

Appendix 1. Anuran species recorded in the municipalities of Upper and Middle Paranapanema, São Paulo state, Brazil. The informations were obtained in herpetological collections (CFBH, DZSJRP, MZUSP and ZUEC) and literature. The citation was done primarily based on data from the collections. In the absence of these records, we considered scientific articles, books, dissertations and theses (Bertoluci 2001¹, Bertoluci & Rodrigues 2002², Jim 2002³, Antunes 2007⁴, Moraes et al. 2007⁵, Almeida et al. 2008⁶, Condez et al. 2009⁷, Maffei et al. 2009⁸, Ribeiro-Júnior & Bertoluci 2009⁹, Rolim 2009¹⁰, Brassaloti et al. 2010¹¹, Forlani et al. 2010¹², Lopes 2010¹³, Maffei et al. 2011a¹⁴, b¹⁵, c¹⁶).

FAMÍLIA BRACHYCEPHALIDAE

Brachycephalus hermogenesi

Registros: Alto Paranapanema: Piedade (CFBH 29653); Tapiraí⁷.

Ischnocnema cf. hoehnei

Registros: Alto Paranapanema: Pilar do Sul (CFBH 8336).

Ischnocnema cf. spanios

Registros: Alto Paranapanema: Pilar do Sul (CFBH 16557); São Miguel Arcanjo (MZUSP 135942).

Ischnocnema guentheri

Registros: Alto Paranapanema: Apiaí (CFBH 25606); Guapiara (CFBH 13473); Piedade (CFBH 22262); Pilar do Sul (CFBH 16503); Ribeirão Branco (CFBH 2308); Ribeirão Grande (ZUEC 13746); São Miguel Arcanjo (MZUSP 136671); Tapiraí (CFBH 16550).

Ischnocnema parva

Registros: Alto Paranapanema: Apiaí (CFBH 25608); Capão Bonito (ZUEC 9212); Piedade⁷; Pilar do Sul (CFBH 7560); Ribeirão Grande (ZUEC 13752); São Miguel Arcanjo (MZUSP 135929); Tapiraí⁷.

FAMÍLIA BUFONIDAE

Dendrophryniscus brevipollicatus

Registros: Alto Paranapanema: Capão Bonito (ZUEC 9214); Piedade (CFBH 22285); Pilar do Sul (CFBH 8349); Ribeirão Grande¹; São Miguel Arcanjo (MZUSP 136523); Tapiraí (CFBH 16538).

Rhinella hoogmoedi

Registros: Alto Paranapanema: Capão Bonito (MZUSP 69812); Ribeirão Grande¹; São Miguel Arcanjo (ZUEC 15799).

Rhinella icterica

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Apiaí (CFBH 25621); Botucatu³; Capão Bonito (ZUEC 9203); Guapiara (CFBH 13472); Piedade⁷; Pilar do Sul (CFBH 8604); Ribeirão Branco (CFBH 6904); Ribeirão Grande (ZUEC 13759); São Miguel Arcanjo (MZUSP 136614); Tapiraí⁷.

Rhinella ornata

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Águas de Santa Bárbara (MZUSP 151036); Angatuba e Guareí (ZUEC 18878); Apiaí (CFBH 25672); Borebi¹⁵; Botucatu (DZSJRP 6013); Buri (ZUEC 14581); Capão Bonito (MZUSP 136652); Gália (DZSJRP 13620); Garça (DZSJRP 13851); Guapiara (CFBH 13471); Lençóis Paulista¹⁴; Lupércio (DZSJRP 13878); Piedade (ZUEC 12091); Pilar do Sul (CFBH 16561); Piraju (MZUSP 132186); Piratininga (DZSJRP 13766); Pratânia¹⁰; Ribeirão Branco (CFBH 6902); Ribeirão Grande (ZUEC 13764); São Manuel¹⁰; São Miguel Arcanjo (MZUSP 136643); Tapiraí⁷.

Rhinella schneideri

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Águas de Santa Bárbara (MZUSP 151038); Angatuba e Guareí (ZUEC 20369); Assis (CFBH 18862); Borebi¹⁵; Botucatu³; Buri (MZUSP 128536); Gália¹¹; Garça (DZSJRP 1797); Lençóis Paulista¹⁴; Lupércio (DZSJRP 13891); Pratânia¹⁰; Ribeirão Grande (ZUEC 17212); São Manuel¹⁰.

FAMÍLIA CENTROLENIDAE

Vitreorana eurygnatha

Registros: Alto Paranapanema: Ribeirão Branco (CFBH 1854); Tapiraí (CFBH 16549).

Vitreorana uranoscopa

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Angatuba e Guareí (ZUEC 18893); Botucatu (ZUEC 3679); Gália¹¹; Lençóis Paulista¹⁴; Piedade (CFBH 22256); Pilar do Sul (CFBH 9318); São Miguel Arcanjo (MZUSP 136531); Tapiraí⁷.

FAMÍLIA CERATOPHRYIDAE

Ceratophrys aurita

Registros: Alto Paranapanema: Ribeirão Branco (CFBH 2320); Tapiraí (MZUSP 109270).

FAMÍLIA CRAUGASTORIDAE

Haddadus binotatus

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Angatuba e Guareí (ZUEC 18841); Botucatu³; Buri (MZUSP 134852); Capão Bonito (MZUSP 135932); Gália (DZSJRP 13679); Garça (DZSJRP 13856); Guapiara (CFBH 14723); Piedade⁷; Pilar do Sul (CFBH 16499); Ribeirão Branco (CFBH 1778); Ribeirão Grande (ZUEC 18960); São Miguel Arcanjo (MZUSP 135930); Tapiraí⁷.

FAMÍLIA CYCLORAMPHIDAE

Cycloramphus acangatan

Registros: Alto Paranapanema: Guapiara (CFBH 14689); Piedade⁷; Pilar do Sul (CFBH 3786); Ribeirão Grande (ZUEC 13751); São Miguel Arcanjo (MZUSP 138364); Tapiraí⁷.

Apêndice 1. Continuação...**Appendix 1.** Continued...***Cycloramphus eleutherodactylus***

Registros: Alto Paranapanema: Ribeirão Grande (ZUEC 12087).

FAMÍLIA ODONTOPHRYNIDAE***Macrogenioglottus alipioi***Registros: Alto Paranapanema: Piedade⁷; Pilar do Sul (CFBH 6173); Ribeirão Branco (CFBH 6901); Ribeirão Grande (ZUEC 13762); São Miguel Arcanjo (MZUSP 136625); Tapiraí⁷.***Odontophrynus americanus***Registros: Alto e Médio Paranapanema: Angatuba e Guareí (ZUEC 18866); Assis⁹; Borebi¹⁵; Botucatu (ZUEC 19024); Buri (MZUSP 134818); Gália (DZSJRP 13684); Garça (DZSJRP 13861); Lençóis Paulista¹⁴; Lupércio (DZSJRP 13894); Piedade⁷; Ribeirão Grande¹; Tapiraí⁷.***Odontophrynus cf. cultripes***

Registros: Médio Paranapanema: Águas de Santa Bárbara (MZUSP 132970).

Proceratophrys boieiRegistros: Alto e Médio Paranapanema: Apiaí (CFBH 25669); Botucatu³; Buri (MZUSP 134809); Capão Bonito (ZUEC 9058); Guapiara (CFBH 13488); Piedade (CFBH 22265); Pilar do Sul (CFBH 16506); Ribeirão Branco (CFBH 4534); Ribeirão Grande (ZUEC 12376); São Miguel Arcanjo (MZUSP 136626); Tapiraí⁷.***Proceratophrys melanopogon***

Registros: Alto Paranapanema: Pilar do Sul (CFBH 9312).

Proceratophrys moratoiRegistros: Alto e Médio Paranapanema: Avaré¹⁶; Botucatu (ZUEC 7031); Lençóis Paulista¹⁴.**FAMÍLIA HEMIPHRACTIDAE*****Flectonotus fissilis***Registros: Alto Paranapanema: Piedade⁷; Pilar do Sul (CFBH 8614); Tapiraí (CFBH 10315).***Flectonotus ohausi***

Registros: Alto Paranapanema: Apiaí (CFBH 25601); Pilar do Sul (CFBH 7552); Tapiraí (CFBH 16545).

Gastrotheca microdiscusRegistros: Alto Paranapanema: Capão Bonito (ZUEC 8995); Pilar do Sul (CFBH 7553); Ribeirão Grande¹.**FAMÍLIA HYLIDAE*****Aplastodiscus albosignatus***Registros: Alto Paranapanema: Guapiara (CFBH 13466); Piedade (CFBH 22246); Pilar do Sul (CFBH 9313); Ribeirão Branco (CFBH 9580); Ribeirão Grande¹; São Miguel Arcanjo (MZUSP 136100).***Aplastodiscus callipygius***

Registros: Alto Paranapanema: Apiaí (CFBH 25591).

Aplastodiscus cf. ehrhardi

Registros: Alto Paranapanema: Apiaí (CFBH 25647).

Aplastodiscus leucopygiusRegistros: Alto Paranapanema: Piedade⁷; Pilar do Sul⁴; Tapiraí⁷.***Aplastodiscus perviridis***Registros: Alto e Médio Paranapanema: Águas de Santa Bárbara (MZUSP 151012); Angatuba e Guareí (ZUEC 18812); Apiaí (CFBH 25592); Botucatu (DZSJRP 1854); Buri (MZUSP 134888); Guapiara (CFBH 14705); Itatinga (ZUEC 8386); Lençóis Paulista¹⁴; Piedade⁷; Pilar do Sul (CFBH 6204); Piraju (MZUSP 72380); Ribeirão Branco (CFBH 2371); Ribeirão Grande (ZUEC 13788); São Manuel¹⁰; Tapiraí⁷.***Bokermannohyla astartea***Registros: Alto Paranapanema: Pilar do Sul⁴; São Miguel Arcanjo (MZUSP 136541); Tapiraí (CFBH 15570).***Bokermannohyla circumdata***

Registros: Alto Paranapanema: Apiaí (CFBH 25649); Buri (MZUSP 134892); Capão Bonito (MZUSP 136037); Guapiara (CFBH 13484); Piedade (CFBH 22247); Pilar do Sul (CFBH 15578); Ribeirão Grande (DZSJRP 8406); São Miguel Arcanjo (MZUSP 136030); Tapiraí (CFBH 15573).

Bokermannohyla hylaxRegistros: Alto Paranapanema: Apiaí (CFBH 25593); Capão Bonito (MZUSP 136089); Piedade⁷; Pilar do Sul (CFBH 15580); Ribeirão Grande (DZSJRP 8404); São Miguel Arcanjo (MZUSP 136040); Tapiraí (CFBH 15568).***Bokermannohyla izecksohni***

Registros: Médio Paranapanema: Botucatu (ZUEC 11543).

Bokermannohyla luctuosa

Registros: Alto Paranapanema: Ribeirão Branco (CFBH 30908).

Dendropsophus ancepsRegistros: Alto e Médio Paranapanema: Angatuba e Guareí (ZUEC 18817); Borebi¹⁵; Buri (MZUSP 134907); Lençóis Paulista¹⁴.

Apêndice 1. Continuação...**Appendix 1.** Continued...***Dendropsophus elegans***

Registros: Alto Paranapanema: Apiaí (CFBH 25597); Buri (MZUSP 134878); Ribeirão Grande (DZSJRP L1861.1); São Miguel Arcanjo (MZUSP 135910).

Dendropsophus elianeae

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Águas de Santa Bárbara (MZUSP 151058); Angatuba¹³; Assis (MZUSP 124224); Borebi¹⁵; Botucatu (ZUEC 12273); Buri (MZUSP 128496); Gália (DZSJRP 13687); Itapeva (MZUSP 60862); Lençóis Paulista¹⁴; Pratânia¹⁰.

Dendropsophus giesleri

Registros: Alto Paranapanema: Ribeirão Branco (ZUEC 6564); Ribeirão Grande¹; São Miguel Arcanjo (MZUSP 136064); Tapirai (CFBH 15574).

Dendropsophus jimi

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Águas de Santa Bárbara (MZUSP 151018); Angatuba e Guareí (ZUEC 18823); Borebi¹⁵; Botucatu (ZUEC 13467); Buri (MZUSP 134942); Itapeva (MZUSP 60866); Lençóis Paulista¹⁴; Pratânia¹⁰.

Dendropsophus microps

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Apiaí (CFBH 25594); Avaré⁸; Botucatu⁸; Capão Bonito (MZUSP 135941); Guapiara (CFBH 13476); Lençóis Paulista¹⁴; Piedade (CFBH 22250); Pilar do Sul (CFBH 9343); Ribeirão Branco (CFBH 16598); Ribeirão Grande (DZSJRP 8407); São Miguel Arcanjo (MZUSP 135935); Tapirai (CFBH 15576).

Dendropsophus minutus

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Águas de Santa Bárbara (MZUSP 151056); Alvinlândia e Gália (DZSJRP 9424); Angatuba e Guareí (ZUEC 18825); Apiaí (CFBH 25599); Assis (CFBH 20022); Borebi¹⁵; Botucatu (CFBH 22408); Buri (MZUSP 128519); Capão Bonito (CFBH 10678); Guapiara (CFBH 13462); Itatinga¹⁰; Lençóis Paulista (ZUEC 20225); Marília (CFBH 30474); Ourinhos (ZUEC 18952); Piedade (CFBH 22252); Pilar do Sul (CFBH 9316); Piraju (MZUSP 72391); Pratânia¹⁰; Ribeirão Branco (CFBH 16610); Ribeirão Grande (ZUEC 13756); São Manuel¹⁰; São Miguel Arcanjo (MZUSP 136077).

Dendropsophus nanus

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Águas de Santa Bárbara (MZUSP 151098); Angatuba e Guareí (ZUEC 18827); Assis (CFBH 18857); Borebi¹⁵; Botucatu (CFBH 14617); Buri (MZUSP 134893); Gália (DZSJRP 13688); Guapiara (CFBH 14706); Itapetininga (CFBH 19353); Itatinga¹⁰; Lençóis Paulista¹⁴; Ourinhos (ZUEC 18951); Paranapanema (ZUEC 7155); Pratânia¹⁰; Ribeirão Branco (CFBH 11284); Ribeirão Grande (ZUEC 17795); São Manuel¹⁰.

Dendropsophus sanborni

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Angatuba e Guareí (ZUEC 18832); Botucatu (CFBH 14621); Buri (MZUSP 134949); Capão Bonito (MZUSP 136673); Guapiara (CFBH 13464); Itatinga¹⁰; Lençóis Paulista¹⁴; Marília (CFBH 30471); Piedade⁷; Pilar do Sul (CFBH 9317); Pratânia¹⁰; Ribeirão Branco (CFBH 11283); Ribeirão Grande (ZUEC 13748); São Manuel¹⁰; Tapirai⁷.

Dendropsophus seniculus

Registros: Alto Paranapanema: Apiaí (CFBH 25600); Capão Bonito (MZUSP 135944); Piedade (CFBH 22253); Ribeirão Branco (CFBH 2228); Ribeirão Grande (ZUEC 17225); São Miguel Arcanjo (MZUSP 135943).

Dendropsophus werneri

Registros: Alto Paranapanema: Ribeirão Grande².

Hypsiboas albomarginatus

Registros: Alto Paranapanema: Angatuba¹³; Piedade⁷; Ribeirão Branco (ZUEC 6569); São Miguel Arcanjo (MZUSP 136672); Tapirai⁷.

Hypsiboas albopunctatus

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Águas de Santa Bárbara (MZUSP 151031); Angatuba e Guareí (ZUEC 18844); Assis (CFBH 18840); Borebi¹⁵; Botucatu (ZUEC 7575); Buri (MZUSP 134922); Gália¹¹; Itatinga¹⁰; Lençóis Paulista¹⁴; Marília (CFBH 30470); Piedade (CFBH 22258); Pilar do Sul (CFBH 6215); Piraju (MZUSP 72381); Pratânia¹⁰; Ribeirão Branco (CFBH 6820); Ribeirão Grande (ZUEC 13777); São Manuel (DZSJRP 2508); São Miguel Arcanjo (MZUSP 136133); Tapirai⁷.

Hypsiboas bischoffi

Registros: Alto Paranapanema: Buri (MZUSP 134910); Apiaí (CFBH 25655); Capão Bonito (ZUEC 8916); Guapiara (CFBH 13458); Piedade (CFBH 22260); Pilar do Sul (CFBH 6213); Ribeirão Branco (CFBH 11297); Ribeirão Grande (ZUEC 13765); São Miguel Arcanjo (MZUSP 136506); Tapirai⁷.

Hypsiboas caingua

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Águas de Santa Bárbara (MZUSP 151010); Assis (CFBH 18691); Botucatu (CFBH 29525); Buri (MZUSP 128470); Gália¹¹; Garça (DZSJRP 13864); Guapiara (CFBH 14697); Itatinga¹⁰; Lençóis Paulista¹⁴; Piedade⁷; Pilar do Sul⁴; Piraju (MZUSP 72404); Pratânia¹⁰; Ribeirão Grande (ZUEC 13780); São Manuel¹⁰; Tapirai⁷.

Hypsiboas caipora

Registros: Alto Paranapanema: Capão Bonito¹²; Pilar do Sul (CFBH 19231); São Miguel Arcanjo¹².

Hypsiboas faber

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Alvinlândia e Gália (DZSJRP 9419); Angatuba e Guareí (ZUEC 18845); Apiaí (CFBH 25602); Assis (ZUEC 10033); Borebi¹⁵; Botucatu (ZUEC 1226); Buri (MZUSP 134849); Garça (DZSJRP 1344); Guapiara (CFBH 13467); Itatinga¹⁰; Lençóis Paulista¹⁴; Piedade⁷; Pilar do Sul (CFBH 16562); Pratânia¹⁰; Ribeirão Branco (CFBH 8056); Ribeirão Grande (ZUEC 13772); São Manuel¹⁰; São Miguel Arcanjo (MZUSP 136062); Tapirai⁷.

Apêndice I. Continuação...**Appendix I.** Continued...***Hypsiboas lundii***

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Águas de Santa Bárbara (MZUSP 151077); Angatuba¹³; Assis (CFBH 20059); Borebi¹⁰; Botucatu (DZSJRP 5649); Gália (DZSJRP L2379.1); Lençóis Paulista¹⁴; Marília (DZSJRP 4072); São Manuel¹⁰.

Hypsiboas pardalis

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Apiaí (CFBH 25603); Botucatu (ZUEC 1241); Piedade⁷; Pilar do Sul (CFBH 16563); Ribeirão Grande¹; São Miguel Arcanjo (MZUSP 136519); Tapiraí⁷.

Hypsiboas prasinus

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Angatuba e Guareí (ZUEC 18847); Apiaí (CFBH 25604); Botucatu (DZSJRP 2537); Capão Bonito (ZUEC 9207); Garça (DZSJRP 1337); Lençóis Paulista¹⁴; Piedade (CFBH 22261); Pilar do Sul (CFBH 6214); Piraju (MZUSP 72403); Ribeirão Branco (CFBH 30911); Ribeirão Grande (ZUEC 13754); São Miguel Arcanjo (CFBH 5613); Tapiraí⁷.

Hypsiboas raniceps

Registros: Médio Paranapanema: Ourinhos (ZUEC 18945).

Hypsiboas semilineatus

Registros: Alto Paranapanema: Piedade⁷; Tapiraí⁷.

Itapotihyla langsdorffii

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Águas de Santa Bárbara (MZUSP 151063); Angatuba e Guareí (ZUEC 18851); Botucatu (CFBH 29531); Buri (MZUSP 134843); Gália¹¹; Lençóis Paulista¹⁴; Ribeirão Grande (ZUEC 18809).

Phasmahyla cochranæ

Registros: Alto Paranapanema: Capão Bonito (MZUSP 16552); Ribeirão Grande (DZSJRP L1847).

Phyllomedusa distincta

Registros: Alto Paranapanema: Apiaí (CFBH 25617); Capão Bonito (MZUSP 136028); Pilar do Sul (CFBH 8334); Ribeirão Branco (CFBH 31060); Ribeirão Grande (ZUEC 13753); São Miguel Arcanjo (MZUSP 136027).

Phyllomedusa tetraploidea

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Águas de Santa Bárbara (MZUSP 151074); Alvinlândia e Gália (DZSJRP 9420); Angatuba e Guareí (ZUEC 18867); Assis (CFBH 18829); Borebi¹⁵; Botucatu³; Buri (MZUSP 134838); Cerqueira César (MZUSP 12740); Garça (DZSJRP 1690); Lençóis Paulista¹⁴; Marília (CFBH 30477); Paranapanema (ZUEC 19083); Pilar do Sul (CFBH 8291); Pratânia¹⁰; Ribeirão Branco (CFBH 31051); Ribeirão Grande (DZSJRP 8100).

Pseudis platensis

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Angatuba (CFBH 23159); Assis (MZUSP 124249); Botucatu³; Buri (MZUSP 134867); Itatinga (ZUEC 2371).

Scinax alter

Registros: Alto Paranapanema: São Miguel Arcanjo (MZUSP 136019).

Scinax berthæ

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Águas de Santa Bárbara (CFBH 22335); Apiaí (CFBH 25703); Borebi¹⁵; Botucatu (ZUEC 10673); Buri (MZUSP 134939); Lençóis Paulista¹⁴; São Manuel¹⁰.

Scinax brieri

Registros: Alto Paranapanema: Capão Bonito (MZUSP 136554); Pilar do Sul⁴; Tapiraí (CFBH 15566).

Scinax caldarum

Registros: Alto Paranapanema: Ribeirão Branco (CFBH 6390).

Scinax cf. similis

Registros: Médio Paranapanema: Águas de Santa Bárbara (MZUSP 151090); Assis (CFBH 20052); Borebi¹⁵; Botucatu (DZSJRP 8051); Lençóis Paulista¹⁴; Pratânia¹⁰.

Scinax crospedospilus

Registros: Alto Paranapanema: Apiaí (CFBH 25622); Piedade (CFBH 22267); Pilar do Sul (CFBH 8932); Ribeirão Grande (ZUEC 17792); São Miguel Arcanjo (MZUSP 136009); Tapiraí⁷.

Scinax eurydice

Registros: Alto Paranapanema: Piedade (CFBH 22277).

Scinax fuscomarginatus

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Águas de Santa Bárbara (MZUSP 151050); Angatuba e Guareí (ZUEC 18883); Assis (CFBH 20051); Borebi¹⁵; Botucatu (DZSJRP 149); Buri (MZUSP 134824); Gália (DZSJRP 13689); Itapetininga (CFBH 19354); Itapeva (MZUSP 60876); Itatinga¹⁰; Lençóis Paulista (ZUEC 20221); Ourinhos (ZUEC 18949); Piedade⁷; Pilar do Sul (CFBH 7629); Pratânia¹⁰; Ribeirão Branco (CFBH 4166); São Miguel Arcanjo (MZUSP 136562); Tapiraí⁷.

Scinax fuscovarius

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Águas de Santa Bárbara (MZUSP 151029); Alvinlândia e Gália (DZSJRP 9423); Angatuba e Guareí (ZUEC 18888); Assis (CFBH 18841); Borebi¹⁵; Botucatu (DZSJRP 6074); Buri (ZUEC 14579); Capão Bonito (MZUSP 136022); Guapiara (CFBH 14699); Lençóis Paulista¹⁴; Marília (DZSJRP 2701); Ourinhos (CFBH 14072); Pilar do Sul (CFBH 7627); Pratânia¹⁰; Quatá (DZSJRP 2202); Rancheira (DZSJRP 2255); Ribeirão Branco (CFBH 30910); Ribeirão Grande (ZUEC 13785); São Manuel¹⁰; São Miguel Arcanjo (MZUSP 136026).

Apêndice 1. Continuação...**Appendix 1.** Continued...***Scinax hayii***

Registros: Alto Paranapanema: Piedade (CFBH 22268); Ribeirão Grande¹; São Miguel Arcanjo⁵.

Scinax hiemalis

Registros: Médio Paranapanema: Botucatu (CFBH 4544); Gália¹¹; São Manuel¹⁰.

Scinax littoralis

Registros: Alto Paranapanema: Tapiraí (MZUSP 125393).

Scinax obtriangulatus

Registros: Alto Paranapanema: Ribeirão Grande¹.

Scinax perereca

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Apiaí (CFBH 24623); Gália¹¹; Guapiara (CFBH 13452); Piedade⁷; Pilar do Sul (CFBH 8350); Ribeirão Branco (CFBH 30918); Ribeirão Grande (DZSJRP L1863.4); São Miguel Arcanjo (MZUSP 136116); Tapiraí (CFBH 16551).

Scinax perpusillus

Registros: Alto Paranapanema: Apiaí (CFBH 25674); Pilar do Sul (CFBH 7564); Ribeirão Grande¹; São Miguel Arcanjo (MZUSP 136025); Tapiraí (CFBH 16546).

Scinax rizibilis

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Alvinlândia e Gália (DZSJRP 9427); Angatuba e Guareí (ZUEC 19201); Apiaí (CFBH 25624); Capão Bonito (MZUSP 136612); Guapiara (CFBH 13455); Piedade (CFBH 22271); Pilar do Sul (CFBH 7628); Ribeirão Branco (CFBH 13647); Ribeirão Grande (ZUEC 13504); São Miguel Arcanjo (MZUSP 136611); Tapiraí⁷.

Scinax squauirostris

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Águas de Santa Bárbara (MZUSP 151084); Angatuba e Guareí (ZUEC 18890); Borebi¹⁵; Botucatu (ZUEC 1245); Lençóis Paulista¹⁴.

***Scinax x-signatus* (aff. *similis*)**

Registros: Médio Paranapanema: Ourinhos (ZUEC 18954).

Sphaenorhynchus caramaschii

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Angatuba e Guareí (ZUEC 18891); Apiaí (CFBH 25627); Avaré⁶; Botucatu⁶; Lençóis Paulista (ZUEC 20234); Piedade (CFBH 22273); Pilar do Sul (CFBH 8289); Ribeirão Branco (ZUEC 15267); Ribeirão Grande (CFBH 15581); Tapiraí⁷.

Trachycephalus imitatrix

Registros: Alto Paranapanema: Capão Bonito (ZUEC 8993); Piedade (CFBH 22275); Ribeirão Grande (DZSJRP 9149).

Trachycephalus lepidus

Registros: Alto Paranapanema: Capão Bonito (MZUSP 136548).

Trachycephalus mesophaeus

Registros: Alto Paranapanema: Piedade (CFBH 22276).

Trachycephalus typhonius

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Botucatu³; Marília (CFBH 30476); Ribeirão Branco (CFBH 2212).

FAMÍLIA HYLODIDAE***Crossodactylus caramaschii***

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Botucatu (ZUEC 11422); Capão Bonito (ZUEC 11991); Gália (DZSJRP 13691); Guapiara (CFBH 13468); Lupércio (DZSJRP 13918); Ourinhos (MZUSP 134086); Piedade⁷; Pilar do Sul (CFBH 4249); Ribeirão Branco (CFBH 1850); Ribeirão Grande (ZUEC 13783); São Miguel Arcanjo (MZUSP 136590); Tapiraí⁷.

***Crossodactylus* sp. (gr. *gaudichaudii*)**

Registros: Médio Paranapanema: Rancharia (DZSJRP 4469).

Hylodes* cf. *asper

Registros: Alto Paranapanema: Guapiara (CFBH 13486); Ribeirão Grande¹.

Hylodes* cf. *cardosoi

Registros: Alto Paranapanema: Capão Bonito (MZUSP 136571).

Hylodes heyeri

Registros: Alto Paranapanema: Capão Bonito (CFBH 10677).

Hylodes phyllodes

Registros: Alto Paranapanema: Piedade⁷; Tapiraí⁷.

Megaelosia* cf. *goeldii

Registros: Alto Paranapanema: Ribeirão Grande¹.

FAMÍLIA LEPTODACTYLIDAE***Adenomera* cf. *bokermanni***

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Botucatu (ZUEC 3904); Guapiara (CFBH 13478); Lençóis Paulista¹⁴; Ribeirão Branco (CFBH 2306); Ribeirão Grande (ZUEC 13749).

Apêndice I. Continuação...**Appendix I.** Continued...***Adenomera cf. marmorata***

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Apiaí (CFBH 25662); Botucatu (ZUEC 2503); Buri (MZUSP 134921); Capão Bonito (ZUEC 11978); Piedade⁷; Pilar do Sul (CFBH 16558); Ribeirão Grande (ZUEC 13767); São Miguel Arcanjo (MZUSP 135963); Tapirai (CFBH 16548).

Adenomera sp.

Registros: Alto Paranapanema: Angatuba e Guareí (ZUEC 18864).

Eupemphix nattereri

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Águas de Santa Bárbara (MZUSP 151070); Angatuba e Guareí (ZUEC 18836); Assis (CFBH 20018); Borebi¹⁵; Botucatu (DZSJRP 9068); Gália (DZSJRP 13694); Lençóis Paulista¹⁴; Ourinhos (ZUEC 18948); Piraju (MZUSP 132185); Piratininga (DZSJRP 13773); Pratânia¹⁰.

Leptodactylus chaquensis

Registros: Médio Paranapanema: Gália¹¹.

Leptodactylus flavopictus

Registros: Alto Paranapanema: Ribeirão Branco (CFBH 4725); Ribeirão Grande¹; São Miguel Arcanjo (MZUSP 136665).

Leptodactylus furnarius

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Águas de Santa Bárbara (MZUSP 151088); Angatuba¹³; Assis (CFBH 20055); Botucatu (ZUEC 4078); Gália (DZSJRP 13721); Lençóis Paulista¹⁴.

Leptodactylus fuscus

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Águas de Santa Bárbara (MZUSP 151004); Angatuba e Guareí (ZUEC 18856); Assis (CFBH 20054); Borebi¹⁵; Botucatu (DZSJRP 9069); Buri (MZUSP 134858); Capão Bonito (ZUEC 8918); Gália¹¹; Lençóis Paulista¹⁴; Marília (CFBH 30475); Ourinhos (ZUEC 18946); Piedade⁷; Pilar do Sul (CFBH 9340); Piratininga (DZSJRP 13780); Pratânia¹⁰; Ribeirão Branco (CFBH 2327); Ribeirão Grande¹; São Manuel¹⁰; São Miguel Arcanjo (MZUSP 135970); Tapirai⁷.

Leptodactylus jolyi

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Águas de Santa Bárbara (MZUSP 151034); Botucatu¹⁰; Piedade (CFBH 22289).

Leptodactylus labyrinthicus

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Águas de Santa Bárbara (MZUSP 151096); Angatuba (CFBH 23157); Assis (CFBH 20049); Borebi¹⁵; Botucatu³; Buri (MZUSP 134890); Gália¹¹; Lençóis Paulista¹⁴; Lupércio (DZSJRP 13902); Pratânia¹⁰.

Leptodactylus latrans

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Águas de Santa Bárbara (MZUSP 151039); Angatuba e Guareí (ZUEC 18858); Apiaí (CFBH 25613); Assis (CFBH 20057); Borebi¹⁵; Botucatu (ZUEC 1235); Buri (MZUSP 134833); Gália¹¹; Guapiara (CFBH 13477); Itatinga¹⁰; Lençóis Paulista¹⁴; Lupércio (DZSJRP 13916); Piedade⁷; Pilar do Sul (CFBH 8352); Ribeirão Branco (CFBH 6900); Ribeirão Grande (ZUEC 13773); São Manuel¹⁰; São Miguel Arcanjo (MZUSP 136668); Tapirai⁷.

Leptodactylus mystaceus

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Águas de Santa Bárbara (MZUSP 151033); Angatuba (CFBH 23146); Borebi¹⁵; Botucatu³; Gália (DZSJRP 13722); Lençóis Paulista¹⁴; Lupércio (DZSJRP 13903); Piratininga (DZSJRP 13781); Pratânia¹⁰.

Leptodactylus mystacinus

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Águas de Santa Bárbara (MZUSP 151066); Angatuba e Guareí (ZUEC 18859); Assis (CFBH 20060); Borebi¹⁵; Botucatu (DZSJRP 9065); Buri (MZUSP 134834); Gália (DZSJRP 13729); Garça (DZSJRP 13871); Itapeva (MZUSP 138177); Itararé (MZUSP 138161); Lençóis Paulista¹⁴; Marília (DZSJRP 2696); Ourinhos (DZSJRP 11632); Piedade⁷; Piratininga (DZSJRP 13782); Pratânia¹⁰; Ribeirão Branco (CFBH 2499); São Manuel¹⁰; Tapirai⁷.

Leptodactylus notoaktites

Registros: Alto Paranapanema: Apiaí (CFBH 25611); Capão Bonito (ZUEC 8525); Ribeirão Branco (CFBH 11282); Ribeirão Grande (ZUEC 13778); Tapirai (MZUSP 125405).

Leptodactylus podicipinus

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Angatuba e Guareí (ZUEC 18863); Assis (CFBH 20056); Botucatu (ZUEC 2887); Chavantes (DZSJRP 10819); Gália¹¹; Lençóis Paulista¹⁴; Marília (DZSJRP 2697); Quatá (DZSJRP 1976); São Manuel (DZSJRP 2542).

Paratelmatobius cf. gaigeae

Registros: Alto Paranapanema: Ribeirão Grande¹.

Paratelmatobius sp. (aff. cardosoi)

Registros: Alto Paranapanema: Apiaí (CFBH 25616); Capão Bonito (MZUSP 135993); Piedade⁷; São Miguel Arcanjo (MZUSP 135979); Tapirai (CFBH 16535).

Physalaemus centralis

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Águas de Santa Bárbara (MZUSP 151079); Angatuba (CFBH 23149); Assis (MZUSP 124228); Borebi¹⁵; Botucatu (ZUEC 1237); Lençóis Paulista¹⁴; Pratânia¹⁰.

Apêndice 1. Continuação...**Appendix 1.** Continued...***Physalaemus cuvieri***

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Águas de Santa Bárbara (MZUSP 151014); Angatuba e Guareí (ZUEC 18870); Apiaí (CFBH 25619); Assis (CFBH 20047); Borebi¹⁵; Botucatu (DZSJRP 6019); Buri (MZUSP 134964); Capão Bonito (ZUEC 11981); Gália (DZSJRP 13695); Garça (DZSJRP 13865); Guapiara (CFBH 13487); Itapetininga (MZUSP 60968); Itapeva (MZUSP 60868); Itararé (MZUSP 138190); Itatinga¹⁰; Lençóis Paulista¹⁴; Lupércio (DZSJRP 13899); Marília (DZSJRP 1852); Ourinhos (CFBH 14070); Paranapanema (CFBH 10675); Piedade (CFBH 22263); Pilar do Sul (CFBH 7561); Piraju (MZUSP 72470); Piratininga (DZSJRP 13777); Pratânia¹⁰; Ribeirão Branco (CFBH 2357); Ribeirão Grande (ZUEC 13760); São Manuel¹⁰; São Miguel Arcanjo (MZUSP 135969); Tapiraí⁷.

Physalaemus lateristriga

Registros: Alto Paranapanema: Capão Bonito (ZUEC 11992); Ribeirão Branco (ZUEC 6579); Ribeirão Grande (ZUEC 17249).

Physalaemus marmoratus

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Águas de Santa Bárbara (MZUSP 151062); Angatuba (CFBH 23139); Assis (CFBH 20030); Borebi¹⁵; Botucatu (ZUEC 8324); Buri (MZUSP 134862); Gália (DZSJRP 13718); Lençóis Paulista¹⁴; Ourinhos (ZUEC 18950); São Manuel (ZUEC 2335).

Physalaemus olfersii

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Angatuba e Guareí (ZUEC 18876); Apiaí (CFBH 25620); Botucatu (ZUEC 2176); Buri (MZUSP 134906); Capão Bonito (ZUEC 9239); Gália (DZSJRP 13699); Itatinga¹⁰; Piedade (CFBH 22264); Pilar do Sul (CFBH 6106); Ribeirão Branco (CFBH 16587); Ribeirão Grande (ZUEC 18956); São Miguel Arcanjo (MZUSP 136101); Tapiraí (CFBH 16547).

Physalaemus spiniger

Registros: Alto Paranapanema: Apiaí (CFBH 25668).

Pseudopaludicola cf. falcipes

Registros: Médio Paranapanema: Botucatu (ZUEC 1263).

Pseudopaludicola cf. murundu

Registros: Médio Paranapanema: Águas de Santa Bárbara (MZUSP 151097).

Pseudopaludicola cf. mystacalis

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Assis⁹; Botucatu (MZUSP 14480); Buri (MZUSP 134955).

Pseudopaludicola cf. saltica

Registros: Médio Paranapanema: Botucatu (ZUEC 1271).

FAMÍLIA MICROHYLIDAE***Chiasmocleis albopunctata***

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Águas de Santa Bárbara (MZUSP 151024); Angatuba e Guareí (ZUEC 18815); Assis (CFBH 20032); Borebi¹⁵; Botucatu (ZUEC 3785); Buri (MZUSP 134882); Gália¹¹; Garça (DZSJRP 13875); Lençóis Paulista¹⁴; Piratininga (DZSJRP 13783); Pratânia¹⁰.

Chiasmocleis leucosticta

Registros: Alto Paranapanema: Piedade (CFBH 22248); Pilar do Sul (CFBH 4250); Ribeirão Branco (CFBH 9149); São Miguel Arcanjo (MZUSP 136050); Tapiraí⁷.

Elachistocleis bicolor

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Águas de Santa Bárbara (MZUSP 151013); Alvinlândia e Gália (DZSJRP 9425); Angatuba (CFBH 23163); Assis (CFBH 20035); Buri (MZUSP 134923); Chavantes (DZSJRP 10821); Ourinhos (DZSJRP 11642); Paranapanema (CFBH 10676).

Elachistocleis cesarii

Registros: Alto e Médio Paranapanema: Águas de Santa Bárbara (MZUSP 151041); Angatuba e Guareí (ZUEC 18835); Borebi¹⁵; Botucatu³; Buri (MZUSP 134926); Gália¹¹; Lençóis Paulista¹⁴; Pratânia¹⁰; São Manuel¹⁰.

Myersiella microps

Registros: Alto Paranapanema: Piedade⁷; Pilar do Sul (CFBH 6111); São Miguel Arcanjo (MZUSP 136674); Tapiraí⁷.

Cladocerans (Crustacea, Anomopoda and Ctenopoda) from Cerrado of Central Brazil: Inventory of phytophilous community in natural wetlands

Francisco Diogo Rocha Sousa^{1,2,3}, Lourdes Maria Abdu Elmoor-Loureiro² &

Luciana de Mendonça-Galvão²

¹Laboratório de Carcinologia, Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Animal, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, CEP 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil

²Laboratório de Biodiversidade Aquática, Universidade Católica de Brasília – UCB, CEP 71966-700, Taguatinga, DF, Brasil

³Corresponding author: Francisco Diogo Rocha Sousa, e-mail: sousa_bio@yahoo.com.br

SOUSA, F.D.R., ELMOOR-LOUREIRO, L.M.A. & MENDONÇA-GALVÃO, L. **Cladocerans (Crustacea, Anomopoda and Ctenopoda) from Cerrado of Central Brazil: Inventory of phytophilous community in natural wetlands.** *Biota Neotrop.* 13(3):<http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?inventory+bn00413032013>

Abstract: The aim of this study was to inventory the cladoceran fauna in wetlands located in two large areas that protect fragments of Cerrado. Located in the Brasília National Park-DF and Campo de Instrução de Formosa-GO, these wetlands are formed by upwelling groundwater, with extensive vegetation cover. We found 24 species in the Brasília National Park and 30 in the Campo de Instrução de Formosa. The observed richness reached approximately 80% of the estimated values for both protected areas. Moreover, the community of cladocerans in the kind of environment studied appears to be influenced by depth, with higher values of richness and similarity in wetlands of higher average depths. However, shallow wetlands contributed to the total richness with exclusive species, which shows the importance of these habitats for species richness.

Keywords: *High Paraná River Basin, High São Francisco River Basin, protected areas, richness, shallow wetlands.*

SOUSA, F.D.R., ELMOOR-LOUREIRO, L.M.A. & MENDONÇA-GALVÃO, L. **Cladóceros (Crustacea, Anomopoda e Ctenopoda) do Cerrado do Brasil Central: Inventário da comunidade associada à macrófitas em zonas úmidas naturais.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?inventory+bn00413032013>

Resumo: O objetivo deste estudo foi inventariar a fauna de Cladocera em zonas úmidas localizadas em duas grandes áreas que protegem fragmentos de Cerrado. Estas estão localizadas no Parque Nacional de Brasília, DF, e Campo de Instrução de Formosa, Goiás, e são formadas pelo afloramento de lençol freático, com extensa cobertura vegetal. Foram encontradas 24 espécies no Parque Nacional de Brasília e 30 no Campo de Instrução de Formosa. A riqueza observada alcançou, aproximadamente, 80% dos valores estimados para ambas as áreas protegidas. Além disto, a comunidade de Cladocera no tipo de ambiente estudado parece ser influenciada pela profundidade, com maiores valores de riqueza e similaridade para áreas com maiores médias de profundidade. Contudo, as zonas úmidas mais rasas contribuíram para a riqueza total com espécies exclusivas, o que mostra a importância desses ambientes para a riqueza de espécies.

Palavras-chave: *Bacia do Alto Rio Paraná, Bacia do Alto Rio São Francisco, áreas protegidas, riqueza, zonas úmidas rasas.*

Introduction

Wetlands are ecosystems widely distributed across the planet and include habitats that range from continental coastlines to inland aquatic systems, namely ecotone areas along rivers and lakes, ponds, swamps, flooded forests, among others (Moore 2007). These environments are characterized mainly by the intrinsic relationship with terrestrial systems as well as the dependence on fluctuations in water availability.

Currently, two approaches have taken hold of the debate about wetlands. The first is related to social issues and sustains that the environmental services provided by these ecosystems – e.g. flood control, retention of large loads of nutrients and sediment, and mainly the supply of food (fish, crustaceans et cetera) – making these wetlands environments extremely vulnerable to anthropogenic activities (Clare et al. 2011). The second approach emphasizes on biodiversity, since these areas are of extreme importance, harboring large numbers of organisms of different taxonomic groups, from microscopic species, such as algae and protozoa, to invertebrates (crustaceans, insects), to vertebrates (reptiles, amphibians, birds), and many plant species. A whole host of organisms makes use of wetlands to establish populations, forage and disperse, which implies that ecological interactions in such environments are extremely complex and important (Gibbs 2000).

Wetlands appear as shallow and highly heterogeneous environments due to the diversification of habitats and ecological niches provided by macrophytes (Van Der Valk 2006). Among other factors, such as the absence of top-level predators in shallow environments (Scheffer et al. 2006), the presence of macrophytes has been recognized as one of the main community-structuring factors (Thomaz & Cunha 2010), with a bearing on the diversity patterns and spatial distribution of biota associated with aquatic vegetation (Balayla & Moss 2003, Sakuma et al. 2004).

Among the different groups of organisms that live in association with macrophytes, cladocerans have been extensively studied in various regions of the world, both from a taxonomic perspective (e.g. Kotov et al. 2004, Elmoor-Loureiro et al. 2009, Sinev & Elmoor-Loureiro 2010), and in ecological studies (Hann 1995, Hann & Zrum 1997, Laurindsen et al. 1996, Blindow et al. 2000).

Although Cladocera fauna associated with macrophytes corresponds to about 70% of known species for that group (Elmoor-Loureiro 2000, Forró et al. 2008), in Brazil's wetlands data available on these microcrustaceans refer primarily to those found in the floodplains of the Paraná River and the Pantanal (e.g. Rossa et al. 2001, Lima et al. 2003, Hollwedel et al. 2003, Serafim et al. 2003, Choueri et al. 2005, Palazzo et al. 2008, Lansac-Tóha et al. 2009, Güntzel et al. 2010), which are areas covering large tracts. This

evinces a major gap in the knowledge of Cladocera fauna in wetlands that are smaller, shallow (<5 m maximum depth), located in highlands, with seasonal fluctuation of the water level and broad occupation by macrophytes, such as moist grasslands, earth mounds (*murundus*) and shallow ponds. These types of environments comprise much of the aquatic ecosystems in the Cerrado (Padovesi-Fonseca 2005), in addition to potentially harboring a high diversity of species (Leibowitz 2003).

The aim of this study was to evaluate the composition and abundance of Cladocera fauna in natural wetlands, located in preserved fragments of the Cerrado in Central Brazil.

Material and Methods

1. Area of the study

This study was conducted in two areas that protect large fragments of Cerrado: the Brasília National Park (*PNB*), in the Federal District, and the Campo de Instrução de Formosa (*CIF*), in Goiás (Figure 1). According to the Köppen system, these two areas are subject to a tropical savanna climate (*Aw*), characterized by a dry season - with lower temperatures and occurring between the months of May and September - and a rainy season - a warmer period which concentrates more than 80% of the annual rainfall, from October to April. For this biome, the average annual rainfall is 1,500 mm and average temperatures range between 18 °C and 27 °C.

The *PNB* has a total area of 42,389 hectares, the largest Full Protection Conservation Unit in the Federal District. The *PNB*'s aquatic ecosystems belong to the Upper Paraná watershed and consist mostly of small lotic systems, but also several natural wetlands formed by upwelling groundwater, commonly referred to as marshes. These palustrine environments are represented by moist grasslands, earth mounds (*murundus*) and shallow ponds. Five among these were the object of this study (Table 1) (Figure 2a-e).

The *CIF* is an area under the management of the Brazilian Army since 1972, and maintains a large fragment of Cerrado along the eastern boundary between the states of Goiás, Minas Gerais and the Federal District. A number of lotic systems and large natural wetlands outcropping from groundwater also occur inside the *CIF*, and these water bodies belong to the São Francisco River watershed. In total, four wetlands were studied in the *CIF* (Table 1) (Figure 2f-i).

The wetlands studied are classified as inland wetlands featuring a relatively stable water level (Source: National Institute of Science and Technology on Wetlands), but these wetlands are subject to fluctuations in water level between seasons. Fluctuations in water

Table 1. Geographical location, mean depth and number of samples collected in the wetlands studied in Brasília National Park (PNB) and Campo de Instrução de Formosa (CIF).

Protected Area	Wetland	Geographic Coordinates	Mean depth (m)			Number of samples	
			Dry Season	Rainy Season	Overall	Dry Season	Rainy Season
CIF	Lagoa Grande	15°49'35,70" S and 47°13'49,40" W	0.60	0.83	0.71	4	4
	Lagoa Cabocla I	15°48'15,00" S and 47°14'57,50" W	0.32	0.46	0.39	4	4
	Lagoa Cabocla II	15°48'21,00" S and 47°14'09,20" W	0.50	0.65	0.58	5	5
	Lagoa dos Veados	15°36'19,40" S and 47°16'32,70" W	-	0.31	0.31	-	3
PNB	Lagoinha Meandros	15°43'29,80" S and 47°58'08,90" W	0.06*	0.17	0.13	1	1
	Murundus	15°46'48,10" S and 47°58'42,20" W	0.05*	0.05	0.05	1	2
	Peito de Moça	15°45'05,08" S and 48°01'33,20" W	0.05	0.05	0.05	3	3
	Lagoa do Henrique	15°41'18,00" S and 47°56'26,10" W	0.58	0.73	0.66	4	4
	Lagoa do Exército	15°44'44,30" S and 47°58'49,10" W	0.19	0.33	0.26	5	5

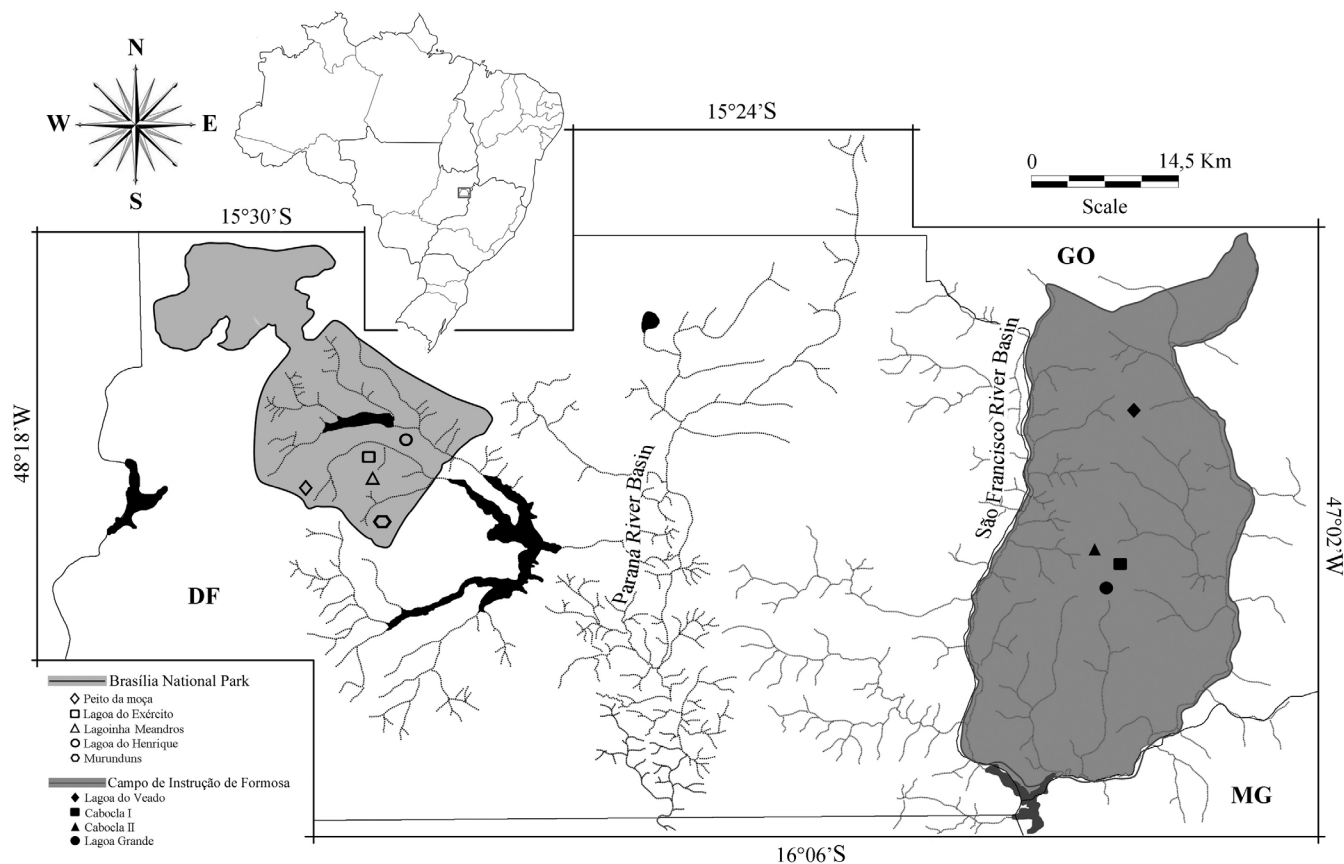


Figure 1. Location of the Brasília National Park – DF (PNB), Campo de Instrução de Formosa – GO (CIF) and wetlands sampled.

level in some of these wetlands are related mainly to complete dryness (dry season) and overflows from the water table (rainy season).

The wetlands sampled showed high diversity of macrophytes with about 25 families recorded: Apiaceae, Asteraceae, Characeae, Cornaceae, Cyperaceae, Droseraceae, Euriocaulaceae, Fabaceae, Gentianaceae, Lamiaceae, Lentibulariaceae, Lycopodiaceae, Lythraceae, Mayacaceae, Melastomataceae, Menyanthaceae, Ochnaceae, Onagraceae, Plantaginaceae, Poaceae, Polygalaceae, Rubiaceae, Sterculiaceae, Verbenaceae and Xyridaceae (unpublished data).

Characterized as pristine, the wetlands studied featured pH values between 3.89 and 7.04, electrical conductivity levels below $18.9 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$, dissolved oxygen levels between 2.7 and 7 mg/L, total nitrogen concentrations between 33.4 and 412.2 $\mu\text{g}/\text{L}$ and total phosphorus concentrations between 1.0 and 120.0 $\mu\text{g}/\text{L}$.

1.1. Collection, identification and data analysis

Samplings were conducted in the dry (August-September, 2009) and rainy (December, 2009) seasons. Depth was taken for each site (Table 1). The Cladocera fauna was collected with plankton net of 80 μm mesh size dragged across the aquatic vegetation. The samples collected were anesthetized in sparkling water, and then fixed in ethanol with final proportion of 70%.

For each sample collected sub-samples of 4 mL in volume were screened under a stereomicroscope until the number of 50 individuals was reached. Then, five sub-samples were analyzed for the occurrence of species that had not yet been identified. With the addition of new species, new sub-samples were analyzed until stabilization of species richness was observed.

All individuals were counted and identified based on taxonomic references (Smirnov 1992, 1996; Elmoor-Loureiro 1997, Kotov et al. 2004, Kotov & Štifter 2006, Sinev & Elmoor-Loureiro 2010, Van Damme et al. 2010, 2011). The specimens found in this study are deposited in the collection of the Laboratory of Aquatic Biodiversity at the Catholic University of Brasilia.

Rarefactions were based on samples to compare richness between the *PNB* and *CIF*. The total richness for these two areas was obtained using the nonparametric estimator based on Jackknife1 incidence data (formula in Gotelli & Colwell 2010). The scores for the construction of species accumulation curves and estimated richness values were obtained through the EstimateS 8.2 software (Colwell 2009).

The faunal similarity between the wetlands studied was obtained using the Jaccard index. A cluster analysis based on mean depth values was also employed for each wetland to assess whether there was a clustering pattern. These analyses were performed in the PAST software (Hammer et al. 2001). In order to check whether there was a relationship between depth and Cladocera species composition the Mantel test was employed with 999 randomizations. The Jaccard dissimilarity matrices and Euclidean distance were used for the Cladocera fauna and mean depth data between seasons, respectively.

Results

Thirty-three species were found, considering all the areas analyzed. The species are distributed in five families (Sididae, Daphniidae, Ilyocryptidae, Macrothricidae and Chydoridae), and the Chydoridae had the greatest number of species (Table 2).

The comparison of species richness between the two areas studied showed greater richness in the *CIF* (Figure 3). Although there was a difference in richness, no stabilization for the rarefaction curves was

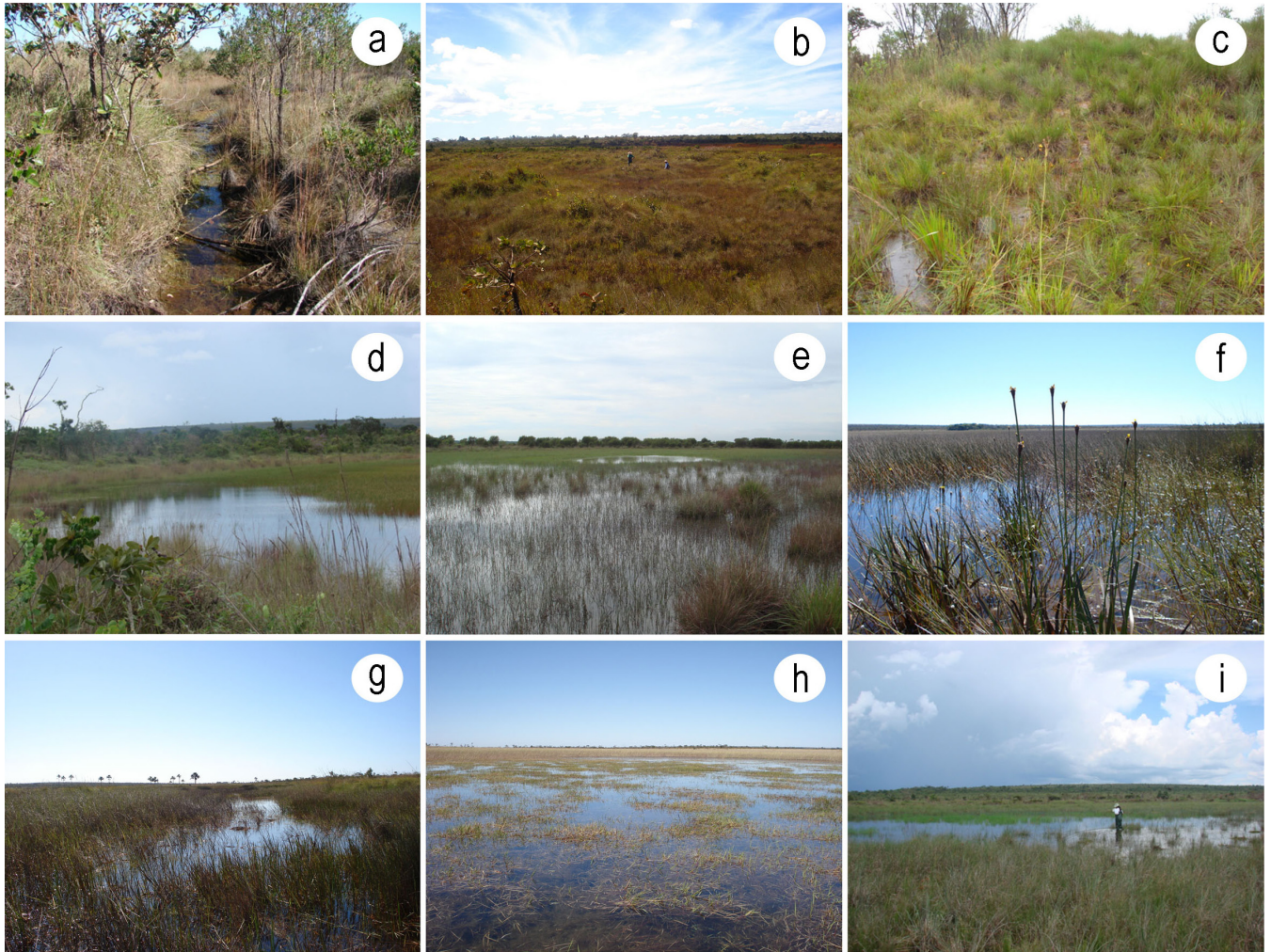


Figure 2. General aspects of the wetlands sampled in the Brasília National Park (PNB) and Campo de Instrução de Formosa (CIF). a) Lagoinha Meandros; b) Murundus; c) Peito de Moça; d) Lagoa do Henrique; e) Lagoa do Exército; f) Lagoa Grande; g) Lagoa Cabocla I; h) Lagoa Cabocla II; i) Lagoa dos Veados.

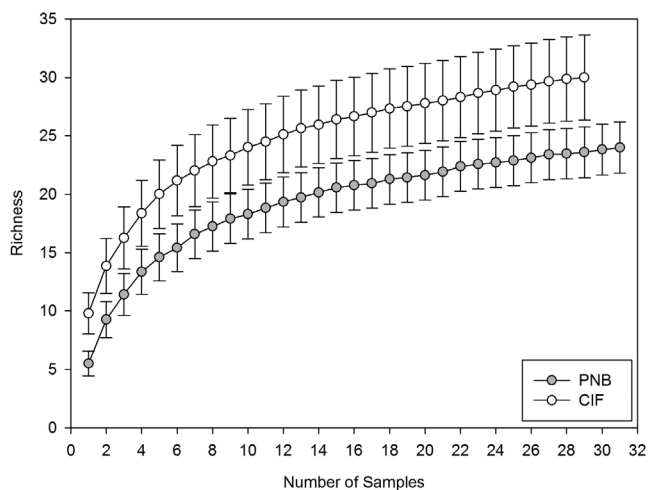


Figure 3. Rarefaction curve based on the number of samples collected for the Brasília National Park (PNB) and Campo de Instrução de Formosa (CIF).

observed in either of the areas studied, indicating there is a chance that new species may be collected with increased sampling efforts. This result is supported by the values of estimated richness, which extrapolated the richness observed in the PNB and CIF (Table 3).

Table 3. Total richness and average percentage of overestimation of species richness for Brasília National Park (PNB) and Campo de Instrução de Formosa (CIF).

Number of samples	PNB	CIF
	31	29
Richness observed	24	30
Estimated richness (Jackk1)	28.28 ± 2.82	36.76 ± 2.66
Overestimation of richness (%)	16.78	18.38

In the CIF, 30 species were identified (Figure 3), and *Lagoa Cabocla II* had the greatest number (22 species), followed by *L. Grande* (19 species), *L. Cabocla I* (14 species) and *L. dos Veados* (ten species). The greatest similarity identified by the Jaccard index was between *L. Cabocla II* and *L. Grande* (0.57), while both of these areas had little similarity with *L. dos Veados*, showing a Jaccard index value below 0.30 (Table 4).

In the PNB, 24 species were found, with representatives from the five families as well. The environment that proved to have the greatest number of species was *Lagoa do Henrique* (21 species), followed by *L. do Exército* (16 species), *Murundus* (eight species), *L. Meandros* (seven species) and *Peito de Moça* (six species). According to the

Table 2. Occurrence of cladoceran species in wetlands of Brasília National Park (PNB) and Campo de Instrução de Formosa (CIF). GR – Lagoa Grande; CBI – Lagoa Cabocla I; CBII – Lagoa Cabocla II; LV – Lagoa dos Veados; ME – Lagoinha Meandros; MU – Murundus; PM – Peito de Moça; HE – Lagoa do Henrique; EX – Lagoa do Exército.

Taxa	CIF				PNB				
	GR	CBI	CBII	LV	ME	MU	PM	HE	EX
Sididae Baird, 1850									
<i>Latonopsis australis</i> -group	x		x					x	
Daphniidae Straus, 1829									
<i>Ceriodaphnia cornuta</i> Sars, 1886			x	x				x	
<i>Ceriodaphnia</i> sp1			x						
<i>Ceriodaphnia</i> sp2			x						
Ilyocryptidae Smirnov, 1992									
<i>Ilyocryptus spinifer</i> Herrick, 1882	x	x	x	x	x		x	x	x
Macrothricidae Norman & Brady, 1867									
<i>Macrothrix elegans</i> Sars, 1901	x			x					
<i>Macrothrix paulensis</i> (Sars, 1900)	x	x	x					x	x
<i>Streblocerus pygmaeus</i> Sars, 1901	x		x			x			x
Chydoridae Stebbing, 1902									
<i>Acroperus tupinamba</i> Sinev & Elmoor-Loureiro, 2010		x					x		
<i>Alona dentifera</i> (Sars, 1901)			x					x	
<i>Alona glabra</i> Sars, 1901			x						
<i>Alona setigera</i> Brehm, 1931		x	x			x	x	x	x
<i>Alona iheringula</i> Sars, 1901	x	x	x		x	x	x	x	x
<i>Alona intermedia</i> Sars, 1862	x		x					x	x
<i>Alona ossiani</i> Sinev, 1998	x	x	x		x	x	x	x	x
<i>Alona</i> sp.							x		
<i>Alonella clathratula</i> Sars, 1896	x	x	x		x	x		x	x
<i>Alonella dadayi</i> Birge, 1910	x	x	x		x	x		x	x
<i>Anthalona verrucosa</i> (Sars, 1901)	x	x	x		x			x	x
<i>Celsinotum candango</i> Sinev & Elmoor-Loureiro, 2010								x	x
<i>Chydorus dentifer</i> Daday, 1905	x								
<i>Chydorus eurynotus</i> Sars, 1901	x	x	x	x				x	x
<i>Chydorus pubescens</i> Sars, 1901	x	x	x	x				x	
<i>Disparalona leptorhyncha</i> Smirnov, 1996	x								
<i>Dunnhevedia odontoplax</i> (Sars, 1901)		x		x					
<i>Ephemeroporus barroisi</i> (Richard, 1984)	x	x	x	x	x	x		x	x
<i>Ephemeroporus tridentatus</i> (Bergamin, 1931)				x					
<i>Ephemeroporus</i> sp.	x		x					x	x
<i>Euryalona orientalis</i> (Daday, 1898)				x					
<i>Graptoleberis occidentalis</i> (Sars, 1901)	x	x	x					x	x
<i>Karualona muelleri</i> (Richard, 1897)	x			x		x		x	x
<i>Leydigiopsis curvirostris</i> Sars, 1901			x					x	
<i>Notoalona sculpta</i> (Sars, 1901)								x	
Total	19	14	22	10	7	8	6	21	16

Jaccard index, the faunal composition in the PNB wetlands had the greatest similarity between *L. Henrique* and *L. do Exército* (0.68), with low similarity between these and the others (Table 4).

A comparison of the faunal composition between all the wetlands studied showed greater similarity between the *L. do Henrique*, *L. Grande*, *L. Cabocla II* and *L. do Exército*, with similarity values above 0.50 (Table 4). The other areas studied also showed low overlap in faunal composition among each other, as well as the areas mentioned above. The evaluation of the relationship between the depth showed that *L. do Henrique*, *L. Grande* and *L. Cabocla II* fell under the same group because of their higher mean depths (Figure 4). The Mantel test showed no relationship between mean depth and the composition of Cladocera fauna ($R = 0.235, p = 0.07$).

Table 4. Faunal similarity based on Jaccard index for wetlands of the Brasília National Park and Campo de Instrução de Formosa. GR – Lagoa Grande; CBI – Lagoa Cabocla I; CBII – Lagoa Cabocla II; LV – Lagoa dos Veados; ME – Lagoinha Meandros; MU – Murundus; PM – Peito de Moça; HE – Lagoa do Henrique; EX – Lagoa do Exército.

	CBI	CBII	LV	ME	MU	PM	LH	LE
LG	0.50	0.57	0.26	0.36	0.35	0.13	0.60	0.66
CBI	-	0.50	0.26	0.50	0.37	0.33	0.52	0.57
CBII		-	0.18	0.31	0.30	0.16	0.72	0.58
LV			-	0.13	0.12	0.06	0.24	0.18
ME				-	0.50	0.30	0.33	0.43
UM					-	0.27	0.31	0.50
PM						-	0.17	0.22
LH							-	0.68

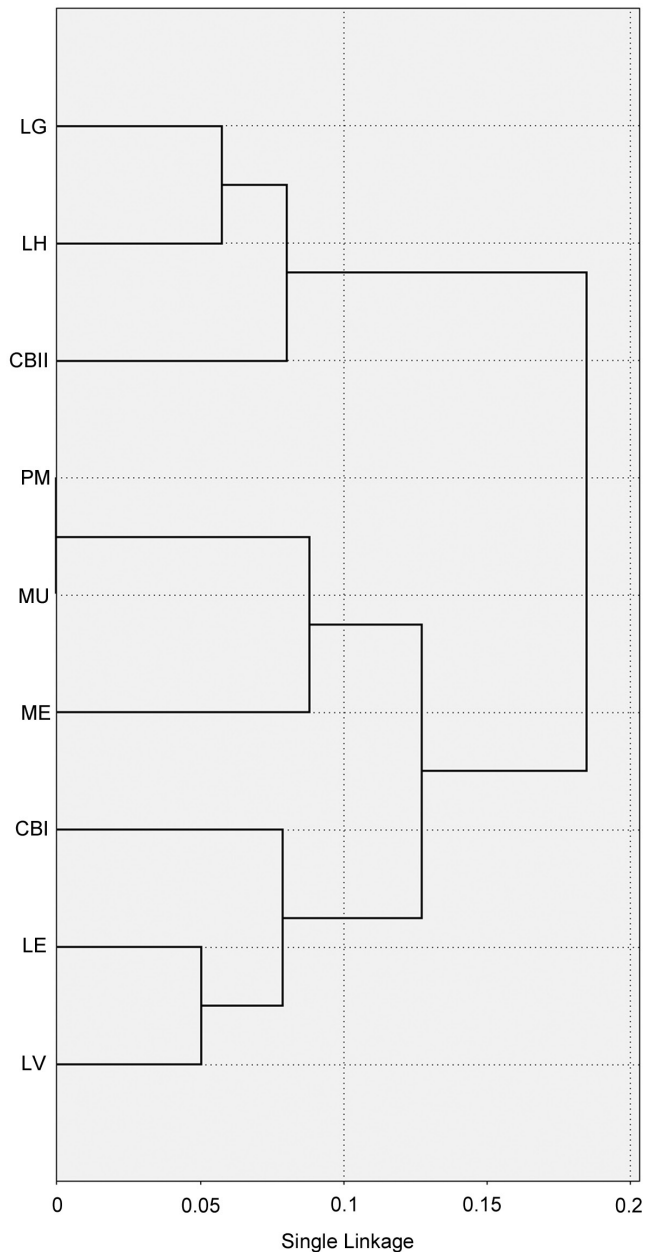


Figure 4. Cluster analysis resulting of the grouping of the wetlands studied according to mean depth. GR – Lagoa Grande; CBI – Lagoa Cabocla I; CBII – Lagoa Cabocla II; LV – Lagoa dos Veados; ME – Lagoinha Meandros; MU – Murundus; PM – Peito de Moça; HE – Lagoa do Henrique; EX – Lagoa do Exército. Cophenetic correlation = 0.829.

Discussion

The number of Cladocera species found in the wetlands studied is very similar to other studies conducted in Brazil for the littoral zone of inland water ecosystems or environments colonized by macrophytes (Santos-Wisniewski et al. 2002, Lima et al. 2003, Sousa et al. 2009, Elmoor-Loureiro 2007, Maia-Barbosa et al. 2008, Soares & Elmoor-Loureiro 2011). In all these studies, a greater contribution of the Chydoridae family was verified in the number of species, which was also observed in the wetlands sampled here, and this seems to be a pattern of faunal composition that is very common in studies of the littoral zone of water systems. Representatives of Chydoridae

are highly specialized in exploiting microenvironments provided by vegetation, in addition to featuring greater diversity within the Superorder Cladocera (Forró et al. 2008).

For other families, the species composition pattern was quite similar to that found in the studies cited above, with contributions from other taxa that are typically from environments dominated by aquatic macrophytes, such as representatives of the family Macrothricidae and the species *Latonopsis australis* and *Ilyocryptus spinifer*.

Among Daphniidae, the genus *Ceriodaphnia* forms one of the major groups of plankton-filtering microcrustaceans in inland waters, and some forms of *C. cornuta* have been found mainly in large lakes and reservoirs (Alonso 1991, Dumont, 1994, Espindola et al. 2000, Eskinazi-Sant' Anna et al. 2005, Matsumura-Tundisi & Tundisi 2005). However, *C. cornuta* is also commonly found in samples collected in aquatic vegetation (Berner 1985, Elmoor-Loureiro 2007). This is a filtering species (Fryer 1991), unlike the species Chydoridae and Macrothricidae, which predominantly scrape the surface biofilm of macrophytes or are specialized sediment-food collectors (Fryer, 1968, 1974, Kotov 2006).

The occurrence of *Celsinotum candango* confirms indication that this genus has an ecological preference for shallow environments dominated by macrophytes, and that its species have a restricted geographical distribution. For example, *C. laticaudatum* is restricted to the northern Brazilian Amazon (Smirnov & Santos-Silva 1995), and on the Australian continent some species of this genus show an environment preference for shallow and saline ecosystems (Frey 1991, 1993). To date, *C. candango* was recorded only in Cerrado wetlands, specifically in the *L. do Henrique* (Sinev & Elmoor-Loureiro 2010) and now also recorded in *L. do Exército*. Likewise, *Ephemeroporus* sp. also appears to inhabit exclusively this type of environment, constituting a new taxon (Elmoor-Loureiro, unpublished). Our data indicate that *C. candango* and *Ephemeroporus* sp. are species endemic to shallow wetlands found in the Cerrado, which supports the idea that such environments are important for the specific diversity of this biome. However, it is essential to expand investigations into similar systems in the Cerrado and in Brazil so as to better assess the issue of possible endemism pointed out in this study.

The findings show a trend of increasing richness and changes in the faunal composition related to the depth of wetlands, although this trend did not obtain statistical support ($R = 0.235$, $p = 0.07$). It was observed that wetlands with an average depth above 0.55 m, considered more stable in terms of water depth for not undergoing drastic reductions during the dry season - namely *L. do Henrique*, *L. Cabocla II* and *L. Grande* - showed the greatest richness, between 19 and 22 species. As for faunal composition, these three areas showed higher similarity (Table 4), which may be related to a host of environmental similarities, including depth. Although *L. do Exército* showed an average depth below 0.30 m, this wetland featured high richness (16 species) and was similar in faunal composition to *L. do Henrique*, *L. Cabocla II* and *L. Grande*, possibly as a result of other factors, such different macrophyte species.

These results show that in shallow wetlands, Cladocera species richness and composition may be related to depth and permanence of wetlands, as suggested by Eitam et al. (2004). It is quite likely that, for the types of environments studied, greater depth favors higher richness because this feature provides greater stability presenting less hydric stress. This was not the case of wetlands of reduced depth such as *Peito de Moça*, *Murundus* and *Lagoinha Meandros* in the PNB, as well as the case of *L. dos Veados*, which became completely dry at the height of the dry season. These environments, however, contributed with unique species such as *D. odontoplax*, which occurred exclusively in *L. Cabocla I* and *L. dos Veados*, as well as

E. tridentatus and *E. oryentalis*, which occurred in *L. dos Veados*, thus expanding total richness.

The colonization strategies of Cladocera fauna in unstable environments, such as those with drastic reduction of water depth, relate to resistance strategies (Santangelo 2009). According to Cáceres & Soluk (2002), many species of aquatic invertebrates decrease their chances of local extinction by resorting to forms of dormancy. However, there is a trade-off here, since animals that have the ability to become dormant for a long time are not good dispersers. It is likely that the species occurring exclusively in wetlands subject to droughts studied herein employ strategies such as those mentioned by Cáceres & Soluk (2002), which would also account for the restriction on their distribution across the remaining wetlands.

In conclusion, this study provides an inventory of species that inhabit moist palustrine environments in two large conserved areas of the Cerrado, as well as some ecological considerations. According to the criteria of Heck et al. (1975), the inventory for the *PNB* and *CIF* can be considered satisfactory since more than 80% of the values found by the richness estimator (Table 3) were accessed. Thus, these findings will hopefully contribute to future studies aiming to determine the biodiversity of these unique ecosystems that are widely distributed in the Cerrado.

Acknowledgments

The authors wish to thank the Grupo de Estudos de Ecossistemas Aquáticos, Universidade Católica de Brasília (GEEA) for their support in the field collections, and the two reviewers for their valuable suggestions. The first author of this paper was awarded a grant from the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq). This study was funded by the Federal District's Foundation for Research Support (FAP-DF 193.000.415/2008).

References

- ALONSO, M. 1991. Review of Iberian Cladocera with remarks on ecology and biogeography. *Hydrobiologia*. 225:37-43. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00028383>
- BALAYLA, D.J. & MOSS, B. 2003. Spatial patterns and population dynamics of plant-associated microcrustacean (Cladocera) in a English shallow lake (Little Mere, Cheshire). *Aquat. Ecol.* 37(4):417-435. <http://dx.doi.org/10.1023/B:AECO.000007045.85315.dc>
- BERNER, D.B. 1985. Morphological differentiation among species in the *Ceriodaphnia cornuta* complex (Crustacea, Cladocera). *Verh. Internat. Limnol.* 22: 3099-3103.
- BLINDOW, I., HARGEBY, A., WAGNER, B.M.A. & ANDERSSON, G. 2000. How important is the crustacean plankton for the maintenance of water clarity in shallow lakes with abundant submerged vegetation. *Freshwater Biol.* 44:185-197. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2427.2000.00552.x>
- CÁCERES C.E. & SOLUK, D.A. 2002. Blowing in the Wind: a field test of overland dispersal and colonization by aquatic invertebrates. *Oecologia* 131: 402-408. <http://dx.doi.org/10.1007/s00442-002-0897-5>
- CHOUERI, R.B., BONECKER, C.C. & DIAS, J.D. 2005. Spatial and temporal density variation of microcrustacean assemblages in different systems of the upper Paraná River floodplain (PR/MS-Brazil). *Acta Sci.* 27(3):243-250.
- CLARE, S., KROGMA, N., FOOTE, L. & LEMPHERS, N. 2011. Where is the avoidance in the implementation of wetland law and policy? *Wetland Ecol. Manage.* 19:165-182. <http://dx.doi.org/10.1007/s11273-011-9209-3>
- COLWELL, R.K. 2009. EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS> (último acesso em 07/03/2012).
- DUMONT, H.J. 1994. On the diversity of Cladocera in the tropics. *Hydrobiologia*. 272:27-38. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00006510>
- EITAM, A., BLAUSTEIN, L., VAN DAMME, K., DUMONT, H.J. & MARTENS, K. 2004. Crustaceans species richness in temporary pools: relationship with habitat traits. *Hydrobiologia*. 525:125-130. <http://dx.doi.org/10.1023/B:HYDR.0000038859.51416.7d>
- ELMOOR-LOUREIRO, L.M.A. 1997. Manual de identificação de cladóceros límnicos do Brasil. Universa, Brasília.
- ELMOOR-LOUREIRO, L.M.A. 2000. Brazilian cladoceran studies: where do we stand? *Nauplius*. 8(1):117-131.
- ELMOOR-LOUREIRO, L.M.A. 2007. Phytophilous cladocerans (Crustacea, Anomopoda and Ctenopoda) from Paranã River Valley, Goiás, Brazil. *Rev. Bras. Zool.* 24(2):344-352. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752007000200012>
- ELMOOR-LOUREIRO, L.M.A., SANTOS-WISNIEWSKI, M.J. & ROCHA, O. 2009. New records of *Parvalona parva* (Crustacea: Anomopoda: Chydoridae) from Brazil, with description of the male. *Zoologia*. 26(2):369-373. <http://dx.doi.org/10.1590/S1984-46702009000200022>
- ESKINAZI-SANT'ANNA, E.M., MAIA-BARBOSA, P.M., BRITO, S. & RIETZLER, C. 2005. Zooplankton Biodiversity of Minas Gerais State: a Preliminary Synthesis of Present Knowledge. *Acta Limnol. Bras.* 17(2):199-218.
- ESPINDOLA, E.L.G., MATSUMURA-TUNDISI, T., RIETZLER, C. & TUNDISI, J.G. 2000. Spatial heterogeneity of the tucuruí reservoir (state of Pará, Amazônia, Brazil) and the distribution of zooplanktonic species. *Braz. J. Biol.* 60(2):179-194.
- FORRÓ, L., KOROVICHINSKY, N.M., KOTOV, A.A. & PETRUSEK, A. 2008. Global diversity of cladocerans (Cladocera; Crustacea) in freshwater. *Hydrobiologia* 595:177-184. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-007-9013-5>
- FREY, D.G. 1991. A new genus of Alonine chydorid cladocerans from athalassic saline waters of New South Wales, Australia. *Hydrobiologia* 224:11-48. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00006361>
- FREY, D.G. 1993. The penetration of cladocerans into saline waters. *Hydrobiologia* 267:233-248. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00018805>
- FRYER, G. 1968. Evolution and adaptive radiation in the Chydoridae (Crustacea: Cladocera): A study in comparative functional morphology and Ecology. *Philos. T. Roy. Soc. B.* 254(795):221-385. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.1968.0017>
- FRYER, G. 1991. Functional morphology and the adaptive radiation of the Daphniidae (Branchiopoda: Anomopoda). *Philosophical Transactions: Biology Sciences* 331:1-99. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.1991.0001>
- FRYER, G. 1974. Evolution and adaptive radiation in the Macrothricidae (Crustacea: Cladocera): A study in comparative functional morphology and Ecology. *Philos. T. Roy. Soc. B.* 269(898):137-274. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.1974.0044>
- GIBBS, J.P. 2000. Wetland loss and biodiversity conservation. *Cons. Bio.* 14(1):314-317.
- GOTELLI N.J. & COLWELL, R.K. 2010. Estimating species richness. In: *Biological diversity: Frontiers in measurement and assessment* (Magurran A.E. & B.J. McGill, eds). Oxford, United Kingdom, p.39-54.
- GÜNTZEL, A.M., PANARELLI, E.A., SILVA, W.M. & ROCHHE, K.F. 2010. Influence of connectivity on Cladocera diversity in oxbow lakes in the Taquari River floodplain (MS, Brazil). *Acta Limnol. Bras.* 22(1):93-101. <http://dx.doi.org/10.4322/actalb.02201012>
- HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T. & RYAN, P.D. 2001. Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol. Electron.* 4:1-9.
- HANN, B.J. 1995. Invertebrates associations with submerged aquatic plants in prairie wetland. UFS (Delta Marsh) Annual Report. 30:78-84.
- HANN, B.J. & ZRUM, L. 1997. Littoral microcrustaceans (Cladocera, Copepoda) in a prairie coastal wetland: seasonal abundance and community structure. *Hydrobiologia*. 357:37-52. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1003170416487>

- HECK, K.L.J., VAN BELLE, G. & SIMBERLOFF, D. 1975. Explicit calculation of the rarefaction diversity measurement and the determination of sufficient sample size. *Ecology*. 56(6):1459-1461. <http://dx.doi.org/10.2307/1934716>
- HOLLWEDEL, W., KOTOV, A.A. & BRANDORFF, G.O. 2003. Cladocera (Crustacea: Branchiopoda) from the Pantanal (Brazil). *Arthropoda Selecta* 12(2):67-93.
- KOTOV, A.A. 2006. Adaptations of Anomopoda Crustaceans (Cladocera) to the Benthic Mode of Life. *Entomol. Rev.* 86(2):210-225. <http://dx.doi.org/10.1134/S0013873806110157>
- KOTOV, A.A., GARFIAS-ESPERJO, T. & ELÍAZ-GUTIÉRREZ, M. 2004. Separation of two Neotropical species: *Macrothrix superaculeata* (Smirnov, 1982) versus *M. elegans* Sars, 1901 (Macrothricidae, Anomopoda, Cladocera). *Hydrobiologia*. 517:61-88. <http://dx.doi.org/10.1023/B:HYDR.0000027337.57305.b0>
- KOTOV, A.A. & ŠTIFTER, P. 2006. Cladocera: Family Ilyocryptidae (Branchiopoda: Cladocera: Anomopoda). Backhuys Publisher, Kenobi Productions, Leiden and Ghent.
- LANSAC-TÔHA, F.A., BONECKER, C.C., VELHO, L.F.M., SIMÕES, N.R., DIAS, J.D., ALVES, G.M. & TAKAHASHI, E.M. 2009. Biodiversity of zooplankton communities in the Upper Paraná River floodplain: interannual variation from long-term studies. *Acta Limnol. Bras.* 69(2):539-549.
- LAURINDSEN, T.L., PEDERSEN, L.J., JEPPESEN, E. & SØNDENGAARD, M. 1996. The importance of macrophytes bed size for cladoceran composition and horizontal migration in shallow a lake. *J. Plankton Res.* 18(12):2283-2294. <http://dx.doi.org/10.1093/plankt/18.12.2283>
- LEIBOWITZ, S.G. 2003. Isolated wetlands and their functions: an ecological perspective. *Wetlands*. 23(3):517-531. [http://dx.doi.org/10.1672/0277-5212\(2003\)023\[0517:IWATFA\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1672/0277-5212(2003)023[0517:IWATFA]2.0.CO;2)
- LIMA, A.F., LANSAC-TÔHA, F.A., VELHO, L.F.M., BINI, L.M. & TAKEDA, A.M. 2003. Composition and abundance of Cladocera (Crustacea) assemblages associated with *Eichhornia azurea* (Swartz) Kunth stands in the Upper Paraná River floodplain. *Acta Sci.* 25(1):41-48.
- MAIA-BARBOSA, PM., PEIXOTO, R.S. & GUIMARÃES, AS. 2008. Zooplankton in littoral waters of a tropical lake: a revisited biodiversity. *Braz. J. Biol.* 68(4):1069-1078. PMID:19197477. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842008000500014>
- MATSUMURA-TUNDISI, T. & TUNDISI, J.G. 2005. Plankton richness in a eutrophic reservoir (Barra Bonita Reservoir, SP, Brazil). *Hydrobiologia*. 542:367-378. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-004-9461-0>
- MOORE, P.D. 2007. Wetlands, revised edition. Infobase Publishing, United State of America.
- PADOVESI-FONSECA, C. 2005. Caracterização dos ecossistemas aquáticos do cerrado. In: Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação (A. Scariot, J.C. Sousa-Silva & J.M. Felfili, orgs.). MMA, Distrito Federal, p 422-423.
- PALAZZO, F., BONECKER, C.C. & NEGAE, M.Y. 2008. Zooplankton dormancy forms in two environments of the upper Paraná River floodplain (Brazil). *Acta Limnol. Bras.* 20(1):55-62.
- ROSSA, D.C., LANSAC-TÔHA, F.A., BONECKER, C.C. & VELHO, L.F.M. 2001. Abundance of cladocerans in the littoral regions in two environments of the Upper Paraná River Foodplain, MatoGrosso do Sul, Brazil. *Braz. J. Biol.* 61(1):45-53. PMID:11340461.
- SAKUMA, M., HANAZATO, T., SAJI, A. & NAKAZATO, R. 2004. Migration for plant to plant: in important factor controlling densities of the epiphytic cladoceran *Alona* (Chydorinae, Anomopoda) on lake vegetation. *Limnology*. 5:17-23. <http://dx.doi.org/10.1007/s10201-003-0110-5>
- SANTANGELO, J.M. 2009. Produção, Ecloração e Implicações Ecológicas e Evolutivas dos estágios Dormentes do Zooplâncton. <http://www.ablimno.org.br/arquivos/limnotemas/Limnotemasv7.pdf> (ultimo acesso em 03/05/2013).
- SANTOS-WISNIEWSKI, M.J., ROCHA, O., GÜNTZEL, A.M. & MATSUMURA-TUNDISI, T. 2002. Cladocera Chydoridae of the high altitude water bodies (Serra da Mantiqueira), in Brazil. *Braz. J. Biol.* 62(4A):681-687. PMID:12659018. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842002000400016>
- SCHEFFER, M., ZIMMER, K., JEPESSEN, E., SØNDENGAARD, M., BUTLER, M.G., HANSON, M.A., DECLERCK, S. & DE MEESTER, L. 2006. Small habitat size and isolation can promote species richness: second-order effects on biodiversity in shallow lakes and ponds. *Oikos* 121:227-231. <http://dx.doi.org/10.1111/j.0030-1299.2006.14145.x>
- SERAFIM-JÚNIOR, M., LANSAC-TÔHA, F.A., PAGGI, J.C., VELHO, L.F.M. & ROBERTSON, B. 2003. Cladocera fauna composition in a river-lagoon system of the upper Paraná River floodplain, with a new record for Brazil. *Braz. J. Biol.* 63:349-356. PMID:14509857. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842003000200020>
- SINEV, A. & ELMOOR-LOUREIRO, L.M.A. 2010. Three new species of Chydoridae cladocerans of subfamily Aloninae (Branchiopoda: Anomopoda: Chydoridae) from Brazil. *Zootaxa*. 2390:1-25.
- SMIRNOV, N.N. 1992. The Macrothricidae of the world. SPB Academic Publishing, Amsterdam.
- SMIRNOV, N.N. 1996. Cladocera: The Chydorinae and Sayciinae (Chydoridae) of the world. SPB Academic Publishing, Amsterdam
- SMIRNOV, N.N. & SANTOS-SILVA, E.M. 1995. Some littoral anomopods (Crustacea) from Central Amazonia. *Hydrobiologia*. 315:227-230. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00051952>
- SOARES, C.E.A. & ELMOOR-LOUREIRO, L.M.A. 2011. An updated checklist of Cladocera (Crustacea: Branchiopoda) from Pernambuco State, Brazil. *Biota Neotrop.* 11(2): 409-414. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032011000200038>
- SOUSA, F.D.R., ELMOOR-LOUREIRO, L.M.A. & SOUZA, M.B.G. 2009. A contribution to the fauna of Cladocera (Branchiopoda) from Ceará state, Brazil. *Nauplius*. 17(2):101-105.
- THOMAZ, S.M. & CUNHA, E.R. 2010. The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages' composition and biodiversity. *Acta Limnol. Bras.* 22(2):218-236. <http://dx.doi.org/10.4322/actalb.02202011>
- VAN DER VALK, A.G. 2006. The Biology of Freshwater Wetlands. Oxford University Press, New York.
- VAN DAMME, K., KOTOV, A.A. & DUMONT, H.J. 2010. A checklist of names in *Alona* Baird 1843 (Crustacea: Cladocera: Chydoridae) and their current status: an analysis of the taxonomy of a lump genus. *Zootaxa*. 2330:1-63.
- VAN DAMME, K., SINEV, A.Y. & DUMONT, H.J. 2011. Separation of *Anthalona* gen.n. from *Alona* Baird, 1843 (Branchiopoda: Cladocera: Anomopoda): morphology and evolution of scraping stenothermic aloninaes. *Zootaxa*. 2875:1-64.

Received 11/09/2012

Revised 06/01/2013

Accepted 07/05/2013

Restinga de Praia das Neves, ES, Brasil: caracterização fitofisionômica, florística e conservação

Denise Monte Braz¹, Eliane de Lima Jacques¹, Genise Vieira Somner^{1,3}, Lana da Silva Sylvestre²,
Maria Mercedes Teixeira da Rosa¹, Maria Verônica Leite Pereira-Moura¹, Pedro Germano Filho¹,
Arthur Vinícius dos Santos Couto¹ & Thiago Azevedo Amorim¹

¹Departamento de Botânica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, BR 465, BR-465,
Km 7, CP 74542, Campus Universitário, CEP 23890-000, Seropédica, RJ, Brasil. www.ufrrj.br

²Departamento de Botânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Av. Carlos Chagas Filho,
373, Cidade Universitária, CEP 21941-902, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. www.biologia.ufrj.br

³Autor para correspondência: Genise Vieira Somner; email: somner@ufrrj.br

BRAZ, D.M., JACQUES, E.L., SOMNER, G.V., SYLVESTRE, L.S., ROSA, M.M.T., PEREIRA-MOURA, M.V.L., GERMANO FILHO, P., COUTO, A.V.S. & AMORIM, T.A. **Sandy coastal plains (restinga) of Praia das Neves, ES, Brazil: phytophysiognomy characterization, flora and conservation.** *Biota Neotrop.* 13 (3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?article+bn02613032013>

Abstract: The sandy coastal plains (*restinga*) of Praia das Neves occupies a large area (ca. 67 km²) in the southeastern state of Espírito Santo (21°14'35.35" S and 40°56'48.68" W), bordered by Itabapoana River on the boundary with the state of Rio de Janeiro. The aim of this study was to identify and characterize the different types of plant communities and associated flora on that sandy coastal plain, including the recognition of the habitats related to the endangered lizard *Liolaemus lutzae* Mertens, 1938. Field trips to characterize the local flora were carried out on specific campaigns, between the years 2008 and 2011. The plants were identified and deposited in the RBR Herbarium of the Department of Botany at the Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. The communities' characterization was based on local observations and specialized bibliography, considering physical aspects of the environment, habit and composition of plant species. The sandy coastal plain of Praia das Neves brings together seven forest, shrub and herbaceous communities, usually distributed in ridges parallels to the shoreline. There have been recorded 167 species of vascular plants, grouped into 58 families, occurring in different communities. The majority of species occurs in a single community, while *Allagoptera arenaria* (guriri-da-praia) stands out for occurring in almost all local communities. The *restinga* of Praia das Neves maintains extensive areas in good environmental conditions, with some species cited in the red list of endangered species in the state of Espírito Santo, and also with important remnants of coastal communities. Although its greatest extension is within a private area, future actions should ensure the preservation of the local *restinga*, with its different communities and associated biota, according to the current federal legislation.

Keywords: Atlantic forest, Southeastern Brazil, sandy ridges, flora, plant communities, endangered species.

BRAZ, D.M., JACQUES, E.L., SOMNER, G.V., SYLVESTRE, L.S., ROSA, M.M.T., PEREIRA-MOURA, M.V.L., GERMANO FILHO, P., COUTO, A.V.S. & AMORIM, T.A. **Restinga de Praia das Neves, ES, Brasil: caracterização fitofisionômica, florística e conservação.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?article+bn02613032013>

Resumo: A restinga de Praia das Neves ocupa uma extensa área (ca. 67 km²) no extremo sul do Estado do Espírito Santo (21°14'35.35"S e 40°56'48.68"W), limitada pelo Rio Itabapoana, na divisa com o Estado do Rio de Janeiro. O objetivo desse estudo foi identificar e caracterizar as diferentes formações vegetais dessa restinga e sua flora associada, incluindo o reconhecimento dos habitats relacionados ao lagarto ameaçado de extinção *Liolaemus lutzae* Mertens, 1938. Excursões para caracterização da flora local foram realizadas em campanhas pontuais, entre os anos de 2008 e 2011, e o material botânico foi identificado e posteriormente depositado no Herbário RBR do Departamento de Botânica da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. A caracterização das diferentes formações encontradas baseou-se em observações locais e na bibliografia especializada, considerando aspectos físicos do ambiente, o hábito e a composição das espécies vegetais. A vegetação da restinga de Praia das Neves reúne sete formações florestais, arbustivas e herbáceas, distribuídas em geral em faixas paralelas a linha da costa. Foram registradas 167 espécies de plantas vasculares, reunidas em 58 famílias, ocorrendo nas diferentes formações. A grande maioria das espécies estudadas é exclusiva de uma única formação, enquanto que *Allagoptera arenaria* (guriri-da-praia) se destaca por ocorrer em quase todas as formações locais. A restinga de Praia das Neves mantém extensos trechos em bom estado de conservação, com espécies listadas como ameaçadas para a flora do Estado do Espírito Santo e com importantes remanescentes de formações costeiras no Estado. Embora sua maior extensão esteja contida em área privada, ações futuras devem assegurar a preservação da restinga local, com suas formações vegetais e a biota associada, conforme indica a legislação federal vigente.

Palavras-chave: Floresta Atlântica, Sudeste do Brasil, cordões arenosos, flora, formação vegetal, espécies ameaçadas.

Introdução

Restingas apresentam um conjunto bastante diversificado de comunidades biológicas, que reflete a influência das condições do solo, do grau de exposição às brisas marinhas e a iluminação (Sampaio 2005), entre outros fatores. No Brasil, ocorrem ao longo da costa em extensões variadas e podem compor um mosaico de vegetação, reunindo desde áreas florestadas até áreas com vegetação herbácea.

A restinga de Praia das Neves está localizada no extremo sul do Estado do Espírito Santo, na divisa com o Rio de Janeiro. A vegetação natural dessa restinga sofreu alteração antrópica desde o século XVI, durante a época de sua ocupação pelos jesuítas e, posteriormente, passou por períodos de plantio e exploração de mandioca para utilização em indústria local (Lamego 1946). Na mesma época, houve uma intensa exploração de madeira, que servia ao estaleiro local para a manufatura e reparo de embarcações, sendo também escoada para outras cidades (Lamego 1946). Atualmente, além da ocupação com o turismo nos finais de semana e veraneio, uma extensa área da restinga sofreu forte devastação para loteamento e exploração imobiliária, suspensos até o momento. Também é prevista a instalação de um porto de exportação de ferro nessa praia. Apesar das intervenções constantes, a restinga de Praia das Neves ainda detém remanescentes florestais e formações arbustivas abertas de restinga bem preservadas, além de extensas áreas com vegetação em diferentes estágios de regeneração.

As restingas do estado do Espírito Santo tem sido amplamente estudadas (Pereira et al. 1992, Pereira & Gomes 1993, Pereira & Assis 2000, Assis et al. 2004, Magnago et al. 2011, entre outros), contudo investigações pretéritas sobre a vegetação de Praia das Neves se restringem ao trabalho de Thomaz & Monteiro (1993), que incluíram a área na análise da distribuição da comunidade halófila-psamófila por todo o Estado. Já com relação à fauna, além da ocorrência de

uma espécie ameaçada de extinção, a lagartixa-de-areia, *Liolaemus lutzae* Mertens, 1938 (Soares & Araujo 2008), Rocha et al. (2003) indicaram a ampliação do Corredor Central da Mata Atlântica de forma a incluir a restinga de Praia das Neves, com base na elevada diversidade biológica e riqueza de espécies de quatro grupos de vertebrados.

Estudos sobre o manejo de *Liolaemus lutzae*, coordenados pelo Professor Alexandre Fernandes Bamberg de Araújo, do Departamento de Biologia Animal da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) (Soares & Araujo 2008), vem permitindo o conhecimento de diferentes aspectos da biota da restinga de Praia das Neves. Tendo em vista o conhecimento do habitat da lagartixa-de-areia, o Departamento de Botânica da UFRRJ realizou estudos de toda a flora local, visando o conhecimento dessa extensa área remanescente de restinga capixaba. Este trabalho teve como objetivo principal a identificação e caracterização das diferentes formações vegetais (fitofisionomias) da restinga de Praia das Neves, com espécies vegetais típicas amostradas. Também foi verificada a ocorrência de espécies ameaçadas de extinção da flora com intuito de reiterar a necessidade de preservação dessa restinga.

Material e Métodos

A restinga de Praia das Neves, localizada ao sul do Estado do Espírito Santo, no Município de Presidente Kennedy (21°14'35.35"S e 40°56'48.68"W), é contornada ao sul pelo Rio Itabapoana, onde faz divisa com o Rio de Janeiro, e ao Norte é limitada pela formação Barreiras (Figura 1), que formam um grande arco bordejando os depósitos de areias quartzosas. A restinga ocupa uma área de aproximadamente 12,7 km de extensão e 67 km² (4.800ha), margeada por brejos e manguezais em associação com os rios Itabapoana e Marobá, especialmente próximo à foz do primeiro. O clima é Tropical

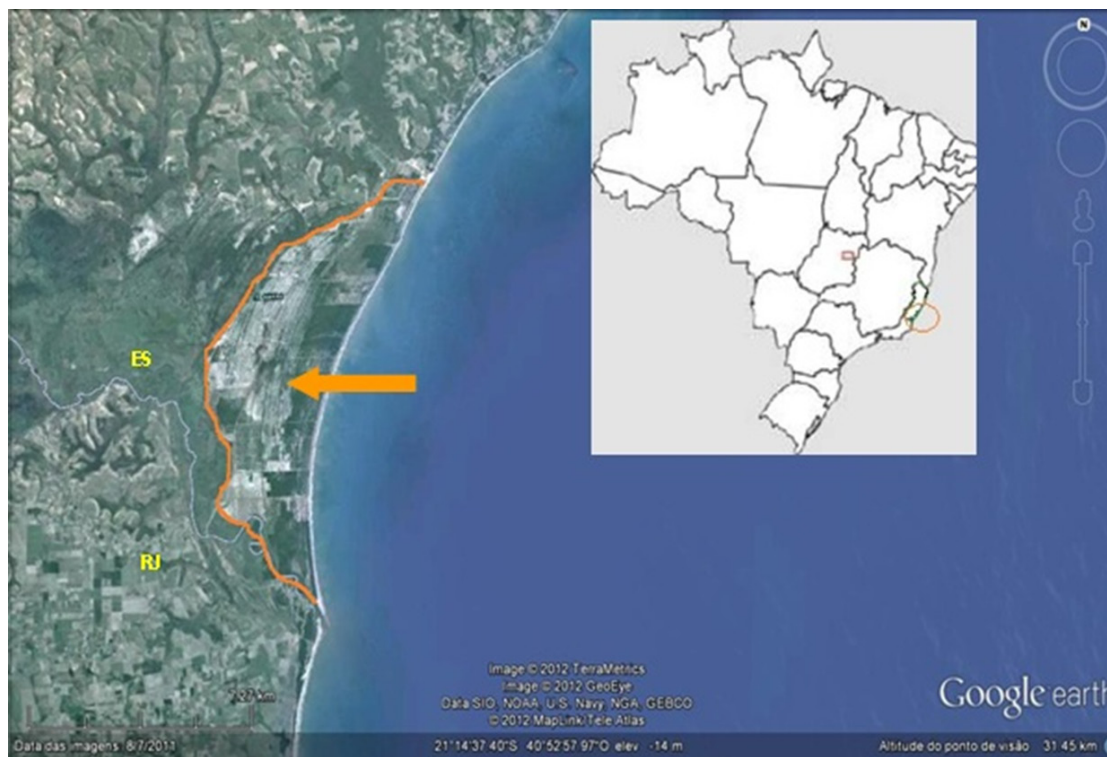


Figura 1. Localização da restinga de Praia das Neves, Município de Presidente Kennedy, ES, Brasil (21°14'2408"S e 40°58'14.48"O) (Fontes: <http://earth.google.com>, 2012; <http://maps.google.com.br>, 1012).

Figure 1. Localization of the sandy coastal plain (*restinga*) of "Praia das Neves", Municipality of Presidente Kennedy, ES, Brazil (21°14'2408"S and 40°58'14.48"O) (Source: <http://earth.google.com>, 2012; <http://maps.google.com.br>, 1012).

(Peel et al. 2007), caracterizado como quente e úmido (três meses secos) de acordo com a classificação de subtipos climáticos regionais do IBGE (Instituto... 2012). Para confecção de mapas e figuras foram utilizadas imagens de satélite de Google Earth (2012).

Foram realizadas nove excursões para coleta de material botânico, assim como para observação dos aspectos físicos, em todas as diferentes formações vegetais da área de estudo, entre abril de 2008 e fevereiro de 2011. O material botânico coletado foi depositado no Herbário do Departamento de Botânica da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (RBR, sigla segundo Thiers 2013). A identificação do material foi realizada no laboratório através da utilização de literatura especializada, de comparações dos espécimes coletados com os dos acervos dos herbários RBR e do Jardim Botânico do Rio de Janeiro (RB), além do auxílio de especialistas. Foram consideradas 12 espécies registradas apenas através de fotografias, cujas informações de campo foram anotadas e serviram para posterior interpretação e descrição das formações.

A lista de espécies foi organizada por ordem alfabética de família, incluindo informações sobre a ocorrência das mesmas nas diferentes formações vegetais, e seguindo as classificações de Smith et al. (2006), para as samambaias, e do APG III (Angiosperm... 2009), para as Angiospermas. Os nomes das espécies e dos autores foram checados na Lista de espécies da flora do Brasil (Jardim... 2013) e na página do Índice Internacional de Nomes de Plantas (International... 2012).

A distribuição das espécies nos diferentes biomas brasileiros (Amazônia, Caatinga, Cerrado, Floresta Atlântica, Pampas e Pantanal) foi avaliada segundo a Lista de espécies da Flora do Brasil (Jardim... 2013) e nas diferentes formações em bibliografia específica para a Floresta Atlântica (Stehmann et al. 2009).

As fitofisionomias da área de estudo foram reunidas em herbácea, arbustiva e arbórea, com as diferentes formações vegetais locais descritas. Para sua identificação foram utilizadas as classificações de Thomaz & Monteiro (1993), empregada especificamente para a formação herbácea de praia, denominada halófila-psamófila reptante, sendo as demais formações baseadas em Menezes & Araújo (2005). Esses autores utilizam alguns termos em comum com Pereira (2003), referentes ao hábito e adensamento da vegetação e na profundidade do lençol freático. Em função do detalhamento e reconhecimento de algumas subdivisões compartilhadas com a área estudada, foi seguida a classificação de Menezes & Araújo (2005), que igualmente contempla numerosas formações vegetais comuns no sudeste brasileiro. O conceito de “moita” adotado neste trabalho segue a definição proposta por Menezes & Araújo (2005) – agrupamento com mais de um indivíduo lenhoso, com superposição de copas, separados entre si por areia desnuda ou por espécies herbáceas.

O mapa de vegetação foi elaborado no Laboratório de Herpetologia do Prof. Alexandre F. B. de Araújo, Instituto de Biologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, utilizando como ferramenta o programa Arc GIS 9.3.

Resultados e Discussão

A Praia das Neves se destaca dos outros trechos de restinga do litoral sul capixaba por apresentar área extensa com diversas formações de restinga preservadas, que variam de formações herbáceas, passando por formações arbustivas e chegando a florestal. Essas formações estão dispostas em dezenas de cordões arenosos paralelos a linha da costa (Figura 2) e entremeadas por áreas alagadas ou alagáveis. A complexidade da vegetação de restinga aumenta a partir da praia em direção ao interior da planície costeira, como foi especificamente detalhado por Silva & Somner (1984), e amplamente observado nas restingas brasileiras (Amaral et al. 2008).

As linhas de deposição de sedimentos na restinga de Praia das Neves são nítidas (Figura 2, 3a) e muitas vezes marcadas pelo afloramento do lençol freático. Esses afloramentos podem formar brejos, próximo às formações florestais, e encraves inundáveis nos locais mais afastados dos cursos d'água constantes. Da praia para o interior, a vegetação herbácea de praia se adensa, passando a uma vegetação arbustiva e a seguir a florestal (Figura 3b, 3c, 3f, 4a, 4b) ou ocorrendo moitas esparsas (Figura 3d, 3e), com encraves de vegetação herbáceo-arbustiva. De acordo com Sampaio (2005), teores de matéria orgânica e de nutrientes do solo, profundidade do lençol freático, salinidade, topografia e mobilidade do substrato são os principais fatores que determinam a fisionomia da vegetação nos diferentes ambientes das restingas.

1. Fitofisionomias herbáceas

Halófila-psamófila reptante - Próximo à linha de praia, acima do nível médio das marés altas, ocorre uma vegetação predominantemente constituída por espécies herbáceas reptantes e estoloníferas (Figuras 3c, 4c, 4d). Estende-se por aproximadamente 25 a 150 m de largura, em praticamente toda a extensão da praia, por cerca de 12 km. Nessa vegetação as plantas são adaptadas a maior incidência de luz solar, maior salinidade e mobilidade do substrato (Sampaio 2005). É o local de ocorrência de *Liolaemus lutzae*, a lagartixa-de-areia, e as espécies vegetais típicas encontradas foram:

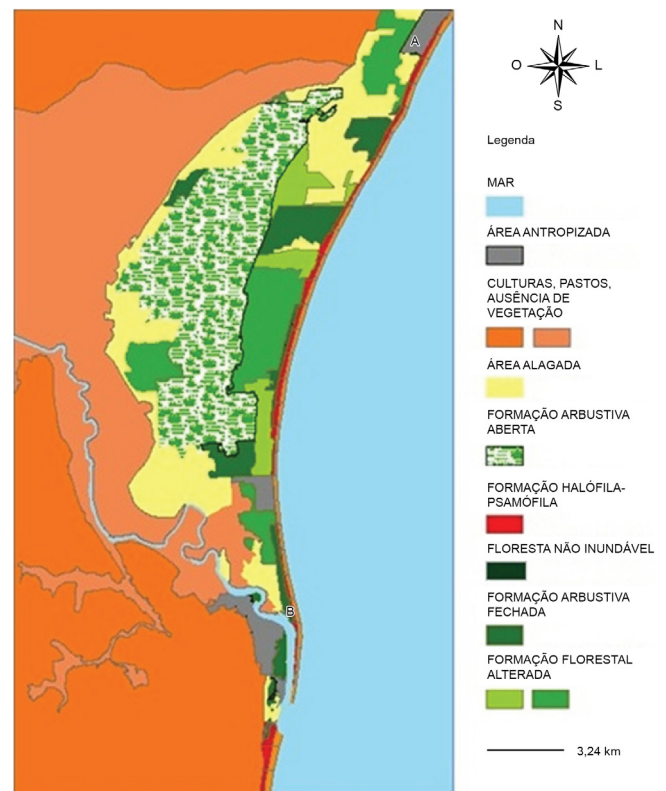


Figura 2. Mapa de vegetação da restinga de Praia das Neves, Município de Presidente Kennedy, ES, Brasil, evidenciando suas principais fitofisionomias (A- 21°11'51.69"S e 40°56'06.24"O) (B- 21°17'59.19"S e 40°57'35.52"O) (Google Earth, 2012).

Figure 2. Vegetation map of the sandy coastal plain (*restinga*) of “Praia das Neves”, Municipality of Presidente Kennedy, ES, Brazil, showing its main phytophysionomies (A- 21°11'51.69"S and 40°56'06.24"O) (B- 21°17'59.19"S and 40°57'35.52"O) (Google Earth, 2012).

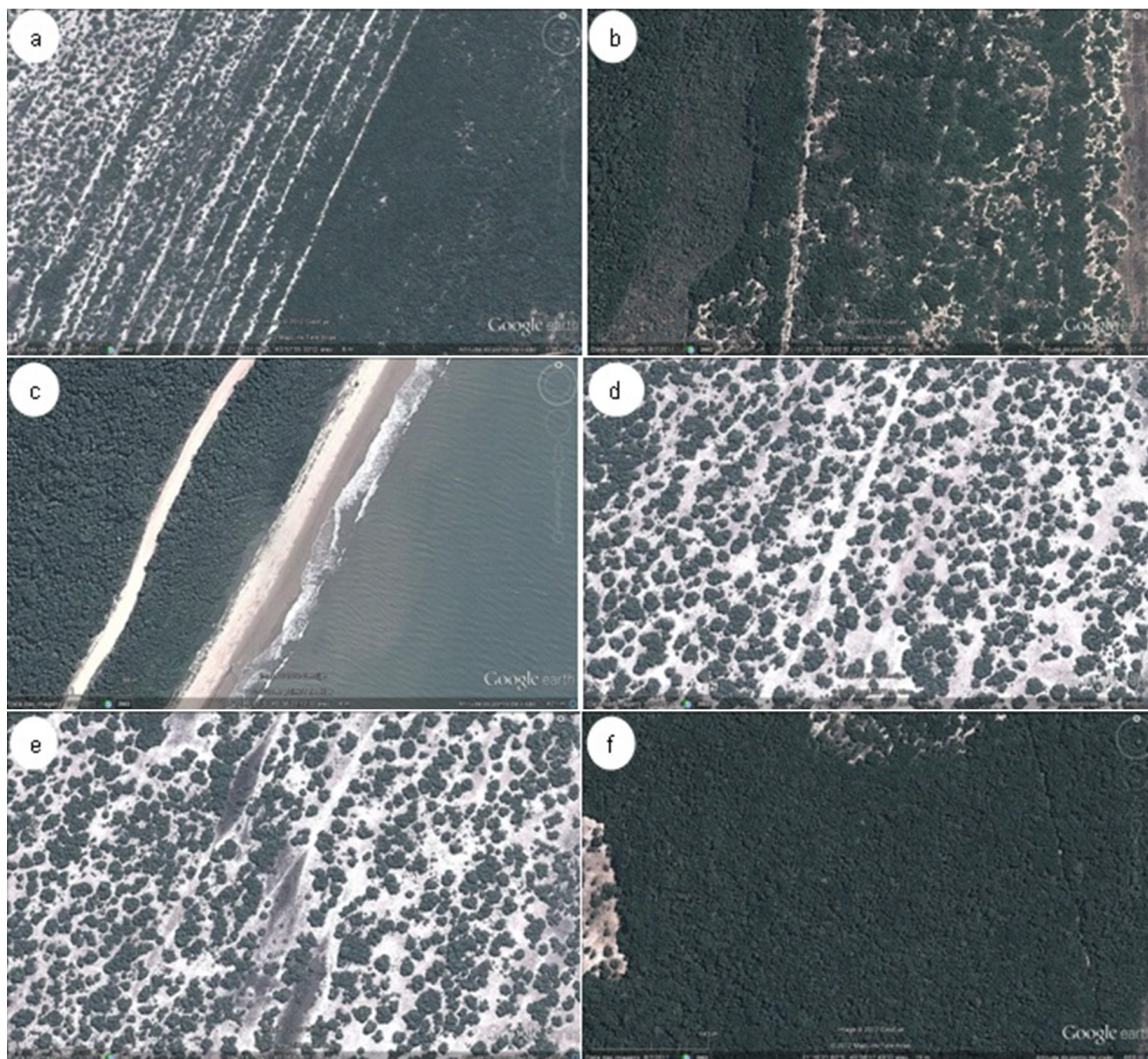


Figura 3. Restinga de Praia das Neves, ES: a) linhas de deposição de sedimentos paralelas a costa. b) trechos das formações Herbácea fechada de cordão arenoso, Herbácea fechada inundada e Floresta de cordão arenoso. c) trechos das formações Halófila-psamófila reptante, Arbustiva fechada de pós-praia e Floresta de cordão arenoso. d) trechos das formações Arbustiva aberta não-inundável, com cordões de vegetação herbácea não inundável. e) trechos da formação Arbustiva aberta não-inundável com cordões de vegetação herbácea inundável. f) Floresta de cordão arenoso (Google Earth, 2012: <http://earth.google.com>).

Figure 3. Sandy coastal plain (*restinga*) of “Praia das Neves”, ES, Brazil: a) Lines of sediment deposition parallel to the coast. b) Stretches of herbaceous communities of Ridge palmoid and Permanently flooded sedge swamps, and Ridge forest. c) Stretches of herbaceous communities of Beach graminoid, Shrub communities of Beach thicket and Ridge forest. d) Stretches of shrub communities of non-flooded scrub with ridges of not flooded herbaceous vegetation. e) Stretches of shrub communities of non-flooded scrub with ridges of seasonally flooded herbaceous vegetation. f) Ridge forest (Google Earth, 2012: <http://earth.google.com>).

Blutaparon portulacoides, *Canavalia rosea*, *Ipomoea pescaprae*, *I. imperati*, *Panicum racemosum* e *Sporobolus virginicus*.

Herbácea fechada de cordão arenoso - Em alguns trechos ao longo da costa, especialmente naqueles próximos aos fragmentos florestais remanescentes, ocorre uma mudança abrupta da vegetação da praia para vegetação arbustiva. Em outros trechos a vegetação herbácea de praia vai gradualmente se adensando e havendo um predomínio visível de gramíneas com alguns outros elementos, como *Cereus fernambucensis* e *Allagoptera arenaria*, o guriri-da-praia (Figura 4e, 4f). Ainda na vertente externa do cordão arenoso

voltada para o oceano, em alguns raros trechos, *A. arenaria* pode formar conjunto adensado, constituindo uma vegetação fechada. Às vezes, essa espécie predomina em áreas, porém de forma não adensada, entremeada por solo mais ou menos desnudo. *A. arenaria* é uma espécie registrada em praticamente todas as formações vegetais onde, em geral, ocorre esparsamente no meio de outras espécies. Na restinga da Marambaia, Menezes & Araújo (2005) verificaram que *A. arenaria* domina cristas praianas na vertente externa do cordão arenoso. Os referidos autores consideram esse tipo de vegetação uma formação natural por ser mencionada em bibliografias antigas



Figura 4. Restinga de Praia das Neves, ES. a) Fitofisionomias herbáceas, arbustivas e florestal em cordões paralelos a costa. b) Fitofisionomias herbácea e arbustiva. c) Faixa da formação Halófila-psamófila repstante. d) Formação Halófila-psamófila reptante e a largatixa-de-areia, *Liolaemus lutzae*, em seu habitat natural. e) Faixa da formação Halófila-psamófila reptante em ecótono com fitofisionomias herbácea fechada e arbustiva fechada. f) Formação Herbácea fechada de cordão arenoso caracterizada pelo adensamento de guriri-da-praia (*Allagoptera arenaria*).

Figure 4. Sandy coastal plain (*restinga*) of “Praia das Neves”, ES, Brazil. a) Herbaceous, shrubby and arboreous phytophysiognomies in ridges parallel to the coast. b) Herbaceous and shrubby phytophysiognomies. c) Stretches of Beach graminoid communities. d) Beach graminoid community and the sandy-lizard, *Liolaemus lutzae*, in its natural habitat. e) Ridge of the Beach graminoid community in ecotone with the Ridge palmoid and Beach thicket communities. f) Ridge palmoid community characterized by the high density of *Allagoptera arenaria* (guriri-da-praia).

e encontrada em diversas restingas fluminenses e capixabas. Para Pereira (2003) esta formação é ocasionada por alteração antrópica. Entretanto, ainda não existem dados suficientes que comprovem esse fato, visto que tanto na Marambaia, como em Praia das Neves, a vegetação natural foi alterada.

Herbácea fechada inundada - Em depressões em meio aos cordões arenosos, entre a vegetação herbácea pós-praia e a vegetação

florestada da restinga, assim como em extensas áreas próximas ao rio Itabapoana, ocorrem áreas brejosas paralelas à linha da costa, dominadas especialmente por *Typha domingensis* (tabôa), cuja altura pode chegar a 2,5 m (Figura 5a).

Herbácea fechada inundável - Alguns trechos no interior da restinga são ocupados exclusivamente por espécies de pequeno porte, esparsas em solo predominantemente desnudo, formando

faixas paralelas à costa. Ocasionalmente pode se apresentar em faixas inundáveis, ocorrendo em trechos de maior profundidade e afloramento do lençol freático (Figura 5b, 5c), com vegetação herbácea e arbustiva de pequeno porte e com algumas gramíneas. Raramente encraves inundáveis no interior da restinga de Praia das Neves são ocupados por vegetação herbácea de pequeno porte mais densa, dominada por gramíneas (Figura 5c). Menezes & Araújo (2005) verificaram na restinga da Marambaia sua ocorrência em maiores extensões após a formação halófila-psamófila formando lagoas temporárias, dominadas por representantes de Poaceae e Cyperaceae. Logo após o Rio Itabapoana, na costa do Rio de Janeiro, observa-se a formação de lagoas imediatamente após a mesma

formação, equivalente às descrita por Menezes & Araújo (2005), e que são comuns ao longo de todas as demais restingas fluminenses. Diferentemente, em Praia das Neves, as áreas brejosas ou alagáveis se restringem a pequenos trechos de encrave em outros tipos de vegetação no interior da restinga, o que poderia ser explicado por uma dinâmica costeira de sedimentação e de formação diferenciada de cordões arenosos (Muehe 1984, Pereira et al. 1992).

Ainda considerando a vegetação herbácea, no interior de outras formações predominantes ocorrem cordões mais elevados, não sujeitos a inundações (Figura 5d), onde são encontrados indivíduos herbáceos a arbustivos de pequeno porte e dispostos esparsamente. Dentre esses, *Actinocephallus ramosus* forma populações de

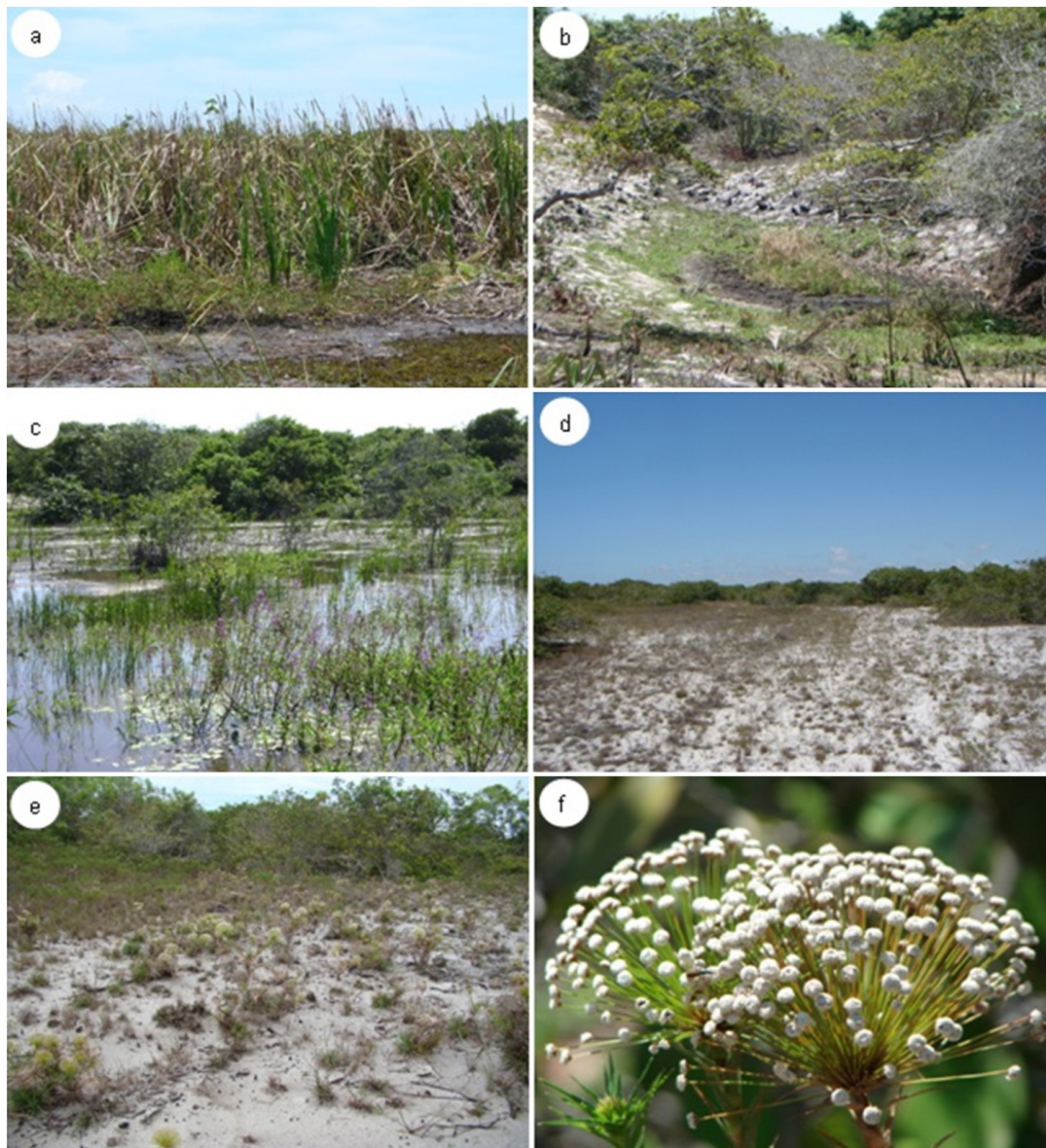


Figura 5. Restinga de Praia das Neves, ES. a) Área brejosa dominada por *Typha domingensis* (tabôa) caracterizando a formação Herbácea fechada inundada. b) Faixa inundável no interior de fitofisionomia arbustiva aberta. c) Faixa inundável no interior de fitofisionomia arbustiva aberta. d) Faixa de vegetação arbustivo-herbácea no interior de fitofisionomia arbustiva aberta. e) Faixa de vegetação arbustivo-herbácea no interior da formação Arbustiva aberta não inundável, com população de *Actinocephallus ramosus*. f) Inflorescência de *Actinocephallus ramosus*.

Figure 5. Sandy coastal plain (*restinga*) of “Praia das Neves”, ES, Brazil. a) Swamp with dense population of *Typha domingensis* (tabôa), which characterizes the Permanently flooded sedge swamps community. b) Flooded ridge in the interior of the non-flooded scrub phytophysiology. c) Flooded ridge in the interior of the non-flooded scrub phytophysiology. d) Ridge of shrubby-herbaceous vegetation in the interior of the non-flooded scrub phytophysiology. e) Ridge of shrubby-herbaceous vegetation in the interior of the non-flooded scrub community, with population of *Actinocephallus ramosus*. f) Inflorescence of *Actinocephallus ramosus*.

indivíduos ocupando longas extensões (Figura 5e, 5f) e outras plantas típicas desses cordões na restinga de Praia das Neves são *Senna appendiculata*, *Chamaecrista desvauxii* e *Marcetia taxifolia*. (Figura 6a, 6b). Trechos extensos de vegetação herbácea no domínio da formação arbustiva aberta não inundável, de forma semelhante ao verificado na restinga Praia das Neves, também foram descritos para a restinga de Jurubatiba (Montezuma & Araújo 2007) e não foram tratados como diferentes fitofisionomias. Assim, a vegetação esparsa de pequenos arbustos e ervas no interior da formação arbustiva aberta não-inundável foi considerada parte da fitofisionomia arbustiva aberta, descrita adiante.

2. Fitofisionomias arbustivas

Arbustiva fechada de pós-praia - Após a formação halófila-psamófila ocorre o incremento gradual até uma formação arbustiva fechada, que também se posiciona paralela à costa. Entretanto, em alguns trechos logo após este tipo de formação ocorre uma mudança abrupta na vegetação para o hábito arbustivo, constituindo uma formação densa e dominada por *Jacquinia armillaris*, às vezes entremeada por grupamentos de *Allagoptera arenaria* (Figura 6c, 6d). Essa vegetação na área estudada constitui uma faixa estreita e restrita a pequenos fragmentos ao longo da costa (Figura 3c), mas originalmente deveria ocupar maiores extensões da praia. As plantas

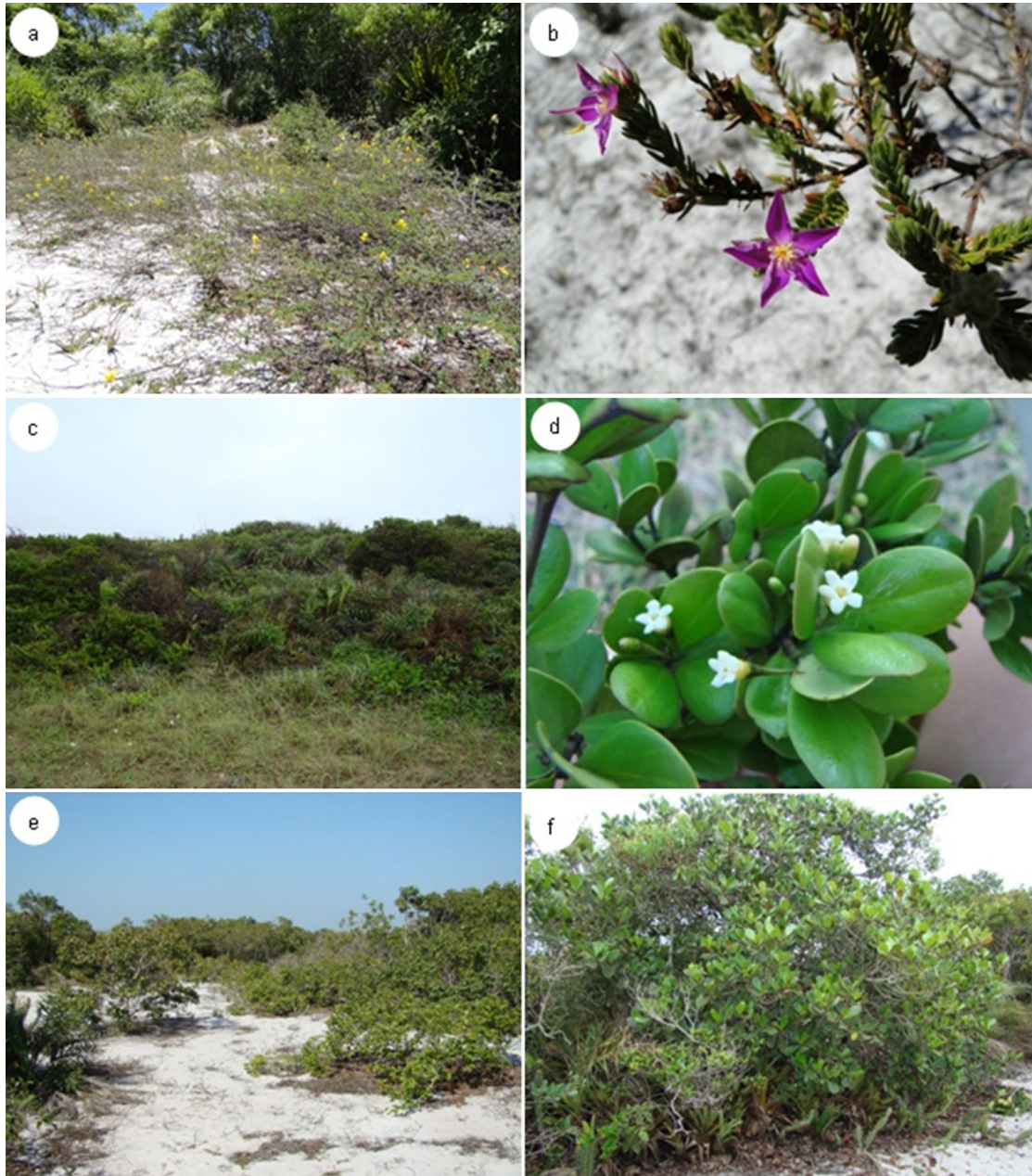


Figura 6. Restinga de Praia das Neves, ES. a) *Chamaecrista desvauxii* em fitofisionomia arbustiva aberta. b) *Marcetia taxifolia* em fitofisionomia arbustiva aberta. c) Formação Arbustiva fechada de pós-praia. d) *Jacquinia armillaris* em fitofisionomia arbustiva fechada. e) Formação Arbustiva aberta não inundável. f) *Clusia fluminensis* formando moitas na fitofisionomia arbustiva aberta não inundável.

Figure 6. Sandy coastal plain (*restinga*) of “Praia das Neves”, ES, Brazil. a) *Chamaecrista desvauxii* in the non-flooded scrub phytophysiognomy. b) *Marcetia taxifolia* in the non-flooded scrub phytophysiognomy. c) Beach Thicket community. d) *Jacquinia armillaris* in the beach thicket phytophysiognomy. e) Non flooded scrub community. f) *Clusia fluminensis* forming thickets in the non-flooded scrub phytophysiognomy.

arbustivas, com aproximadamente 1 m de altura, vão gradativamente sendo substituídas por espécies arbóreas na direção do interior, até constituírem vegetação florestal. Da mesma forma, como verificado na Praia das Neves, uma transição abrupta entre a formação halófila-*psamófila* reptante e Arbustiva fechada de pós-praia foi descrita para a restinga da Marambaia (Menezes & Araújo 2005).

Arbustiva aberta não inundável - A vegetação que ocupa as maiores extensões na restinga de Praia das Neves é composta por moitas densas, com altura de até 6 m, com as moitas esparsas, na forma de ilhas rodeadas por solo praticamente desnudo (Figura 6e). Em geral, ocorre sempre um elemento arbóreo central, comumente *Clusia fluminensis*, circundada por plantas arbustivas e herbáceas adensadas (Figura 6f). Estas, por sua vez, são rodeadas por ervas esparsas, evidenciando uma diminuição abrupta da altura e densidade dos componentes. Caracterizam-se nessa formação pelo menos dois segmentos ou estandes distintos: as áreas de areia com vegetação herbácea esparsa e as ilhas de vegetação, essas em diferentes estádios de desenvolvimento (Pereira et al. 2004). Está localizada nos cordões arenosos mais internos, após a floresta ou a formação arbustiva pós-praia e ocorre mais ou menos alinhada ao longo de faixas (Figura 7a).

Plantas típicas dessa formação são *Byrsonima sericea*, *Cupania emarginata*, *Ocotea notata*, *Protium icariba* e *Senna appendiculata* dentre os elementos arbustivos e arbóreos, além de *Clusia fluminensis*. Mais externamente são comuns bromélias (Figura 7b), orquídeas e ervas de baixo porte ou reptantes. Essa formação arbustiva aberta é aparentemente restrita ao Rio de Janeiro, Espírito Santo e Sul da Bahia (Menezes & Araújo 2005). Embora nas restingas de Maricá e de Jurubatiba, assim como na de Praia das Neves, o elemento central comumente seja do gênero *Clusia*, para outras áreas podem ser observadas outras espécies (Menezes & Araújo 2005, Magnago 2007, Araújo et al. 2009), corroborando uma classificação mais generalista para a formação. Ainda que no centro das moitas ocorra sempre um elemento arbóreo, a maioria das espécies ocorrentes nessa vegetação é de arbustos. Além disso, as espécies comumente apresentam ramificações desde a base do caule, também adquirindo um aspecto arbustivo.

Ainda não é possível afirmar se as moitas esparsas ocorrem onde uma vegetação primária sofreu alteração, ou se são locais onde os fatores edáficos só permitem aquele tipo de vegetação, ou se por ambos os fatores. Na restinga da Marambaia, assim como na da

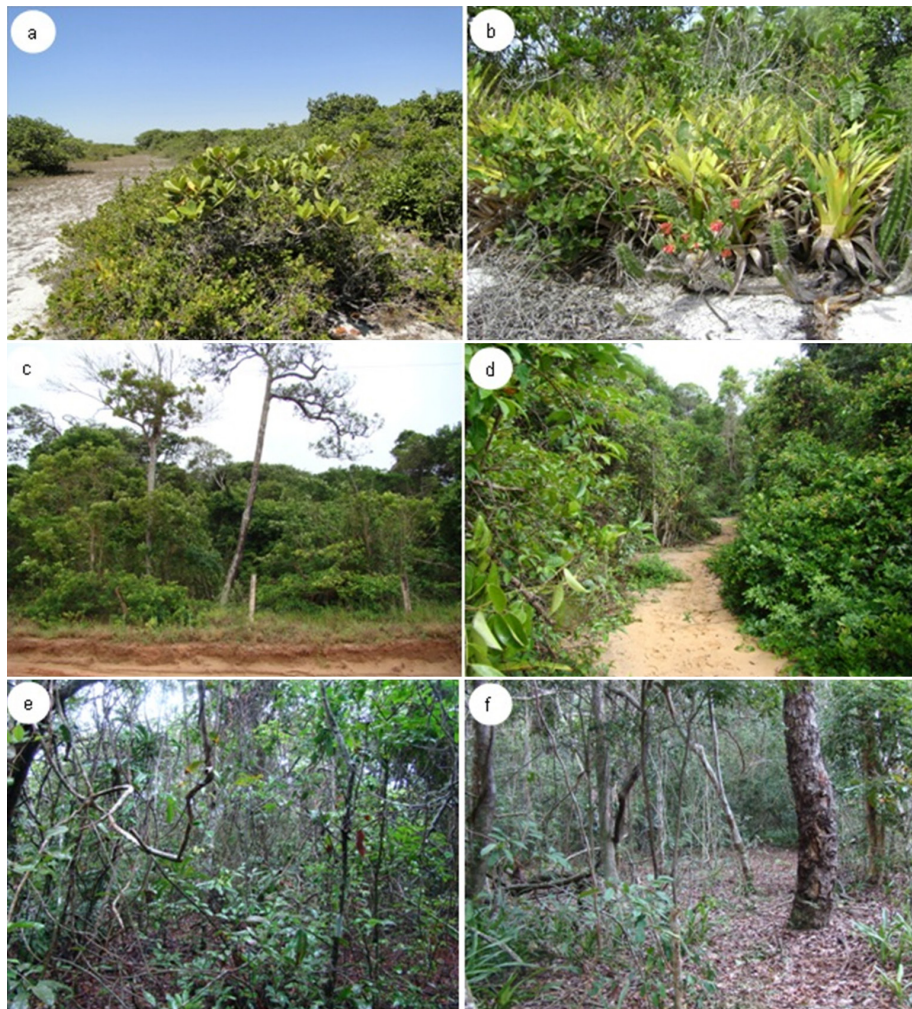


Figura 7. Restinga de Praia das Neves, ES. a) Faixa de vegetação arbustivo-herbácea no interior da formação Arbustiva aberta não inundável. b) Espécies arbustivas e herbáceas no entorno das moitas na fitofisionomia arbustiva aberta não inundável. c) Floresta de cordão arenoso. d) Trilha no interior da floresta, com lianas e outros elementos do sub-bosque. e) Interior da floresta com sub-bosque herbáceo em alguns trechos.

Figure 7. Sandy coastal plain (*restinga*) of “Praia das Neves”, ES, Brazil. a) Ridge of shrubby-herbaceous vegetation in the interior of non-flooded scrub phytophysognomy . b) Shrubby and herbaceous species around the tickets in the non-flooded scrub phytophysognomy. c) Ridge forest. d) Trail in the interior of the Ridge forest. e) Interior of the forest, showing lianas and other members of the understory. f) Interior of the forest with herbaceous understory in some stretches.

Praia das Neves, os vestígios de alteração nesse tipo de formação são evidentes. Aparentemente, na restinga estudada algumas áreas devastadas, que anteriormente eram ocupadas por florestas, são atualmente dominadas por vegetação arbustiva aberta (Figura 3f).

3. Fitofisionomia arbórea

Floresta de cordão arenoso - As áreas florestadas da restinga de Praia das Neves se restringem atualmente a fragmentos, às vezes adjacentes a pequenas manchas de áreas alagadas (Formação Herbácea Fechada Inundada). As plantas arbóreas dominam esta fisionomia (Figura 7c, 7d) e o dossel atinge de 15 a 20 m de altura, com algumas árvores emergentes. O sub-bosque é rico em lianas, arbustos, ervas e epífitas, às vezes com esparsa cobertura vegetal (Figura 7e, 7f). A serapilheira é densa e contínua e os elementos arbóreos de maior porte são escassos. Destacam-se *Aechmea floribunda*,

Anchietea pyrifolia e *Schaueria lophura* além das arbóreas *Allophylus puberulus*, *Andira nitida*, *Brasiliopuntia brasiliensis*, *Byrsonima sericea*, *Clusia fluminensis*, *Machaerium lanceolatum*, *Ocotea notata*, *Stephanopodium sessile*, *Tapirira guianensis* e *Zollernia glabra*. Magnago et al. (2011) destacam essa como a formação de maior riqueza nas restingas do Rio de Janeiro e do Espírito Santo, como também foi verificado nesse estudo. Isso pode se dar não só pela ocorrência de epífitas, conforme salientam Magnago et al. (2011), mas sim pela presença das diversas formas de vida, que ocupam os diferentes estratos da floresta. Na restinga estudada a formação florestal está localizada logo após a formação Arbustiva Fechada de Pós-Praia. Observando-se a Figura 8, retirada de Dias & Silva (1984), nota-se que a área de floresta era mais extensa no passado, formando uma faixa mais contínua.

Outras espécies verificadas nas diferentes formações na restinga de Praia das Neves estão listadas na Tabela 1.

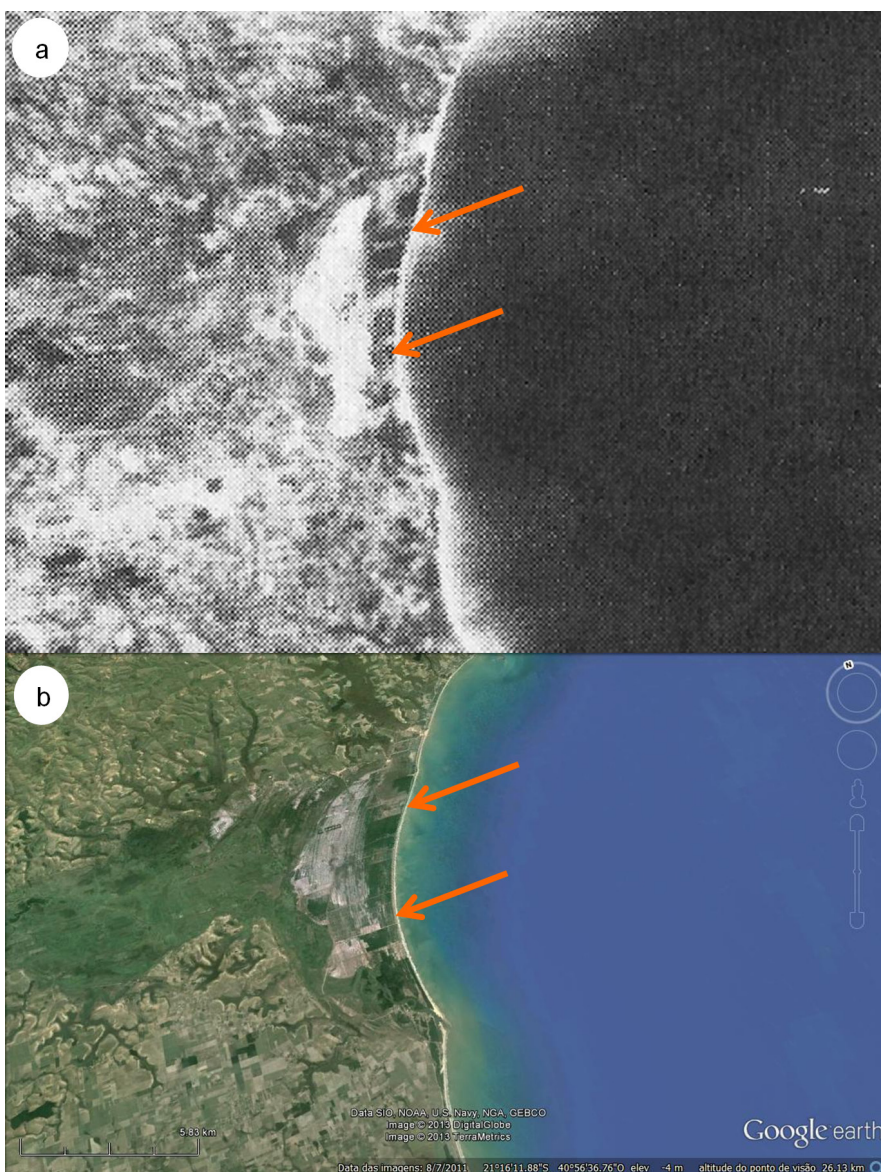


Figura 8. a) Imagem do Satélite Landsat (retirada de Dias & Silva 1984) ampliada, evidenciando a restinga de Praia das Neves, ES. b) Imagem recente da restinga em escala aproximada (Google Earth 2012: <http://www.earth.google.com>), com a redução na cobertura vegetal, ao longo dos anos, indicada por círculos.

Figure 8. a) Image of the Landsat satellite (source: Dias & Silva 1984) amplified, showing the sandy coastal plain (*restinga*) of “Praia das Neves”, ES, Brazil. b) Current image of the *restinga* in approximate scale (Google Earth 2012: <http://www.earth.google.com>), showing the reduction of the vegetal cover over the years, indicated by circles.

Tabela 1. Espécies vasculares coletadas na Restinga de Praia das Neves, ES, acompanhadas de seu registro no Herbário RBR, hábito, formação vegetal e distribuição nos principais biomas brasileiros. (Hábito: ab: arbusto; av: árvore; er: erva; ep: epífita; li: liana. tr: trepadeira herbácea. Formações vegetais: Aa: Arbustiva aberta não inundável; Af: Arbustiva fechada de pós-praia; Fl: Floresta de cordão arenoso; Hf: Herbácea fechada de cordão arenoso; Hi: Herbácea fechada inundada; Hv: Herbácea fechada inundável; Hp: Halófila-psamófila reptante. Mg: manguezal. Distribuição: AM: Amazônia; CA: Caatinga; CE: Cerrado; MA: Floresta Atlântica; PA: Pampa; PN: Pantanal; EX: exótica).

Table 1. Vascular species collected at the sandy coastal plain (*restinga*) of “Praia das Neves”, ES, Brazil, followed by its register number at the RBR Herbarium, habit, plant community and distribution in the main Brazilian biomes. (Habit: ab: shrub; av: tree; er: herb; ep: epyphit; li: liana. tr: herbaceous climber. Plant communities: Non flooded scrub; Af: Beach thicket; Fl: Ridge forest; Hf: Ridge palmoid; Hi: Permanently flooded sedge swamps; Hv: Seasonally flooded sedge swamps; Hp: Beach graminoid. Mg: mangrove. Distribution: AM: Amazonia; CA: Caatinga; CE: Cerrado; MA: Atlantic Forest; PA: Pampa; PN: Pantanal; EX: exotic).

FAMÍLIA Espécie (material testemunho, RBR)	Hábito	Formação vegetal	Distribuição
ACANTHACEAE			
<i>Avicennia schaueriana</i> L. [D.M.Braz et al. 419]	av	Mg	AM, MA
<i>Justicia cydoniifolia</i> (Nees) Lindau [D.M.Braz et al. 219]	ab	Fl	MA
<i>Ruelia solitaria</i> Vell. [M.M.T.Rosa et al. 532]	er	Fl	MA
<i>Schaueria lophura</i> Nees [D.M.Braz et al. 197]	ab	Fl	MA
<i>Thunbergia alata</i> Poir. [D.M.Braz et al. 422]	li	Fl	EX
AMARANTHACEAE			
<i>Blutaparon portulacoides</i> (A. St.-Hil.) Mears [G.V.Somner et al. 1196]	er	Hp	CE, MA
<i>Gomphrena vaga</i> Mart. [D.M.Braz et al. 202]	er	Fl	AM, CA, CE, MA
<i>Hebanthe eriantha</i> (Poir.) Pedersen [D.M.Braz et al. 187]	er	Fl	AM, CE, MA
ANACARDIACEAE			
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi [G.V.Somner et al. 1200]	av	Af	CA, MA, PA
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl. [M.M.T.Rosa et al. 508]	av	Fl	AM, CA, CE, MA, PA, PN
APOCYNACEAE			
<i>Forsteronia pilosa</i> Müll. Arg. [G.V.Somner et al. 1222]	li	Fl	MA
<i>Mandevilla guanabarica</i> Casar. ex M.F.Sales [E.L.Jacques et al. 1688]	li	Aa	MA
<i>Oxyptalum banksii</i> R.Br. ex Schult. [D.M.Braz et al. 182]	tr	Aa; Fl	CE, MA
<i>Matelea maritima</i> (Vell.) Fontella [A.V.S.Couto et al. s/n]	tr	Aa	AM, MA
<i>Peplonia asteria</i> (Vell.) Fontella & E.A. Schwarz. [E.L.Jacques et al. 1701]	tr	Aa	MA
ARACEAE			
<i>Anthurium intermedium</i> Kunth [M.M.T.Rosa et al. 533]	er	Fl	MA
<i>Anthurium minarum</i> Sakur. & Mayo [D.M.Braz et al. 212]	er	Fl	CE, MA
<i>Anthurium aff. parasiticum</i> (Vell.) Stellfeld. [E.L.Jacques et al. 1708]	er	Aa	MA
ARECACEAE			
<i>Allagoptera arenaria</i> (Gomes) Kuntze [E.L.Jacques et al. 1683]	er	Aa; Af; Hf; Hp	MA
ASTERACEAE			
<i>Baccharis trinervis</i> (Lam.) Pers. [D. M.Braz et al. 195]	tr	Fl	AM, CA, CE, MA
<i>Emilia forbergii</i> Nicolson [Observação local]	er	Hp	AM, CA, CE, MA, PA, PN
<i>Emilia sonchifolia</i> DC. [G.V.Somner et al. 1192]	er	Hp	AM, CA, CE, MA
<i>Porophyllum ruderale</i> (Jacq.) Cass. [G.V.Somner et al. 1197]	er	Hp	MA
<i>Tridax procumbens</i> L. [G.V.Somner et al. 1194]	er	Hp	AM, CA, CE, MA, PA, PN
<i>Trixis antimenorrhoea</i> (Schrank) Kuntze [G.V.Somner et al. 1209]	er	Hf	CE, MA
BIGNONIACEAE			
<i>Anemopaegma cf. citrinum</i> Mart. ex DC. [Observação local]	li	Aa	CE, MA
<i>Fridericia conjugata</i> (Vell.) L.G.Lohmann [G.V. Somner et al. 1211]	li	Fl	AM, CE, MA, PA
<i>Jacaranda puberula</i> Cham. [M.M.T. Rosa et al. 503]	av	Fl	MA
<i>Lundia cordata</i> (Vell.) DC. [M.M.T. Rosa et al. 528]	li	Fl	CA, MA
BORAGINACEAE			
<i>Varronia curassavica</i> Jacq. [G.V. Somner et al. 1208]	av	Hf	AM, CA, MA
BROMELIACEAE			
<i>Aechmea blanchetiana</i> (Baker) L.B.Sm. [Observação local]	er	Aa	MA
<i>Aechmea floribunda</i> Mart. ex Schult. f. [D. M.Braz et al. 204]	er	Fl	MA
<i>Aechmea nudicaulis</i> Griseb. [G.V.Somner et al. 1266]	er	Aa	MA
<i>Aechmea patentissima</i> Baker [D. M.Braz et al. 181]	er	Aa	MA
<i>Aechmea saxicola</i> L.B.Sm. [Observação local]	er	Aa	MA

Tabela 1. Continuação....

Table 1. Continued...

FAMÍLIA Espécie (material testemunho, RBR)	Hábito	Formação vegetal	Distribuição
<i>Billbergia amoena</i> (Lodd.) Lindl. [Observação local]	er	Fl	AM, CE
<i>Neoregelia cruenta</i> (Graham) L.B.Sm. [G.V.Somner et al. 1225]	er	Aa	MA
<i>Tillandsia stricta</i> Sims [M.M.T.Rosa et al. 540]	ep	Aa; Fl	CE, MA
BURSERACEAE			
<i>Protium heptaphyllum</i> March. [D.M.Braz et al. 218]	av	Aa; Fl	AM, MA
<i>Protium icariba</i> March. [E.L.Jacques et al. 1704]	av	Aa	MA
CACTACEAE			
<i>Brasiliopuntia brasiliensis</i> (Willd.) A. Beger [G.V.Somner et al. 1443]	av	Fl	CA, CE, MA
<i>Cereus fernambucensis</i> Lem. [M.M.T.Rosa et al. 534]	ab	Aa; Af; Hp	MA
<i>Pereskia aculeata</i> Mill. [G.V.Somner et al. 1215]	av	Fl	CA, CE, MA
CALOPHYLLACEAE			
<i>Kielmeyera rizziana</i> Saadi [D.M.Braz et al. 189]	av	Fl	MA
CANNABACEAE			
<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg. [G.V.Somner et al. 1431]	ab	Fl	AM, CA, CE, MA, PA, PN
CAPPARACEAE			
<i>Capparis flexuosa</i> (L.) L. [G.V.Somner et al. 1214]	ab	Fl	MA
CELASTRACEAE			
<i>Maytenus obtusifolia</i> Mart. [D.M.Braz et al. 239]	ab	Af	CA, CE, MA
CHRYSOBALANACEAE			
<i>Chrysobalanus icaco</i> L. [A.V.S.Couto et al. s/n]	ab	Hp	AM, MA
<i>Licania hoehnei</i> Pilg. [M.M.T.Rosa et al. 526]	av	Fl	CE, MA
CLUSIACEAE			
<i>Clusia fluminensis</i> Planch. & Triana [M.M.T.Rosa et al. 519]	av	Fl	MA
COMMELINACEAE			
<i>Commelina erecta</i> L. [M.V.L. Pereira-Moura 960]	er	Hp	AM, CA, CE, MA
CONVOLVULACEAE			
<i>Ipomoea imperati</i> (Vahl) Griseb. [D.M.Braz et al. 242]	er	Hp	AM, MA
<i>Ipomoea pes-caprae</i> (L.) R.Br. [G.V. Somner et al. 1190]	er	Hp	AM, MA
CYPERACEAE			
<i>Bulbostylis capillaris</i> C.B.Clarke [M.M.T. Rosa et al. 524]	er	Fl	CA, CE, MA, PA
<i>Cyperus ligularis</i> L. [D.M.Braz et al. 255]	er	Aa	AM, CA, CE, MA
<i>Fimbristylis autumnalis</i> Roem. & Schult. [E.L.Jacques et al. 1715]	er	Aa	AM, CE, AM
<i>Remirea maritima</i> Aubl [A.V.S. Couto et al. s/n]	er	Hp	MA
DICHAPETALACEAE			
<i>Stephanopodium sessile</i> Rizzini [D.M.Braz et al. 214]	av	Fl	MA
ERICACEAE			
<i>Gaylussacia brasiliensis</i> (Spreng.) Meisn. [E.L.Jacques et al.1690]	ab	Aa	CA, CE, MA
ERIOCAULACEAE			
<i>Actinocephalus ramosus</i> (Wikstr.) Sano [D.M.Braz et al. 421]	er	Aa	CA, CE, MA
ERYTHROXYLACEAE			
<i>Erythroxylum ovalifolium</i> Peyr. [M.M.T.Rosa et al. 521]	ab	Aa; Fl	MA
EUPHORBIACEAE			
<i>Dalechampia micromeria</i> Baill. [G.V.Somner et al. 1228]	tr	Fl	MA
<i>Dalechampia pentaphylla</i> Lam. [G.V.Somner et al. 1437]	li	Fl	MA
<i>Euphorbia hyssopifolia</i> L. [D.M.Braz et al. 244]	er	Hp	AM, CA, CE, MA, PA
<i>Microstachys corniculata</i> (Vahl) Griseb. [M.M.T.Rosa et al. 509]	er	Fl	MA
FABACEAE			
<i>Andira nitida</i> Mart. ex Benth. [M.M.T.Rosa et al. 504]	av	Fl	MA
<i>Canavalia rosea</i> (Sw.) DC. [G.V.Somner et al. 1198]	er	Hp	AM, MA
<i>Centrosema virginianum</i> (L.) Benth. [G.V.Somner et al. 1191]	er	Hp	AM, CA, CE, MA
<i>Chamaecrista desvauxii</i> (Collad.) Killip [M.M.T.Rosa et al. 512]	er	Aa; Fl	CE
<i>Dalbergia ecastaphyllum</i> (L.) Taub. [D.M.Braz et al. 222]	li	Mg	AM, MA

Tabela 1. Continuação....

Table 1. Continued...

FAMÍLIA Espécie (material testemunho, RBR)	Hábito	Formação vegetal	Distribuição
<i>Indigofera suffruticosa</i> Mill. [G.V.Somner et al. 1205]	ab	Aa	AM, CA, CE, MA
<i>Inga vera</i> Willd [A.F.Nunes 08]	av	Fl	AM, CA, CE, MA
<i>Machaerium lanceolatum</i> (Vell.) J.F.Macbr. [D.M.Braz et al. 188]	av	Fl	AM, CE, MA
<i>Macropitium lathyroides</i> (L.) Urb. [D.M.Braz et al. 236]	tr	Af	AM, CA, CE, MA
<i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms [Observação local]	ar	Mg	CE, MA
<i>Senegalia lowei</i> (L.Rico) Seigler & Ebinger [G.V.Somner et al. 1430]	ab	Af	MA
<i>Senna appendiculata</i> (Vogel) Wiersema [G.V.Somner et al. 1227]	ar	Aa	MA
<i>Sophora tomentosa</i> L. [D.M.Braz et al. 246]	ar	Ap	AM, MA
<i>Stylosanthes guianensis</i> (Aubl.) Sw. [E.L.Jacques et al. 1684]	er	Aa; Fl; Hf	CE, MA
<i>Vigna caracalla</i> (L.) Verdc. [G.V. Somner et al. 1219]	tr	Fl	AM, CA, CE, MA
<i>Zollernia glabra</i> (Spreng.) Yakovlev [D.M.Braz et al. 186]	ab	Fl	MA
LAURACEAE			
<i>Cassytha filiformis</i> L. [G.V.Somner et al. 1201]	ep	Hf	AM, CA, CE, MA
<i>Ocotea notata</i> (Nees & Mart.) Mez [M.M.T.Rosa et al. 520]	av	Aa; Fl	MA
LYTHRACEAE			
<i>Cuphea flava</i> Spreng. [E.L.Jacques et al. 1697]	er	Aa	MA
MALPIGHIACEAE			
<i>Byrsonima sericea</i> DC. [E.L.Jacques et al. 1702]	av	Aa; Fl	CA, CE, MA
<i>Heteropterys coleoptera</i> A.Juss. [D.M.Braz et al. 184]	li	Fl	MA
<i>Peixotoa hispida</i> A.Juss. [D.M.Braz et al. 199]	tr	Fl	MA
<i>Stigmaphyllon cf. paralias</i> A. Juss. [Observação local]	ab	Fl	CA, CE, MA
MALVACEAE			
<i>Pavonia cancellata</i> (L.) Cav. [D.M.Braz et al. 253]	er	Aa	AM, CA, CE, MA
<i>Pseudobombax grandiflorum</i> (Cav.) A.Robyns [D.M.Braz et al. 183]	av	Fl	CE, MA
<i>Sida planicaulis</i> Cav. [G.V.Somner et al. 1206]	er	Hf	CA, CE, MA, PA
MELASTOMATACEAE			
<i>Marcetia taxifolia</i> (St. Hil.) DC. [M.M.T.Rosa et al. 527]	ab	Fl	AM, CA, CE, MA
<i>Pterolepis glomerata</i> (Rottb.) Miq. [E.L.Jacques et al. 1714]	er	Aa	AM, CA, CE, MA
<i>Tibouchina gaudichaudiana</i> Baill. [M.M.T.Rosa et al. 514]	ab	Fl	MA
MOLLUGINACEAE			
<i>Mollugo verticillata</i> L. [M.M.T.Rosa et al. 517]	er	Fl; Hp	AM, CA, CE, MA, PA
MYRTACEAE			
<i>Calyptanthes brasiliensis</i> Spreng. [M.M.T.Rosa et al. 536]	av	Fl	CE, MA
<i>Eugenia pisiformis</i> Cambess [A.F.Nunes 06]	av	Fl	MA
<i>Eugenia punicifolia</i> (Kunth) DC. [D.M.Braz et al. 194]	av	Fl	AM, CA, CE, MA
<i>Eugenia uniflora</i> L. [A.F.Nunes 07]	av	Fl	CE, MA
<i>Neomitranthes obscura</i> (DC.) N.Silveira [E.L.Jacques et al. 1707]	av	Aa	MA
NYCTAGINACEAE			
<i>Guapira pernambucensis</i> (Casar.) Lundell [G.V.Somner et al. 1199]	av	Aa, Fl, Hf	MA
<i>Pisonia aculeata</i> L. [G.V.Somner et al. 1217]	li	Fl	AM, MA
OCHNACEAE			
<i>Ouratea cuspidata</i> (A.St.-Hil.) Engl. [D.M.Braz et al. 220]	ab	Aa	CE, MA
ORCHIDACEAE			
<i>Epidendron denticulatum</i> Barb.Rodr. [E.L.Jacques et al. 1695]	ep	Aa	CA, CE, MA
<i>Oeceoclades maculata</i> (Lindl.) Lindl. [Observação local]	er	Fl	AM, CA, CE, MA
<i>Vanilla</i> sp. [Observação local]	ep	Hf	
PASSIFLORACEAE			
<i>Passiflora edulis</i> Sims [G.V.Somner et al. 1435]	li	Fl	AM, CA, CE, MA, PA, PN
<i>Passiflora misera</i> Kunth [G.V.Somner et al. 1438]	li	Fl	AM, CA, CE, MA
<i>Passiflora mucronata</i> Lam. [M.M.T. Rosa et al. 510]	li	Aa; Fl	CA, CE, MA
PERACEAE			
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Baill. [E.L.Jacques et al. 1710]	av	Aa; Fl	AM, CA, CE, MA

Tabela 1. Continuação....

Table 1. Continued...

FAMÍLIA Espécie (material testemunho, RBR)	Hábito	Formação vegetal	Distribuição
PICRAMNIACEAE			
<i>Picramnia glazioviana</i> Engl. [D.M.Braz et al. 215]	av	Fl	MA
PLUMBAGINACEAE			
<i>Plumbago scandens</i> L. [G.V.Somner et al. 1204]	tr	Hf	AM, CA, MA
PHYTOLACCACEAE			
<i>Rivina humilis</i> L. [G.V.Somner et al. 1432]	er	Fl	AM, CA, MA, PA,
POACEAE			
<i>Cenchrus echinatus</i> L. [G.V. Somner et al. 1203]	er	Hf	AM, CA, CE, MA, PN
<i>Chloris elata</i> Desv. [A.V.S.Couto et al. s/n]	er	Hp	CA, MA, PA
<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd. [A.V.S.Couto et al. s/n]	er	Hp	AM, CA, MA
<i>Eragrostis ciliaris</i> (L.) R. Br. [G.V.Somner et al. 1202]	er	Hf	AM, CA, CE, MA, PN
<i>Eragrostis</i> sp. [M.M.T.Rosa et al. 523]	er	Af; Fl	
<i>Gymnopogon foliosus</i> (Willd.) Nees [M.M.T.Rosa et al. 538]	er	Fl	AM, CA, CE, MA
<i>Panicum racemosum</i> (P. Beauv.) Spreng. [A.V.S.Couto et al. s/n]	er	Hp	CA, MA, PA
<i>Paspalum arenarium</i> Schrad. [M.M.T.Rosa et al. 525]	er	Fl	AM, CA, CE, MA
<i>Paspalum maritimum</i> Trin. [D.M.Braz et al. 251]	er	Af	AM, CA, CE, MA
<i>Setaria setosa</i> (Sw.) P. Beauv. [G.V. omner et al. 1436]	er	Fl	CA, MA
<i>Sporobolus virginicus</i> Kunth [A.V.S.Couto et al. s/n]	er	Hp	AM, CA, CE, PA
<i>Tricanthecium</i> sp. [E.L.Jacques et al. 1717]	er	Aa	
POLYGALACEAE			
<i>Polygala cyparissias</i> A. St.-Hil. & Moq. [M.M.T.Rosa et al. 502]	er	Aa; Fl	CA, MA
POLYPODIACEAE			
<i>Microgramma geminata</i> (Schrad.) R. Tryon & A. Tryon [M.M.T.Rosa et al. 535]	ep	Fl	MA
<i>Microgramma vacciniifolia</i> (Langsd. & Fisch.) Copel. [D.M.Braz et al. 208]	ep	Fl	CE, MA
<i>Serpocaulon triseriale</i> (Sw.) A. R. Sm. [E.L.Jacques et al. 1696]	er	Aa	AM, CA, CE, MA, PA, PN
PRIMULACEAE			
<i>Clavija spinosa</i> (Vell.) Mez [M.M.T.Rosa et al. 540]	ab	Fl	MA
<i>Jacquinia armillaris</i> Jacq. [G.V.Somner et al. 1220]	av	Fl	AM, MA
<i>Myrsine parvifolia</i> A.DC. [Observação local]	ab	Af	CE, MA
RHIZOPHORACEAE			
<i>Rhizophora mangle</i> L. [Observação local]	av	Mg	AM, MA
RUBIACEAE			
<i>Amaioua pilosa</i> K.Schum. [M.M.T.Rosa et al. 537]	av	Fl	MA
<i>Borreria capitata</i> (Ruiz & Pav.) DC. [E.L.Jacques et al. 1683]	er	Hv	AM, CA, CE, MA
<i>Borreria verticillata</i> (L.) G. May [E.L.Jacques et al. 1716]	er	Hp	MA
<i>Chiococca alba</i> (L.) Hitchc. [D.M.Braz et al. 210]	li	Fl	AM, CA, CE, MA
<i>Coccocypselum capitatum</i> (Graham) C.B.Costa & Mamede [D.M.Braz et al. 254]	er	Aa	MA
<i>Coutarea hexandra</i> (Jacq.) K. Schum [D.M.Braz et al. 205]	av	Fl	AM, CA, CE, MA
<i>Mitracarpus frigidus</i> (Willd. ex Roem. & Schult.) K.Schum. [E.L.Jacques et al. 1700]	er	Aa	AM, CA, CE, MA
<i>Randia armata</i> (Sw.) DC. [D.M.Braz et al. 193]	av	Fl	AM, CA, CE, MA
<i>Richardia brasiliensis</i> Gomez [D.M.Braz et al. 240]	er	Hp	CA, CE, MA, PA
<i>Tocoyena bullata</i> (Vell.) Mart. [E.L.Jacques et al. 1686]	ab	Aa	CA, CE, MA
RUTACEAE			
<i>Conchocarpus heterophyllus</i> (A. St.-Hil.) Kallunki & Pirani [G.V.Somner et al. 1439]	ab	Fl	AM, CA, CE, MA
<i>Pilocarpus</i> cf. <i>riedelianus</i> Engl. [D.M.Braz et al. 217]	av	Fl	MA
<i>Rauia nodosa</i> (Engl.) Kallunki [D.M.Braz et al. 216]	av	Fl	MA
SAPINDACEAE			
<i>Allophyllus puberulus</i> (Cambess.) Radlk. [D.M.Braz et al. 209]	av	Fl	MA
<i>Cupania emarginata</i> Cambess. [E.L.Jacques et al. 1703]	av	Aa	MA
<i>Matayba</i> sp. [D.M.Braz et al. 203]	av	Fl	

Tabela 1. Continuação....

Table 1. Continued...

FAMÍLIA Espécie (material testemunho, RBR)	Hábito	Formação vegetal	Distribuição
<i>Paullinia racemosa</i> Wawra [D.M.Braz et al. 196]	av	Fl	MA
<i>Paullinia weinmannifolia</i> Mart. [D.M.Braz et al. 207]	li	Aa; Fl	MA
<i>Serjania salzmänniana</i> Schltld. [M.M.T.Rosa et al. 515]	li	Fl	AM, CE, MA
<i>Urvillea rufescens</i> Cambess. [D.M.Braz et al. 206]	li	Fl	MA
<i>Urvillea triphylla</i> (Vell.) Radlk. [D.M.Braz et al. 211]	li	Fl	MA
SAPOTACEAE			
<i>Manilkara salzmännii</i> (A. DC.) Lam. [E.L.Jacques et al. 1705]	ab	Fl; Aa	MA
SCHIZAEACEAE			
<i>Actinostachys pennula</i> (Sw.) Hook. [M.M.T.Rosa et al. 529]	er	Fl	AM, MA
SMILACACEAE			
<i>Smilax</i> sp.2 [M.M.T. Rosa et al. 539]	li	Fl	
SOLANACEAE			
<i>Cestrum axillare</i> Vell. [G.V.Somner et al. 1212]	ab	Fl	AM, CA, CE, MA, PN
<i>Solanum torvum</i> Sw. [D.M.Braz et al. 185]	ab	Fl	MA
<i>Solanum insidiosum</i> Mart. [G.V.Somner et al. 1433]	av	Fl	MA
<i>Solanum jussiaei</i> Dunal [G.V.Somner et al. 1210]	ab	Fl	MA
TYPHACEAE			
<i>Typha domingensis</i> Pers. [M.M.T. Rosa et al. 543]	er	Hi	AM, CA, CE, MA, PA, PN
VERBENACEAE			
<i>Lantana fucata</i> Lindl. [D.M.Braz et al. 190]	ab	Fl	CA, CE, MA
<i>Stachytarpheta crassifolia</i> Schauer [Observação local]	er	Aa	CA, CE, MA
VIOLACEAE			
<i>Anchithea pyrifolia</i> (Mart.) G.Don [D.M.Braz et al. 192]	li	Fl	CA, CE, MA, PA, PN
<i>Hybanthus calceolaria</i> (L.) Oken [A.V.S.Couto et al. s/n]	er	Fl	AM, CA, CE, MA, PN
VITACEAE			
<i>Cissus verticillata</i> (L.) Nicolsoni & C.E.Jarvis [M.M.T.Rosa et al. 544]	li	Hi	AM, CA, CE, MA, PA, PN

As formações vegetais das restingas brasileiras ainda não estão bem delimitadas, pois há deficiência de dados florísticos, estruturais e ambientais de muitos trechos do litoral (Araújo & Henriques 1984, Menezes & Araújo 2005). Entretanto, com base na heterogeneidade florística observada nas diferentes formações de restingas, Magnago et al. (2011) confirmam sua estruturação em formações distintas e, em geral, bem delimitadas. Considerando as restingas do sudeste brasileiros, bastante estudadas ultimamente, ainda que com fortes semelhanças, cuidados devem ser tomados ao correlacionar as formações vegetais, mesmo que próximas geograficamente. Araújo et al. (2009) constataram essa necessidade ao verificarem que pode haver forte correspondência nas formações sem, contudo, haver relação na composição das espécies. Isso foi comprovado nos estudos de Magnano et al. (2011) com relação às restingas do Rio de Janeiro e do Espírito Santo, onde os autores verificaram semelhanças fisionômicas, mas com pouca correspondência na composição das espécies. Exceção é feita para a formação halófila-psamófila, onde ocorrem espécies em comum nas restingas de norte a sul do país. Já Sacramento et al. (2007) verificaram a semelhança entre as espécies e diferenças no arranjo fisionômico entre duas restingas próximas.

Foi encontrada considerável relação das formações vegetais identificadas na restinga de Praia das Neves com as formações propostas para as restingas do Rio de Janeiro (Menezes & Araújo 2005), tanto nos aspectos físicos como na composição florística. Entretanto, não foram verificadas as seguintes formações: Floresta inundável, Floresta inundada, Arbustiva aberta inundável e Arbustiva fechada de cordão arenoso. Por outro lado, em outros estudos

realizados em restingas mais próximas do Estado do Rio de Janeiro (Araújo et al. 2009), há menos semelhança na composição das espécies.

Uma formação denominada Arbustiva fechada de cordão arenoso por Menezes & Araújo (2005) é denominada por outros autores como “*thicket* de Myrtaceae” (Araújo & Henriques 1984), e “*thicket* fechado de Myrtaceae” (Araújo 1992). Essa formação não foi observada na Praia das Neves, da mesma forma como nas restingas de Massambaba, RJ (Araújo et al. 2009), e em Vila Velha, ES (Magnago et al. 2007). Igualmente, nas restingas do nordeste esse tipo de formação não é observado (Pinto et al. 1984, Almeida Junior et al. 2009, Castro et al. 2012). A ausência das formações florestais inundável e inundada e Arbustiva aberta inundável na restinga de Praia das Neves pode ser explicado pelas condições da declividade local, quase nula, e também da devastação a que a floresta e outras fitofisionomias foram submetidas.

Dentre as formações da restinga de Praia das Neves, merecem destaque: a vegetação arbustiva aberta, que ocupa as maiores extensões; a vegetação florestal que, embora fragmentada, ainda apresenta alguns trechos bem preservados; e a formação arbustiva fechada de pós-praia que é a mais depauperada, reduzida atualmente a raros fragmentos.

4. Florística

Registramos 167 espécies da flora, reunidas em 58 famílias botânicas, distribuídas nas diferentes formações da restinga de Praia das Neves e vegetações associadas (Tabela 1). As famílias

com maior riqueza foram: Fabaceae (16), Poaceae (12), Rubiaceae (10), Sapindaceae (oito), Bromeliaceae (oito), Asteraceae (seis), Acanthaceae (cinco) e Bignoniaceae (cinco).

As mesmas famílias são, em geral, indicadas como as mais representativas para outras restingas do Estado Espírito Santo (Pereira & Assis 2000, Assis et al. 2004) e também do Rio de Janeiro (Araújo & Henriques 1984, Menezes & Araújo 2005, Araújo et al. 2009). Igualmente, para uma restinga do nordeste do Brasil, Almeida Junior et al. (2009) apontaram praticamente as mesmas famílias como as de maior riqueza. As Acanthaceae, embora não representativas nas restingas fluminenses ou capixabas até então, apareceram como a quarta família mais rica no estrato herbáceo da restinga de Bertiooga, SP (Martins et al. 2008).

Analisando a distribuição das espécies levantadas (Tabela 1), cerca de 20% ocorrem nos quatro principais biomas brasileiros (Amazônia, Caatinga, Cerrado e Floresta Atlântica), enquanto que cerca de 30% são exclusivas da Floresta Atlântica. Dentre essas últimas, inúmeros táxons amostrados têm distribuição restrita às restingas, tais como *Cupania emarginata*, *Chrysobalanus icaco*, *Erythroxylum ovalifolium*, *Paullinia weinmannifolia* e *Peplonia asteria*. Outros, como *Actinocephalus ramosus*, *Cereus fernambucensis* e *Gaylussacia brasiliensis*, tem distribuição disjunta nas restingas e em afloramentos rochosos mais para o interior do país. Destaca-se ainda a ocorrência de *Aechmea saxicola*, restrita ao Espírito Santo e Rio de Janeiro (Forzza et al. 2010), *Neoregelia cruenta*, que foi praticamente erradicada das restingas da cidade do Rio de Janeiro, pela ação de exploradores (Leme & Marigo 1993) e *Aechmea blanchetiana*, uma das espécies mais comuns na restinga de Praia das Neves, onde forma touceiras; essa espécie pode também ocorrer na Floresta Ombrófila Densa, como epífita (Leme & Marigo 1993, Stehmann et al. 2009). A maioria das espécies se mostrou exclusiva de uma única formação, entretanto, algumas, como *Allagoptera arenaria* (guriri-da-praia), *Cereus fernambucensis* e *Stylosanthes guianensis*, foram registradas em diferentes formações.

Salienta-se que inventários mais detalhados na restinga de Praia das Neves poderão apontar novas espécies. Considerando alguns estudos de inventários florísticos sistematizados em restinga que incluem os diferentes hábitos vegetais, Araújo et al. (2009)

levantaram 664 espécies vegetais para uma área de 76.300 ha na APA de Massambaba (Saquarema, Araruama e Arraial do Cabo), RJ, e para o Espírito Santo, nas restingas de Camburi foram amostradas 211 espécies (Pereira & Assis 2000) e em Conceição da Barra 415 (Pereira & Gomes 1993), em 200 ha e 1031 ha, respectivamente. Já para o nordeste e norte brasileiros, usando como exemplo uma área de cerca de 11.200 ha de restinga no Ceará, foram registradas 382 espécies (Castro et al. 2012), e para todo o estado do Pará, Silva et al. (2010) somaram 411 espécies. Tais números sugerem diferenças na riqueza de espécies, assim como nas formações encontradas em restingas de diferentes regiões do Brasil.

5. Conservação da restinga

A riqueza paisagística e biológica é constatada com base nas diferentes fitofisionomias (formações vegetais) que compõe a restinga de Praia das Neves, típicas desse ecossistema litorâneo. Seu bom estado de conservação é ainda atestado pelo registro das espécies *Jacquinia armillaris* (Figura 6d), *Justicia cydoniifolia* (Figura 9a) e *Schaueria lophura* (Figura 9b), indicadas como vulneráveis na listagem das espécies ameaçadas no Estado do Espírito Santo (Simonelli & Fraga 2007). Em relação à primeira, essa é a espécie dominante na formação arbustiva fechada de pós-praia e que margeia a principal área ocupada nas praias, favorecendo a extinção da formação e explicando o status de vulnerabilidade da espécie. De fato, essa está limitada a pequenos trechos remanescentes na restinga de Praia das Neves (Figuras 2 e 3c). Outros elementos da biota local são dependentes da vegetação da restinga, como a largatixa-de-areia, *Liolaemus lutzae* (Soares & Araujo 2008), espécie igualmente ameaçada de extinção (Instituto... 2003). Esses são aspectos de interesse para estudos futuros e corroboram a necessidade de preservação desses ambientes litorâneos, que são altamente suscetíveis à expansão urbana.

Parte da vegetação original da restinga de Praia das Neves foi devastada, submetida a loteamentos (Figura 10a) e outros usos. A imagem da Praia das Neves em vista do satélite Landsat na figura de Dias & Silva (1984) (Figura 8) denota que a floresta ocupava maiores extensões e é possível que originalmente formasse uma faixa contínua, relativamente larga, paralela à costa. Atualmente,

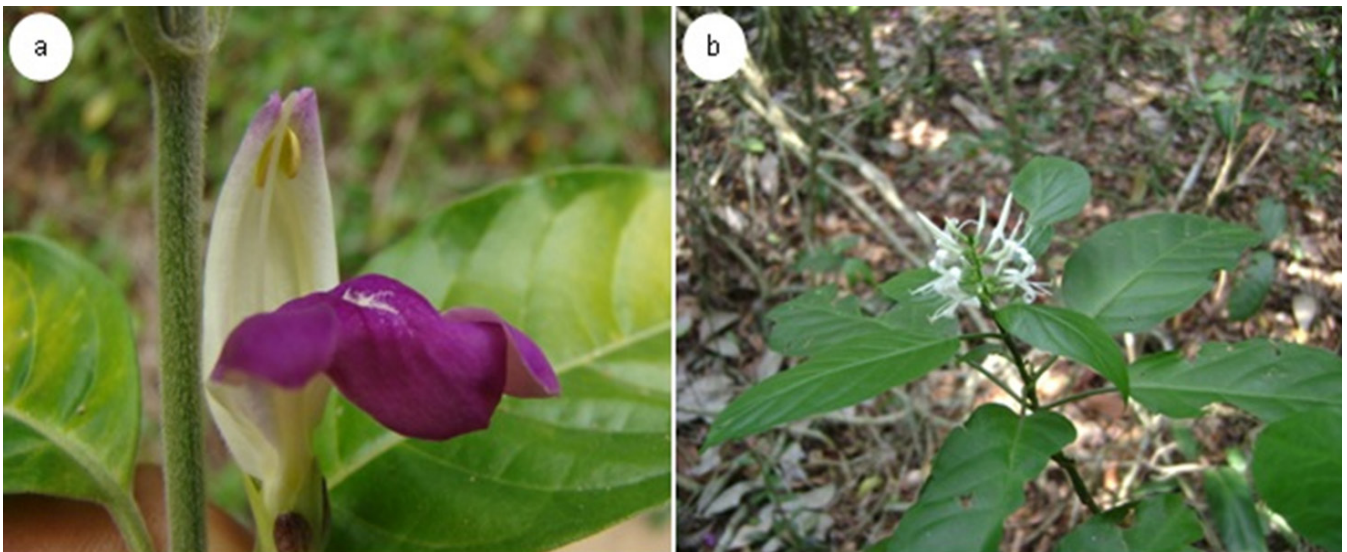


Figura 9. Espécies ameaçadas da flora do Estado do Espírito Santo registradas na restinga de Praia das Neves. a) *Justicia cydoniifolia* na Floresta de cordão arenoso. b) *Schaueria lophura* na Floresta de cordão arenoso.

Figure 9. Threatened species of the flora of Espírito Santo State registered in the sandy coastal plain (*restinga*) of “Praia das Neves”, ES, Brazil. a) *Justicia cydoniifolia* in the Ridge forest. b) *Schaueria lophura* in the Ridge forest.

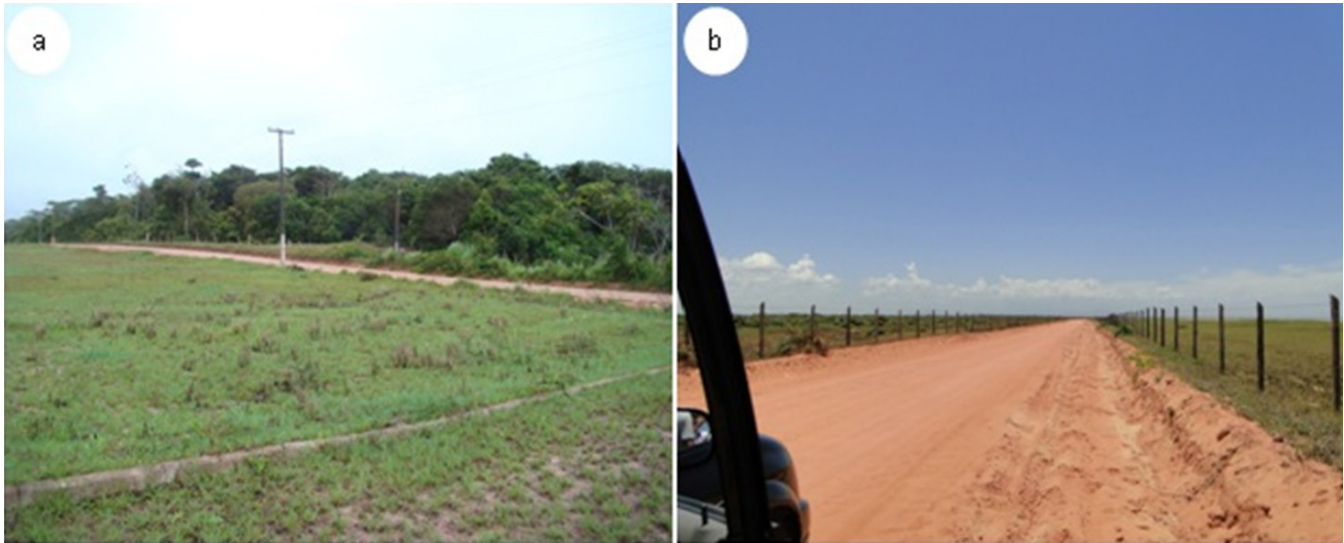


Figura 10. Restinga de Praia das Neves, ES. a) Floresta ao fundo, margeada por loteamento. b) Cerca limitando o acesso à praia e as demais áreas da restinga.
Figure 10. Sandy coastal plain (*restinga*) of “Praia das Neves”, ES, Brazil. a) Forest in the background, bordered by blending. b) Fence limiting the access to the beach and other areas of the sandy coastal plains.

a vegetação arbustiva densa de pós-praia e a floresta ocorrem em fragmentos ao longo da costa. Apesar do desmatamento a que foi submetida, essa restinga permanece com extensos trechos em bom estado de conservação e com remanescentes importantes de formações vegetais costeiras no Espírito Santo. Recentemente, a maior extensão da restinga de Praia das Neves foi delimitada com a intensão de construção de um porto para exportação de ferro, segundo informação popular (Figura 10b).

Considerando a riqueza em formações vegetais típicas das restingas, da flora e da fauna associadas, a restinga de Praia das Neves se enquadra nas Áreas de Preservação Permanente, descritas e legitimadas na legislação federal brasileira (Resolução CONAMA no 303, de 20 de março de 2002 (Conselho... 2002); Novo Código Florestal, Lei no 12.651 de 25 de maio de 2012 (Brasil... 2012)). Ações futuras deveriam incluir a proteção da área ou parte dela como Unidade de Conservação, assegurando a preservação da restinga local, com suas diferentes formações e a biota associada. Essa proposta corrobora com a de Rocha et al. (2003) que, com base na elevada diversidade biológica e seu bom estado de conservação, recomenda a criação de Unidade de Conservação, preferencialmente de Proteção Integral para a restinga de Praia das Neves.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA) e ao Prof. Alexandre Fernandes Bamberg de Araújo pelo apoio financeiro através do Projeto “Manejo da lagartixa-de-areia, *Liolaemus lutzae*”; a Karina Marques, Luiz Marcelo Fiuza, Thiago Barbosa e Fernando Antônio S. Pinto pela ajuda e participação nas atividades de campo; a Leandro Guccione pela confecção do mapa de vegetação; aos taxonomistas Marcelo da Costa Souza pelo auxílio na identificação das Myrtaceae, Marcos Alberto Nadruz Coelho pelas Araceae, Jorge Pereira Fontella pelas Apocynaceae, Robson Dumas Ribeiro (*in memoriam*) pelas Fabaceae, Christian da Silva pelas Poaceae, Bruno C. Bandeira pelas Solanaceae, Felipe Fajardo V. A. Barberena pelas Orchidaceae e Jefferson Guedes C. Sobrinho pelas Malvaceae-*Pseudobombax*.

Referências Bibliográficas

- ALMEIDA JUNIOR, E.B., OLIVO, M.A., ARAÚJO, E.L. & ZICKEL, C.S. 2009. Caracterização da vegetação de restinga da RPPN de Maracáipe, PE, Brasil, com base na fisionomia, flora, nutrientes do solo e lençol feático. *Acta Bot. Bras.* 23(1):36-48. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062009000100005>
- AMARAL, D.D., PROST, M.T., BASTOS, M.N.C., COSTA NETO, S.V. & SANTOS, J.U.M. 2008. Restingas do litoral amazônico, estados do Pará e Amapá, Brasil. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi.* 3(1):35-67.
- ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP - APG. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Bot. j. Linn. Soc.* 161:105-121. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8339.2009.00996.x>
- ARAÚJO, D.S.D. 1992. Vegetation types of Sandy coastal plains of tropical Brazil: a first approximation. In *Coastal Plant Communities of Latin America* (U. Seeliger, ed.). Academic Press, New York, p.337-347.
- ARAÚJO, D.S.D. & HENRIQUES, R.P.B. 1984. Análise florística das restingas do Estado do Rio de Janeiro. In *Restingas: Origem, Estrutura, Processos* (L.D. Lacerda, D.S.D. Araújo, R. Cerqueira & B. Turcq, orgs.). CEUFF, Niterói, p.159-193.
- ARAÚJO, D.S.D., SÁ, C.F.C., PEREIRA, J.F., GARCIA, D.S., FERREIRA, M.V., PAIXÃO, R.J., SCHENEIDER, S.M. & FONSECA-KRUEL, V.S. 2009. Área de Proteção Ambiental de Massambaba, Rio de Janeiro: caracterização fitofisionômica e florística. *Rodriguésia* 60(1):67-96.
- ASSIS, A. M., THOMAZ, L. D. & PEREIRA, O. J. 2004. Florística de um trecho de floresta de restinga no Município de Guarapari, Espírito Santo, Brasil. *Acta Bot. Bras.* 18(1):191-201. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062004000100016>
- BRASIL. 2012. Novo Código Florestal, Lei no 12.651 de 25 de maio de 2012. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. (último acesso em 25/06/2013).
- CASTRO, A.S.F., MORO, M.F. & MENEZES, M.O.T. 2012. O complexo vegetacional da Zona Litorânea no Ceará: Pecém, São Gonçalo do Amarante. *Acta Bot. Bras.* 26(1): 108-124. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062012000100013>

- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. 2002. Resolução nº 303, de 20 de março de 2002. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm (último acesso em 26/06/2013).
- DIAS, G.T.M. & SILVA, C.G. 1984. Geologia de depósitos arenosos costeiros emersos – exemplos ao longo do litoral fluminense. In *Restingas: Origem, Estrutura, Processos* (L.D. Lacerda, D.S.D. Araújo, R. Cerqueira & B. Turcq, orgs.). CEUFF, Niterói, p.47-60.
- FORZZA, R. C., BAUMGRATZ, J.F.A., BICUDO, C.E.M., CARVALHO JR., A.A., COSTA, A., COSTA, D.P., HOPKINS, M., LEITMAN, P.M., LOHMANN, L.G., MAIA, L.C., MARTINELLI, G., MENEZES, MORIM, M.P. NADRUZ COELHO, M.A., PEIXOTO, A.L., PIRANI, J.R. PRADO, J., QUEIROZ, L.P., V.C. SOUZA, STEHMANN, J.R., SYLVESTRE, L.S., WALTER, B.M.T., ZAPPI, D. (Orgs.). 2010. *Catálogo de plantas e fungos do Brasil*. Rio de Janeiro, Andrea Jakobsson Estúdio, Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2 v.
- GOOGLE EARTH. <http://www.google.com/earth/index.html> (último acesso em 09/09/2012).
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. 2003. Lista da fauna silvestre brasileira ameaçada de extinção. <http://www.ibama.gov.br> (último acesso em 20/01/2012).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 2012. <http://www.ibge.gov.br> (último acesso em 30/03/2012).
- INTERNATIONAL PLANT NAME INDEX - IPNI. 2012. <http://www.ipni.org> (último acesso em 07/09/2012).
- JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. Lista de Espécies da Flora do Brasil. <http://reflora.jbrj.gov.br/jabot/listaBrasil/ConsultaPublicaUC/ConsultaPublicaUC.do> (último acesso em 17/02/2013).
- LAMEGO, A.R. 1946. *O homem e a restinga*. Lidador, Rio de Janeiro.
- LEME, E.M.C. & MARIGO, L.C. 1993. *Bromélias na natureza*. Marigo Comunicação Visual, Rio de Janeiro.
- MARTINS, S.E., ROSSI, L., SAMPAIO, P.S.P. & MAGENTA, M.A.G. 2008. Caracterização florística de comunidades vegetais de restinga em Bertioxa, SP, Brasil. *Acta Bot. Bras.* 22(1):249-274. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062008000100024>
- MAGNAGO, L.F.S., PEREIRA, O.J., MATOS, F.A.R. & SOUZA, P.F. 2007. Caracterização Fitofisionômica da Restinga na Morada do Sol, Vila Velha, ES. *Rev. Bras. Biociênc.* 5(1):456-458.
- MAGNAGO, L.F.S., MARTINS, S.V. & PEREIRA, O.J. 2011. Heterogeneidade florística das fitocenoses de restingas nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, Brasil. *Rev. Arvore* 35(2):245-254. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622011000200009>
- MENEZES, L.F.T. & ARAÚJO, D.S.D. 2005. Formações vegetais da restinga da Marambaia, Rio de Janeiro. In *História Natural da Marambaia* (L.F.T. Menezes, A.L. Peixoto & D.S.D. Araújo). EDUR, Seropédica, p.67-132.
- MONTEZUMA, R.C.M. & ARAÚJO, D.S.D. 2007. Estrutura da vegetação de uma restinga arbustiva inundável no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, Rio de Janeiro. *Pesq. Bot.* 58:157-176.
- MUEHE, D. 1984. Evidências de recuo dos cordões litorâneos em direção ao continente no litoral do Rio de Janeiro. In *Restingas: Origem, Estrutura, Processos* (L.D. Lacerda, D.S.D. Araújo, R. Cerqueira & B. Turcq, orgs.). CEUFF, Niterói, p.75-80.
- PEEL, M.C., FINLAYSON, B.L. & MCMAHON, T.A. 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 11:1633-1644. <http://dx.doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>
- PEREIRA, M.C.A., CORDEIRO, S.C. & ARAÚJO, D.S. D. 2004. Estrutura estrato herbáceo na formação aberta de Clusia do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ, Brasil. *Acta. Bot. Bras.* 18(3):677-687. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062004000300025>
- PEREIRA, O.J. 2003. Restinga: origem, estrutura e diversidade. In *Desafios da botânica brasileira no novo milênio: inventário, sistematização e conservação da biodiversidade vegetal* (M.A.G. Jardim, M.N.C. Bastos & J.U.M. Santos, orgs.). Embrapa, Museu Paraense Emílio Goeldi, p.177-179.
- PEREIRA, O.J. & ASSIS, A.M. 2000. Florística da restinga de Camburi, Vitória, ES. *Acta Bot. Bras.* 14(1):99-111.
- PEREIRA, O.J. & GOMES, J.M.L. 1993. Levantamento florístico das comunidades vegetais de restinga no Município de Conceição da Barra, ES. In *III Simpósio de Ecossistemas da costa brasileira*. ACIESP, p.67-78.
- PEREIRA, O.J., THOMAZ, L.D. & ARAÚJO, D.S.D. 1992. Fitossociologia da vegetação de ante dunas da restinga de Setiba/Gurapari e em Interlagos/Vila Velha, ES. *Bol. Mus. Biol. Mello Leitão* 1:65-75.
- PINTO, G.C.P., BAUTISTA, H.P. & FERREIRA, J.A.C.A. 1984. A restinga do litoral nordeste do Estado da Bahia. In *Restingas: Origem, Estrutura, Processos* (L.D. Lacerda, D.S.D. Araújo, R. Cerqueira & B. Turcq, orgs.). CEUFF, Niterói, p.195-216.
- ROCHA, C.F.D., BERGALLO, H.G., ALVES, M.A.S. & SLUYS, M.V. 2003. A Biodiversidade nos Grandes remanescentes florestais do Estado do Rio de Janeiro e nas restingas da Mata Atlântica. Rima, São Carlos.
- SACRAMENTO, A.C., ZICKEL, C.S. & ALMEIRA JUNIOR, E.B. 2007. Aspectos florísticos da vegetação de restinga no litoral de Pernambuco. *Rev. Arvore* 31(6):1121-1130. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622007000600017>
- SAMPAIO, D. 2005. Restinga. In *Árvores da restinga: Guia de identificação* (D.Sampaio, V.C. Souza, A.A. Oliveira, J.Paula-Souza & R.R. Rodrigues). Neotrópica, São Paulo, p.25-30.
- SILVA, J.G. & SOMMNER, G.V. 1984. A vegetação de restinga na Barra de Maricá. In *Restingas: Origem, Estrutura, Processos* (L.D. Lacerda, D.S.D. Araújo, R. Cerqueira & B. Turcq, orgs.). CEUFF, Niterói, p.217-225.
- SILVA, R.M., MEHLIG, U., SANTOS, J.U.M. & MENEZES, M.P.M. 2010. The coastal *restinga* vegetation of Pará, Brazilian Amazon: a synthesis. *Rev. Brasil. Bot.* 33(4):563-573.
- SIMONELLI, M. & FRAGA, C.N. (Orgs.). 2007. Espécies da flora ameaçadas de extinção no estado do Espírito Santo. Ipema, Vitória.
- SMITH, A.R., PRYER, K.M., SCHUETTEL, E., KORALL, P., SCHNEIDER, H. & WOLF, P.G. 2006. A classification of extant ferns. *Taxon* 55 (3):705-731. <http://dx.doi.org/10.2307/25065646>
- SOARES, A.H.B. & ARAÚJO, A.F.B. 2008. Experimental introduction of *Liolaemus lutzae* (Squamata: Iguanidae) in Praia das Neves, State of Espírito Santo, Brazil: a descriptive study 18 years later. *Rev. Brasil. Zool.* 25(4):640-646.
- STEHMANN, J.R., FORZZA, R.C., SALINO, A., SOBRAL, M., COSTA, D.P. & KAMINO, L.H.Y. 2009. *Plantas da Floresta Atlântica*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- THIERS, B. 2013. *Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff*. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. <http://sweetgum.nybg.org/ih> (último acesso em 11/10/2012).
- THOMAZ, L. D. & MONTEIRO, R. 1993. Distribuição de espécies na comunidade halófila-psamófila ao longo do litoral do Estado do Espírito Santo. *Arq. Biol. Tecnol.* 36(2):375-399.

Recebido em 06/03/2013

Versão reformulada recebida em 31/07/2013

Publicado em 26/08/2013

Review and consideration on habitat use, distribution and life history of *Lycengraulis grossidens* (Agassiz, 1829) (Actinopterygii, Clupeiformes, Engraulididae)

Ana Cecilia Giacometti Mai^{1,2} & *João Paes Vieira*¹

¹Programa de Pós-graduação em Oceanografia Biológica, Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Av. Itália, Km 8, CEP 96203-900, Rio Grande, RS, Brazil

²Corresponding author: Ana Cecilia Giacometti Mai, e-mail: anacecilia_mai@yahoo.com.br

MAI, A.C.G. & VIEIRA, J.P. **Review and consideration on habitat use, distribution and life history of *Lycengraulis grossidens* (Agassiz, 1829) (Actinopterygii, Clupeiformes, Engraulididae)**. Biota Neotrop. 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?article+bn02713032013>

Abstract: In this paper, we present a summary of the current knowledge of *Lycengraulis grossidens*, a widely distributed coastal fish that occurs from Belize to Argentina. This species is abundant in estuaries along the Southwest Atlantic Coast and is important for recreational fishing, and as bycatch of shrimp fisheries. We compiled data available on taxonomy, phylogeny, ecology, fisheries and organized conceptually the life cycle of the species according to modern estuarine-use classification. Our review showed that along its geographic distribution and inside some particular environments (i.e., estuaries and costal lagoons) the species have been classified in a variety of ways in order to describe the remarkable complexity of habitat use that varies from freshwater resident, anadromous, marine migrant, estuarine resident, marine stragglers, catadromous to semi-catadromous. We conclude that *L. grossidens* is able to reproduce either in freshwater or estuarine water and postulate that it has a high plasticity in habitat use and life history, with migratory and resident contingents in the same local population. There seems to be a latitudinal change in migratory behavior of this species along the South America Coast, prevailing anadromous or semi-anadromous pattern at higher latitudes and marine migrants at the tropical northeast coast of Brazil.

Keywords: *contingents, estuarine resident, anadromous, catadromous, freshwater resident, review.*

MAI, A.C.G. & VIEIRA, J.P. **Revisão e considerações sobre o uso do habitat, distribuição e história de vida de *Lycengraulis grossidens* (Agassiz, 1829) (Actinopterygii, Clupeiformes, Engraulididae)**. Biota Neotrop. 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?article+bn02713032013>

Resumo: Neste trabalho é apresentada uma compilação do conhecimento atual de *Lycengraulis grossidens*, uma espécie de peixe amplamente distribuído pela costa oeste do Atlântico Sul, ocorrendo de Belize a Argentina. Esta espécie é abundante nos estuários e tem importância na pesca recreacional além de sofrer impacto da pesca do camarão. São revisados dados publicados sobre a taxonomia, filogenia, ecologia, pesca e ciclo de vida da espécie. Nossa revisão mostrou que, ao longo de sua distribuição, a espécie tem sido classificada de várias formas na tentativa de descrever seu uso do habitat, desde residentes de água doce, anádromos, marinhos migrantes, estuarinos residentes, catádro e semi-catádro. Conclui-se que a espécie é capaz de se reproduzir em água doce ou salgada, com uma alta plasticidade no uso do habitat e na sua história de vida, com componentes migrantes e residentes no mesmo local. Além disso, parece haver uma mudança no comportamento migratório da espécie em diferentes latitudes, mostrando um padrão anádromo ou semi-anádromo nas maiores latitudes e marinhos migrantes ao longo da costa tropical do Brasil.

Palavras-chave: *contingentes, estuarino residente, anádromo, catádro, residente de água doce, revisão.*

Introduction

Engraulidae are usually found in schools, and many species are important fisheries resources, playing a relevant role as primary consumers (Berra 2007). Currently, sixteen genera of Engraulidae are recognized (Froese & Pauly 2011). Anchovies are primarily marine fishes, but in South America there are 12+ species that occur in major tropical rivers (Berra 2007, Bloom & Lovejoy 2012).

Different from other western Atlantic anchovies, the genus *Lycengraulis* has canine-like teeth, i.e., sharp and conical teeth of different sizes which are distinct from other Engraulidae that have filiform teeth (Whitehead et al. 1988). Currently, the genus comprises four species, one restricted to the western coast of the Americas (*Lycengraulis poeyi* (Kner & Steindachner, 1865)), and three inhabiting the east coast of the Neotropical region (*Lycengraulis grossidens* (Agassiz, 1829), *Lycengraulis batesii* (Günther, 1868) and *Lycengraulis limnichthys* (Schultz, 1949)). *Lycengraulis batesii* occurs to the west of Central and South Atlantic Ocean (Orinoco River, Manacacias River, rivers of the Guianas, and Amazon River) (Whitehead et al. 1988) and *L. limnichthys* inhabits Cartagena Bay and Maracaibo Bay, Venezuela (Nizinski & Munroe 2002). *Lycengraulis grossidens* is recognized to be widely distributed in the coastal zone from Belize to Argentina, including freshwater populations (Whitehead et al. 1988).

Lycengraulis grossidens can be characterized by a combination of characters as following: body fairly elongate and compressed, varying in depth 3.85-4.4 times in standard length (Schultz 1949, Whitehead et al. 1988). Snout pointed, projecting, a notch in the upper jaw, mouth large, maxillary ending below middle of pre-operculum (Jordan & Seale 1926) (Figure 1). Dorsal fin origin sits at midway between end of the caudal vertebra and the posterior margin of the eye, its longest ray scarcely equal to the base of the fin, being equal to head posterior of eye; origin of anal fin under ninth dorsal ray. Head 4.5 times in standard length. Eye a third more than snout, which is 4.7 of head. Cycloid scales that detach easily for its body. It presents four gill arches and a pseudobranchia (Jordan & Seale 1926, Fuster de Plaza & Boschi 1961). Species can reach up to 300 mm in total length (Carvalho-Filho 1999). Number of vertebrae range from 42 to 48. Dorsal fin rays have 12-18, pectoral 13-17, ventral always have 7 and, anal range from 21-30. Number of gillrakers on upper anterior arch range from 11-20 and in lower 16-25 (Jordan & Seale 1926, Fuster de Plaza & Boschi 1961, Silva 2006). It has fusiform otolith, posterior margin lobed and anterior margin finished in notch, ventral margin dentate (Figure 2). Ventral height up to 3.15 and excisural notch up to 4.2 times the length of the otolith. Ventral height up to 1.75 times the length of the otolith. Rostrum and antirostrum present (Lemos et al. 1995). Comparison of the numeric characters reveals no sexual differences (Fuster de Plaza & Boschi 1961). Species can be distinguished for *Lycengraulis batesii* that possess less lower gillrakers (12 to 15), being the anterior 1 to 3 rudimentary in larger fish (Whitehead et al. 1988). *Lycengraulis limnichthys* has less vertebrates (39 to 42), and more lower gillrakers (19 to 23) (Whitehead et al. 1988, Nizinski & Munroe 2002).



Figure 1. *Lycengraulis grossidens*, photograph taken of a live specimen at Solis Grande, Uruguay.

Lycengraulis grossidens is among the 10 most abundant species in the larger La Plata River, Patos Lagoon and Paranaguá Bay Estuaries (Spach et al. 2004, Oliveira 2008, Barletta et al. 2010, Vieira et al. 2010), and has economic importance for artisanal fisheries in Argentina, Uruguay and southern Brazil (Fuster de Plaza & Boschi 1961, Castello 1985, Spinetti et al. 2002, Ramos 2005).

This review is important because it brings a comparative vision of habitat use through the latitudinal gradient of distribution of *L. grossidens*, raising new highlights on this context, and we focused our review and conclusions on habitat use and migration, since this is a controversial issue and crucial part of the life cycle of this species.

Material and Methods

More than a century of literature (since Evermann & Kendall 1906 to several authors at 2012) was extensively reviewed. Published papers used in this review were obtained from “Periódicos Capes” (<http://www.periodicos.capes.gov.br/>), Science direct (<http://www.sciencedirect.com/>) and Google Scholar (<http://scholar.google.com.br/>). We also included the Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations (<http://bdtd.ibict.br/>) and “Plataforma Lattes” (<http://lattes.cnpq.br/>) for grey literature (unpublished theses, dissertations and monographs in Brazil). In addition, we obtained complementary material, which was not available online, by contacting researchers using electronic correspondence. Searches were conducted using the keyword “*Lycengraulis*” and the aim was to obtain current data available regarding phylogeny, distribution, diet, fisheries, growth, reproduction, and migration movements of *Lycengraulis grossidens*.

Based on the records of occurrence from Fishbase (Froese & Pauly 2011) and from original publications, we constructed a distribution map using the program Diva-Gis (available in: <http://www.diva-gis.org/>). Whenever the data was available, latitudinal variations of species parameters were included. The meristic data are presented as follows: amplitude and the most often observed values in brackets.

In order to standardize the terms used for habitat use and migrations, we used the classification of estuarine-use functional groups proposed by Elliott et al. (2007) in addition to the freshwater component not observed in the original classification of Elliott et al. (2007).

Results

Our literature review were able to find a total of 93 published works on *L. grossidens* which was distributed into 64 papers, 15 books, 13 gray literature (thesis, dissertations, conference proceedings and, reports), and one website. Our survey period encompassed studies dated from 1906 to 2012. Most studies reviewed (43) are focused on studies related to ecology of fishes communities, 14

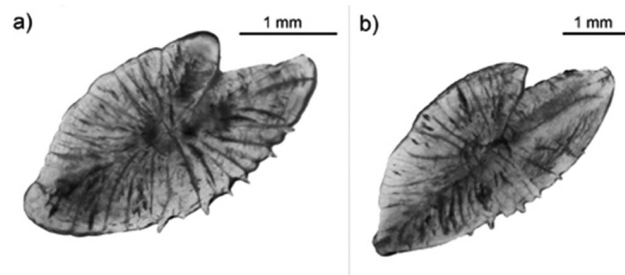


Figure 2. Photograph of sagitta otoliths of *Lycengraulis grossidens*, Iguape, SP: a) 129 mm total length (TL) individual and; b) 260 mm TL individual. Stereomicroscope Nikon SMZ 1500, with HR Plan Apo 1x WD54 lens coupled to digital camera Nikon Digits sight DS Fi1.

works deal specifically with the species of interest, 11 surveys were focused on by-catch of shrimp fisheries, and 25 surveys comprise others areas of knowledge.

1. Phylogenetic relationships

Grande & Nelson (1985) reviewed the entire family Engraulidae and divided into two clades: the first clade, the subfamily Coilinae, comprises six Indo-Pacific genera; and the second lineage, the subfamily Engraulinae comprises the Indo-Pacific marine genera *Encrasicholina* and *Stolephorus*, the worldwide, temperate-distributed genus *Engraulis*, and the so-called “New World anchovies” that include the genera *Anchoa*, *Anchoviella*, *Anchovia*, *Cetengraulis*, *Jurengraulis*, *Lycengraulis* and *Pterengraulis*. These authors believed that taxonomic arrangement of the freshwater South American species were the result of multiple independent transitions from a marine environment.

The currently recognized molecular phylogenetics arrangement of New World anchovies suggest that fresh water South America species are the product of a single evolutionary transition from a marine to freshwater environment (Bloom & Lovejoy 2012). Thus, *L. grossidens* derived from freshwater lineages, where *Jurengraulis juruensis* was the basal lineages, the topology is fully resolved as follows: (*Jurengraulis*, (*Amazonsprattus*, (*Anchoviella*, (*Pterengraulis*, (*Lycengraulis batesii*, (*L. poeyi*, *L. grossidens*)))) (Bloom & Lovejoy 2012).

2. Ecology

2.1. Species distribution

In freshwater and estuarine environments, the species have been recorded in Bela Vista (Prov. de Corrientes, AR), Rosário (Prov. de Santa Fé, AR), Negro River, Mar Chiquita and Buenos Aires (Prov. Buenos Aires, AR), Paraná River (until Itaipu Dam, AR), Uruguay River, Patos Lagoon, Peixe Lagoon, Tramandai Lagoon (Rio Grande do Sul state, BR), Babitonga Bay (Santa Catarina state, BR), Paranaguá (Paraná state, BR), Iguape, Imbituba (São Paulo state, BR), Imboassica Lagoon (Rio de Janeiro state, BR), Vitória Bay, Doce River (Espírito Santo state, BR), Parnaíba River (Piauí state, BR), Negro River (Amazonas state, BR) and Orinoco and Maracaibo Rivers (Venezuela) (Evermann & Kendall 1906, Hildebrand 1943, Menezes 1950, Fuster de Plaza & Boschi 1961, Vieira et al. 1996, Benedito-Cecilio et al. 1997, Saint-Paul et al. 2000, Saad et al. 2002, Joyeux et al. 2004, Cervigón 2005, Ramos 2005, Bortoluzzi et al. 2006, Burns et al. 2006, Queiroz et al. 2006, Loebmann et al. 2008, Sánchez-Botero et al. 2008, Costa & Souza-Conceição 2009) (Figure 3).

In saltwater, the species have been recorded in Mar de Ajó, Mar del Plata, Necochea, Orense, Quequé Salado, Monte Hermoso, Bahía Blanca, and Carmem de Patagones, Argentina; Montevideo, Uruguay; Rio Grande (Rio Grande do Sul state; BR), Caravelas (Bahia state), Tamandaré, Itamaracá, Itapissuma (Pernambuco state), Cajueiro da Praia (Piauí state), Brazil; Guiana; French Guiana; Trinidad and Tobago; Venezuela; Colombia; Suriname and Belize (Schultz 1949, Fuster de Plaza & Boschi 1961, Valdez & Aguilera 1987, Whitehead et al. 1988, Albuquerque 1994, Santos et al. 1998, Kullender & Ferraris 2003, Cervigón 2005, Guedes et al. 2005, Silva 2006, Lira & Teixeira 2008, Santos et al. 2008, Mai et al. 2012) (Figure 3).

2.2. Population Structure

Based on morphological and meristic characteristics, the distribution of the species was divided into four distinct populations

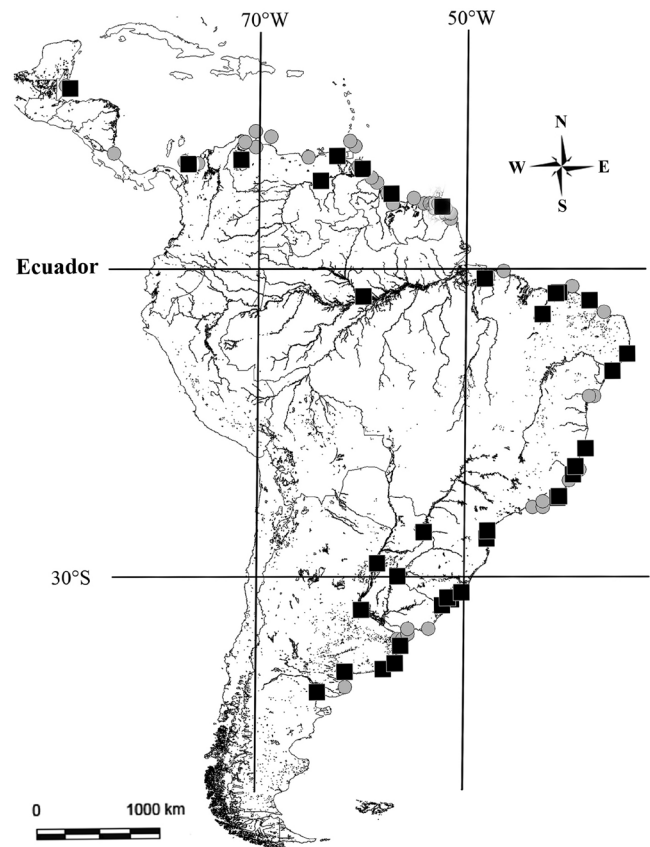


Figure 3. Distribution records of *Lycengraulis grossidens* plotted on a hydrographic map of Central and South America. Black squares showing locations of occurrence described in the literature reviewed, and gray circles are data available in Fishbase (Froese & Pauly 2011).

along the Brazilian Coast (Silva 2006): one from Pará, another from Ceará to Espírito Santo, the third between Rio de Janeiro and São Paulo, and the last one extended between the states of Santa Catarina and Rio Grande do Sul. Silva (2006) reports that the number of gillrakers was the meristic character that showed the clearest pattern of longitudinal variation, with values increasing with increasing latitude.

3. Fisheries

Fisheries of *L. grossidens* have been recorded in Argentina and Uruguay (Fuster de Plaza & Boschi 1961, Spinetti et al. 2002, Baigún et al. 2003). At Maldonado (Uruguay), they are commercialized frozen and used as bait for recreational rod fishing (personal observation). Captures in the estuarine region of the Patos Lagoon by artisanal fishery, between 1974-1979, reached almost 9 ton/year (Castello 1985). Marques (1997) estimated that *L. grossidens* is bycatch of the shrimp fishery at the Patos Lagoon Estuary might have reached almost 30 ton/year. The species is also a component of the artisanal fisheries of the Casamento Lagoon, in the Patos Lagoon system, Rio Grande do Sul state - RS (Milani & Fontoura 2007). Rod, hook and line recreational fishing of this species is an important vocational tourist attraction in the estuarine area of the Tramandai River, RS, Brazil, totalizing almost 1 ton/year (Ramos 2005).

Along the Brazilian Coast, the species has been recorded as bycatch of shrimp fishery in the south (Haimovici & Mendonça 1996, Vieira et al. 1996, Bail & Branco 2003, Branco & Verani

2006, Loebmann & Vieira 2006, Vianna & D’Incao 2006, Dumont & D’Incao 2011), and in the northeast (Albuquerque 1994, Santos et al. 1998, Santos et al. 2008).

4. Life history

4.1. Reproductive aspects

Lycengraulis grossidens is a split spawning species (Oliveira 2008) and has mean fecundity of 3,752 oocytes (minimum: 2,371, maximum: 6,847) (Oliveira 1997). The species spawns at austral spring and summer (Table 1). Reproductive activity was reported in freshwater (Paraná River, AR), approximately 800 km from the sea, and also in Uruguay River, BR, about 550 km from the sea (Mastrarrigo 1947, Fuster de Plaza & Boschi 1961, Oliveira 1997, Lepkoski et al. 2005). Reproductive activity was reported also in estuarine conditions in coastal lagoons and estuaries of southern Brazil (Ramos 2005, Oliveira 2008) (Table 1).

Information on length at first maturity was achieved only in the southern part of its distribution (below 30 °S), and revealed that sexual maturity occurs between 80 and 133 mm TL (Mastrarrigo 1947, Fuster de Plaza & Boschi 1961, Oliveira 1997, Ramos 2005) (details in Table 1).

4.2. Development and Growth

The eggs of *L. grossidens* are planktonic with an ovoid shape (eccentricity from 1.25 to 1.5), transparent, without oil drop, with vitellum divided between the alveoli and small perivitelline space (Weiss & Krug 1977). Egg diameter ranges from 1.026 to 1.215 µm along the major axis, and from 756 to 945 µm along the minor axis, and egg volume ranges from 0.338 to 0.568 mm³ (Weiss et al. 1976).

The newly hatched larva measures approximately 3 mm of total length (TL), is transparent and without any pigmentation, the vitellum has a granular aspect and the yolk-sack is oval-shaped, extending from the inferior part of the head to the middle of the body (Weiss & Krug 1977). The juvenile, at 40 mm TL, contains adult characteristics and growth changes from allometric to isometric. At this phase in the development, the body proportions, fin disposition, and rays are already definitive, the digestive system is complete, and the first scales are developed (Weiss & Krug 1977). The development time from egg to juvenile is not yet known.

Castello & Krug (1978) inferred the age of *L. grossidens* from the Patos Lagoon Estuary (Brazil) based on the reading of *sagitta*

otolith rings. They suggest that individuals from 70-100 mm total length (TL) are one year old, 100-130 mm TL are two years old, and they analyzed only one individual measuring 210 mm TL, suggesting an age of three years. Goulart et al. (2007), using scales to infer ages of *L. grossidens* collected from the Uruguay River, assumed that individuals from 100 to 140 mm TL have one ring per year of age and they found individuals of up to three years old.

Goulart et al. (2007) proposed the von Bertalanffy growth function for each year of their study, were: for female length: $LT = 26(1 - e^{0.266(t - (-2.19))})$ and $LT = 26(1 - e^{0.59(t - (-0.12))})$; and for male length: $LT = 26(1 - e^{0.12(t - (-0.69))})$ and $LT = 26(1 - e^{0.42(t - (-0.69))})$.

4.3. Diet and feeding strategies

Lycengraulis grossidens presents a generalist feeding strategy (Ramos 2005) feeding mainly on Insecta, Crustacea, Mollusca, Polychaeta and, Osteichthyes (Froese & Pauly 2011). Although juveniles feed on invertebrates, feeding mainly on zooplankton, when they reaches approximately 140 mm, adults undergo a change in diet and become ichthyophagous (Ramos 2005, Oliveira 2008, details in Table 2).

5. Functional groups and habitat use

Lycengraulis grossidens inhabits marine, estuarine or freshwater environments (Whitehead et al. 1988, Barletta et al. 2010). Except for “freshwater species”, several classifications of functional groups related to estuarine use have been proposed: anadromous, marine migrant, estuarine resident, marine stragglers, catadromous and semi-catadromous, and were standardized according to Elliott et al. (2007) in Table 3.

Studies performed in La Plata River (AR) and its tributaries classified *L. grossidens* as anadromous, reporting that the species, during the autumn and early winter, penetrates the “Río de la Plata” and other rivers of the La Plata basin to spawn in fresh water (Paraná River) in September and October, returning to the marine environment in November and December (Mastrarrigo 1947, Fuster de Plaza & Boschi 1961).

The presence of a large number of eggs and larvae and the absence of newly fertilized eggs in the estuarine region near Patos Lagoon, southern Brazil, led Weiss & Krug (1977) and Weiss (1981) to misleadingly hypothesize that *L. grossidens* spawn in coastal waters and behave as catadromous. Later, Ramos (2005), based on the abundance of juveniles and adults from bottom trawl and beach

Table 1. Reproductive aspects of *Lycengraulis grossidens*. L50 is the length where 50% of individuals were mature. References: 1 Oliveira (2008), 2 Oliveira (1997), 3 Ramos (2005), 4 Weiss (1981), 5 Mastrarrigo (1947), 6 Fuster de Plaza & Boschi (1961), and, 7 Lepkoski et al. (2005). – data not reported and * average length at which the peak of the first reproductive cycle is reached (Bervian & Fontoura 1994).

Localities	Reproductive peaks	Spawning site	L50 (total length)	Ref.
Paranaguá Bay, Paraná, Brazil	Spring	Spawning in estuaries	-	1
Itapeva and Quadros Lagoons, Rio Grande do Sul (RS), Brazil	October to January, with peak in December	Spawning in fresh water	80 mm*	2
Patos Lagoon, RS, Brazil	September to January, spawning is related to the increase in water temperature	Spawning in estuaries	112 mm to female and 133 mm to male	3
Patos Lagoon, RS, Brazil	-	Spawning in marine, salt water	-	4
Paraná River, Argentina	October to November, when the water reaches temperatures above 21°C	-	120 mm	5
Parana River, Argentina	October to November, when the water reaches temperatures between 20-24°C	Spawning in small streams, fresh water.	120 mm	6
Uruguay River, RS, Brazil	October to December, with peak in October	Spawning in fresh water	-	7

Table 2. Diet of *Lycengraulis grossidens* based on data available in the literature. N values represent the number of individuals analyzed in each study. References: 1 Lopes (1998), 2 Eskinazi (1972), 3 Lopes & Resende (2000), 4 Oliveira (1997), 5 Ramos (2005), 6 Mastrarrigo (1947), 7 Bortoluzzi et al. (2006) and, 8 Fuster de Plaza & Boschi (1961). – data not reported.

Localities	N	Empty	Diet / Items	Ref.
Itamaracá Island, Pernambuco (PE), Brazil	138	10.9%	Crustacea Peracarida Amphipoda, Isopoda and Tanaidacea; Decapoda Dendrobranchiata, and Pleocyamata Brachyura; Annelida Polychaeta, and Osteichthyes. Organic material and plants were considered incidental.	1
Canal de Santa Cruz, PE, Brazil	-	-	The most common Osteichthyes Gerreidae <i>Eucinostomus</i> , and Crustacea Decapoda <i>Penaeus</i> .	2
Itaparica Island, Bahia, Brazil	39	5.1%	Crustacea Peracarida Amphipoda; Decapoda Dendrobranchiata, and Pleocyamata Brachyura; and Osteichthyes. Organic material and plants were considered incidental.	3
Itapeva and Quadros Lagoons, Rio Grande do Sul (RS), Brazil	150	-	Crustacea Copepoda, Cladocera, Amphipoda, Palaemonidae, Isopoda; Teleostei; Diptera; Arachnida; Annelida; and seed.	4
Tramandaí River, RS, Brazil	1250	75.8%	Generalist / Algae; Nematoda; Annelida Polychaeta; Mollusca Gastropoda, and Bivalvia; Insecta; Crustacea Copepoda Calanoida, Cirripedia Cladocera, Amphipoda, Mysidacea, Decapoda Anomura, Brachyura, and Macrura, Cumacea; Osteichthys Mugilidae <i>Mugil</i> sp; and vegetables fragments.	5
Paraná, Uruguay and La Plata River	-	-	Osteichthyes, Crustacea Palaemonidae and Insecta.	6
Uruguay River, Rio Grande do Sul, Brazil	589	52%	Ichthyophagous / Insecta Coleoptera, Hymenoptera Formicidae, Odonata Coenagrionidae, Trichoptera Hydropsychidae, Diptera Chironomidae, Lepidoptera; Crustacea Cladocera Sididae, Calanoida Diaptomidae Notodiaptomus; Osteichthyes Characidae <i>Astyanax bimaculatus</i> , <i>A. fasciatus</i> , <i>Apareiodon affinis</i> , <i>Characidium pterostictum</i> , <i>Salminus brasiliensis</i> , <i>Oligosarcus brevioris</i> , <i>Odontostilbe pequirá</i> , <i>Bryconamericus stramineus</i> , Curimatidae <i>Cyphocharax voga</i> , Engraulididae <i>Lycengraulis grossidens</i> ; sand, plants, seeds, eggs, gravels and, others invertebrates.	7
Bela Vista; Rosário; Mar del plata; Isla Trindade, Bahia Blanca; San Blas; Carmen de Patagones, río Negro, Argentine	700	60%	Carnivorous / Freshwater: Crustacea <i>Palaemonetes argentinus</i> , Pseudodiaptomus, Acantocyclops, Notodiaptomus, Isopodos, etc; Insecta Ephemeroptera, and Diptera; Osteichthyes Characidae <i>Astyanax</i> sp, Clupeidae <i>Ramnogaster arcuata</i> , Pimelodidae <i>Luciopimelodus</i> sp, Atherinopsidae <i>Odontesthes bonariensis</i> . Salt water: Crustacea Brachyura, Copepode; Osteichthyes Clupeidae <i>R. arcuata</i> , and Engraulididae <i>Anchoa marinii</i> .	8

seine data in the Patos Lagoon and adjacent coastal areas classified *L. grossidens* as semi-catadromous *sensu* Elliott et al. (2007).

The classification of *L. grossidens* as catadromous or semi-catadromous, by Weiss & Krug (1977), Weiss (1981) and Ramos (2005) at Patos Lagoon Estuary may be due to errors in the interpretation of the species abundance in the lagoon and the adjacent coastal area. Considering the information provided by Weiss (1981), where it is reported that: (i) the highest frequencies of eggs are recorded within the estuary at high salinities and, (ii) that the greatest abundance of eggs occur in waters of low salinity (<5), and (iii) that eggs were not captured in the channel of the estuary, it would be more parsimonious to think that the spawning of *L. grossidens* occurs in low salinity environments, where the highest abundances were recorded, and after that the eggs were washed to the sea, which would explain their increased frequency, but no increasing in abundance in waters of higher salinities. This interpretation is corroborated by the data provided by Sinque & Muelbert (1998) who found that the greatest abundance of eggs of *L. grossidens* occurs on the surface of low salinity water that flows to the ocean, even with salty water intruding below.

Other authors studying the Patos Lagoon system classified the species as estuarine resident (Vieira et al. 2010), marine migrant, sub-category marine estuarine dependent *sensu* Elliott et al. (2007) (Chao et al. 1985, Garcia et al. 2003) or even freshwater resident in

the limnic portion of the Patos Lagoon (Viamão), about 280 km from the sea (Lucena et al. 1994).

If we combine the data provided by Lucena et al. (1994) and information at the adjacent marine coast of Patos Lagoon (Cunha 1981), with the data analyzed by Ramos (2005) it is possible also to visualize an anadromous or semi-anadromous classification for *L. grossidens* in the Patos Lagoon. The species is absent in the sea during the winter (Cunha 1981), but occurs in the estuary and limnic portion of the Patos Lagoon (Ramos 2005). Adults are caught during the spring, both in the limnic and estuarine regions, which corresponds to the spawning period (September-January) (Ramos 2005).

The fact that the individual larger than the size of first maturation occurs year round in some parts of the La Plata River, the Patos Lagoon and Paranaguá Estuaries (Fuster de Plaza & Boschi, 1961, Lucena et al. 1994, Oliveira 2008, Vieira et al. 2010) could be attributable to part of the population that does not migrate. This would add a new hypothesis to the migratory behavior of the species: the existence of partial or facultative migration, where only part of the population adopts this migratory behavior as recently reported for other migratory species (Chapman et al. 2012).

5.1. Marine populations

There are records of *L. grossidens* fisheries between December and May along the Argentinean Coast (Fuster de Plaza & Boschi 1961). Along the coast of Uruguay, the species is abundant in marine

Table 3. Description of habitat use for *Lycengraulis grossidens* throughout its distribution according to the literature. The last column is a standardization of classification of estuarine-use functional groups following Elliott et al. (2007). References: 1 Krumme et al. (2004), 2 Vasconcelos-Filho & Oliveira (1999), 3 Reis-Filho et al. (2010), 4 Sánchez-Botero et al. (2008), 5 Vilar et al. (2011), 6 Costa & Souza-Conceição (2009), 7 Ramos (2005), 8 Lepkoski et al. (2005), 9 Chao et al. (1985), 10 Garcia et al. (2003), 11 Vieira et al. (2010), 12 Weiss et al. (1976), 13 Weiss (1981), 14 Mastrarrigo (1947) and, 15 Fuster de Plaza & Boschi, (1961). LAT/LONG = latitude/longitude.

Localities	LAT/LONG	Classification of habitat use proposed in the literature	Ref.	Standardization of classification of habitat use
Caeté Estuary, Brazil	0°/6° W	Marine migrant: utilize the estuary both as adults and juveniles, but spawn in the sea.	1	Marine migrant (MM)
Itamaracá, Brazil	7° S/34° W	Marine dependent: species found in estuary environment from juvenile to adult.	2	MM sub-category Marine estuarine dependent
Paraguaçu River Estuary, Brazil	12° S/38° W	Marine stragglers based on Elliott et al. (2007)	3	Marine straggler
Cabiúnas Lagoon, Brazil	22° S/41° W	Marine dependent: species spawn in the sea and use the coastal lagoons as a nursery for larvae and juveniles, or for adult permanence for long periods.	4	MM
Babitonga Bay, Brazil	26° S/48° W	Marine migrant: without explanation	5	MM
Babitonga Bay, Brazil	26° S/48° W	Estuarine resident: without explanation	6	Estuarine specie sub-category E. resident
Patos Lagoon and Tramandaí Estuaries, RS, Brazil	29° S/49° W and 32° S/52° W	Estuarine-catadromous: species born in the estuary, migrate to fresh water to grow and return to the estuary to breed.	7	Semi-catadromous
Uruguai River, Brazil	30° S/57° W	Freshwater species. This category is not in Elliott et al. (2007)	8	-
Patos Lagoon Estuary, RS, Brazil	32° S/52° W	Estuarine dependent marine fishes: those marine coastal spawners that utilize the estuarine environment as a post larval and juvenile nursery during the first years of their life cycles.	9	MM sub-category Marine estuarine dependent
Patos Lagoon Estuary, RS, Brazil	32° S/52° W	Estuarine dependent: marine or freshwater spawning species found predictably in large numbers in estuaries during certain periods of their life-cycle.	10	MM sub-category Marine estuarine dependent
Patos Lagoon Estuary, RS, Brazil	32° S/52° W	Estuarine resident: the species is found in the estuary year-round, either as juvenile or adult.	11	Estuarine species sub-category E. resident
Patos Lagoon Estuary, RS, Brazil	32° S/52° W	Catadromous: eggs found in the estuary and the absence of eggs in the early stages of development lead the author to believe that the species spawns on the coast.	12-13	Catadromous
Paraná and Prata Rivers, Argentina	34° S/58° W	Anadromous: Individuals migrate from estuary or adjacent marine region and spawn in Uruguay or Paraná Rivers, returning to the marine environment.	14-15	Anadromous

beach seine samples (Retta et al. 2006). In southern Brazil (Cassino Beach, RS), juveniles and larvae of the species are regularly found from September to May, being more abundant during the summer (Cunha 1981, Busoli & Muelbert 2003). The continuous record of *L. grossidens* as bycatch of shrimp fisheries in Rio Grande do Sul, Santa Catarina and São Paulo States certifies the presence of this species in the coastal zone of southern Brazil (see “Fishery” item). Although the species is frequently caught as adults in the coastal zone, there is no record of spawning in the marine environment, suggesting that the species use the marine habitat as a temporary or transitory environment. In the northeast of Brazil (Jaguaribe Beach, state of Pernambuco - PE), adults of *L. grossidens* are abundant in the coastal zone for most of the year, but absent in July, August and September (Santana & Severi 2009).

5.2. Estuarine Populations

At La Plata River (AR), *L. grossidens* is frequent and abundant in the riverine portion of the estuary, near the estuarine area

(García et al. 2010). In the Patos Lagoon Estuary, the species occurs throughout the year (Buckup 1984, Chao et al. 1985, Ramos 2005, Vieira et al. 2010), and was among the ten most abundant species of shallow waters (Vieira et al. 2010), bottom trawl (Vieira 2006) and dominated the pelagic assemblage (Vieira & Castello 1997). At Patos Lagoon Estuary salinity appears to segregate different age cohorts of *L. grossidens*, with larvae preferring oligohaline waters for their development (Castello & Krug 1978), besides which the relative abundance of juveniles is higher in El Niño than La Niña years (Garcia et al. 2001).

In the Paranaguá Estuary (state of Paraná, Brazil) the species also occurs throughout the year (Oliveira 2008) and is the fifth most abundant species in beach seine catches (Spach et al. 2004). *Lycengraulis grossidens* was the seventh most abundant species in the Saco da Fazenda's Estuary (Itajaí – state of Santa Catarina, Brazil) (Barreiros et al. 2009). In Caeté Estuary (state of Pará, Brazil), the species has been recorded as the fourth and sixth most abundant in

number of larvae and adults, respectively (Barletta-Bergan et al. 2002, Krumme et al. 2004).

5.3. Freshwater Populations

Whilst there are some authors that pointed out that *L. grossidens* is able to migrate throughout the fishway systems in Salto Grande and Yacyreta reservoirs (Espinach Ros & Parodi 1997, Oldani et al. 2001, 2007), one landlocked population is described in the Uruguay River at more than 550 km from the sea, up to Salto Grande dam, where the species is captured year-round and has been able to reproduce (Lepkoski et al. 2005, Teixeira de Mello et al. 2011). There are also records of *L. grossidens* at least 1,500 km upstream the Paraná River, up to the Yacyreta dam (Benedito-Cecilio et al. 1997) and in the Amazonas River more than 1,300 km from the sea (Saint-Paul et al. 2000). Oliveira (1997) reported reproductive activity of the species in the Fortaleza Lagoon, RS, Brazil, which, during the study period, was fresh water and were isolated from the sea by a barrier. Reinforcing the idea that the species may remain in freshwater, *L. grossidens* has been reported year round at more than 300 km from the sea in the limnic portion of the Patos Lagoon (Lucena et al. 1994) and also in the Mirim Lagoon, RS, Brazil (Burns et al. 2006, Moura et al. 2012).

Final Conclusions and Future Research Directions

It is possible to identify some controversial information in the literature regarding habitat use, i.e. at least seven distinct classifications (marine migrant, marine stragglers, estuarine resident species, semi-catadromous, catadromous, anadromous and also freshwater habitant) have been proposed so far, and apparently *L. grossidens* has differences in its pattern of habitat use throughout its distribution, as suggested in the literature (see Table 3).

The patterns of habitat use seem to support a clinal use of the estuarine environment by *L. grossidens*. In lower latitudes *L. grossidens* has usually been described as marine migrant or marine straggler (Vasconcelos-Filho & Oliveira 1999, Krumme et al. 2004, Sánchez-Botero et al. 2008, Reis-Filho et al. 2010, Vilar et al. 2011), although spawning activities were never reported for lower or higher latitudes in the marine environment. In contrast, the species shows the proven ability to reproduce in both fresh water (Fuster de Plaza & Boschi 1961, Oliveira 1997, Lepkoski et al. 2005) and estuarine environments (Ramos 2005, Oliveira 2008). In higher latitudes, in Argentina, Uruguay and southern Brazil, the species seems to have a component with an anadromous or semi-anadromous behavior, i.e., some individuals spawn in fresh water or estuaries, migrating from marine or estuarine environment. Although other individuals of the same population seems to be resident in estuarine waters or even in fresh water (Fuster de Plaza & Boschi 1961, Lucena et al. 1994, Burns et al. 2006, Vieira et al. 2010). Thus, due to the number of possible patterns, the most parsimonious hypothesis is that this species has high plasticity in its habitat use for reproduction and that the species may be partial or facultative diadromous. Such intraspecific variation in migratory behavior is well known in different fish species and appears to be the rule rather than the exception (McDowall 2007, Chapman et al. 2012).

Although temperature could be considered as a factor to explain this latitudinal behavior, the magnitude of the estuarine systems along the western Atlantic Coast is also a good argument to explain the estuarine use. From the Amazon River (the largest river discharge in the world) to the south there are no significant freshwater discharges throughout the northeast and southeast Brazilian Coast. The freshwater influence starts to be important once more at Patos Lagoon and La Plata estuarine systems. The lack of saltwater spawning records and the increasing of estuarine related contingents

at south of the distribution, in addition to the well know reported landlocked freshwater population suggest that *L. grossidens* has a freshwater origin.

Despite of large advances have been achieved with the molecular phylogenetics studies, and the publications of tools for application in population genetics as primers to microsatellite amplification (Lavoué et al. 2010, Bloom & Lovejoy 2012, Mai et al. 2013), population genetic studies are needed in order to know the degree of connectivity and gene flow between populations, as evidenced by the morphological investigations carried out along the Brazilian Coast by Silva (2006).

Acknowledgments

We thank Alexandre M Garcia, Daniel Loebmann, José H Muelbert, Luis F Marins and Lumi Haraguchi for comments on a first draft of the manuscript. ACGM is supported by a doctoral fellowship (Grant no. 140740/2010-4) from the Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq). We thank the Brazilian Long Term Ecological Research (LTER or PELD) and SISBIOTA (CNPq and FAPERGS) for financial support.

References

- ALBUQUERQUE, P.G.A. 1994. Recursos potenciais de peixes da fauna acompanhante a pesca de camarões da foz do rio São Francisco, Litoral Norte, Piaçabuçu, AL. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- BAIGÚN, C.R.M., SVERLIJ, S.B. & LÓPEZ, H.L. 2003. Recursos pesqueros y pesquerías del río de La Plata interior y medio (margen Argentina). Freplata PNUD/GEF/RLA799/G31. www.freplata.org/documentos (último acesso em 26/05/2012).
- BAIL, G.C. & BRANCO, J.O. 2003. Ocorrência, abundância e diversidade da ictiofauna na pesca do camarão sete-barbas, na região de Penha, SC. Notas Técn. Facimar 7:73-82.
- BARLETTA-BERGAN, A., BARLETTA, M. & SAINT-PAUL, U. 2002. Structure and seasonal dynamics of larval fish in the Caeté River Estuary in North Brazil. *Estuar. Coast. Shelf S.* 54:193-206. <http://dx.doi.org/10.1006/ecss.2001.0842>
- BARLETTA, M., JAUREGUIZAR, A.J., BAIGUN, C., FONTOURA, N.F., AGOSTINHO, A.A., ALMEIDA-VAL, V.M.F., VAL, A.L., TORRES, R.A., JIMENES-SEGURA, L.F., GIARRIZZO, T., FABRÉ, N.N., BATISTA, V.S., LASSO, C., TAPHORN, D.C., COSTA, M.F., CHAVES, P.T., VIEIRA, J.P. & CORRÊA, M.F.M. 2010. Fish and aquatic habitat conservation in South America: a continental overview with emphasis on neotropical systems. *J. Fish Biol.* 76:2118-2176. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8649.2010.02684.x>
- BARREIROS, J.P., BRANCO, J.O., FREITAS-JUNIOR, F.L. MACHADO, HOSTIM-SILVA, M. & VERANI, J.R. 2009. Space-time distribution of the ichthyofauna from saco da fazenda Estuary, Itajaí, Santa Catarina, Brazil. *J. Coast. Res.* 255:1114-1121. <http://dx.doi.org/10.2112/08-1050.1>
- BENEDITO-CECILIO, E., AGOSTINHO, A.A., JULIO, H.F. & PAVANELLI, C.S. 1997. Length-weight relationship of fishes caught in the Itaipu reservoir. *Rev. Bras. Zool.* 14(1):1-14.
- BERRA, T.M. 2007. Freshwater fish distribution. University of Chicago Press, Chicago. <http://dx.doi.org/10.7208/chicago/9780226044439.001.0001>
- BERVIAN, G. & FONTOURA, N.F. 1994. Dinâmica populacional da ictiofauna da lagoa Fortaleza, Cidreira, RS. III. *Corydoras paleotus* (Jenyns, 1842) (Teleostei, Callichthyidae). *Biociencias* 2:15-23.
- BLOOM, D.D. & LOVEJOY, N.R. 2012. Molecular phylogenetics reveals a pattern of biome conservatism in New World anchovies (family Engraulidae). *J. Evol. Biol.* 25:701-715. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1420-9101.2012.02464.x>

- BORTOLUZZI T., ASCHENBRENNER, A.C., SILVEIRA, C.R., ROOS, D.C., LEPKOSKI, E.D., MARTINS, J.A., GOULART, M.G., QUEROL, E. & QUEROL, M.V. 2006. Hábito alimentar da sardinha prata, *Lycengraulis grossidens* (Spix and Agassiz, 1829), (Pisces, Engraulidae), Rio Uruguai médio, sudoeste do Rio Grande do Sul, Brasil. *Biodivers. Pampeana* 4:11-23.
- BRANCO, J.O. & VERANI, J.R. 2006. Análise quali-quantitativa da ictiofauna acompanhante na pesca do camarão sete-barbas, na Armação do Itapocoroy, Penha, Santa Catarina. *Rev. Bras. Zool.* 23(2):381-391. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752006000200011>
- BUCKUP, P.A. 1984. Distribuição e abundância de Engraulídeos (Osteichthyes, Clupeiformes) na região estuarial da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande.
- BURNS, M.D.M., GARCIA, A.M., VIEIRA, J.P., BEMVENUTI, M.A., MARQUES, D.M.L. & CONDINI, M.V. 2006. Evidence of habitat fragmentation affecting fish movement between the Patos and Mirim coastal lagoons in southern Brazil. *Neotrop. Ichthyol.* 4(1):69-72. <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252006000100006>
- BUSOLI, R.O. & MUELBERT, J.H. 2003. Environmental factors and ichthyoplankton dynamics in the surf zone of Cassino sandy beach (32°10'S, 52°20'W). *J. Coast. Res.* 35:463-471.
- CARVALHO-FILHO, A. 1999. Peixes: costa brasileira. Editora Melro, São Paulo.
- CASTELLO, J.P. & KRUG, L.C. 1978. Distribution, growth and spawning groups of the manjuba (*Lycengraulis grossidens*) in the estuary of the Lagoa dos Patos, Rio Grande do Sul, Brazil. *Atlântica* 3:33-46.
- CASTELLO, J.P. 1985. The ecology of consumers from dos Patos Lagoon estuary, Brazil. In *Fish Community Ecology in Estuaries and Coastal Lagoons: Towards an Ecosystem Integration* (A. Yanez-Arancibia, ed.). DR(R) UNAM Press, Mexico, p.383-406.
- CERVIGÓN, F. 2005. La ictiofauna marina de Venezuela: una aproximación ecológica. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 44(1):3-28.
- CHAO, L.H., PEREIRA, L.E. & VIEIRA, J.P. 1985. Estuarine fish community of the dos Patos Lagoon, Brazil. A baseline study. In *Fish Community Ecology in Estuaries and Coastal Lagoons: Towards an Ecosystem Integration* (A. Yanez-Arancibia, ed.). DR(R) UNAM Press, Mexico, p.429-450.
- CHAPMAN, B.B., SKOV, C., HULTHÉN, K., BRODERSEN, J., NILSSON, P.A., HANSSON, L.A. & BRÖNMARK, C. 2012. Partial migration in fishes: definitions, methodologies and taxonomic distribution. *J. Fish Biol.* 81(2):479-499. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8649.2012.03349.x>
- COSTA, M.D.P. & SOUZA-CONCEIÇÃO, J.M. 2009. Composição e abundância de ovos e larvas de peixes na baía da Babitonga, Santa Catarina, Brasil. *PanamJAS* 4(3):372-382.
- CUNHA, L.P.R. 1981. Variação sazonal da distribuição, abundancia e diversidade dos peixes na zona de arrebentação da praia do Cassino, R. S. - Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- DUMONT, L.F.C. & D'INCAO, F. 2011. By-catch analysis of Argentinean prawn *Artemesia longinaris* (Decapoda: Penaeidae) in surrounding area of Patos Lagoon, southern Brazil: effects of different rainfall. *JMBA* 91(5):1059-1072.
- ELLIOTT, M., WHITFIELD, A.K., POTTER, I.C., BLABER, S.J.M., CYRUS, D.P., NORDLIE, F.G. & HARRISON, T.D. 2007. The guild approach to categorizing estuarine fish assemblages: a global review. *Fish Fish.* 8:241-268. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-2679.2007.00253.x>
- ESKINAZI, A.M. 1972. Peixes do Canal de Santa Cruz, Pernambuco, Brasil. *Trab. Ocean. UFPE* 13:283-302.
- ESPINACH ROS, A. & PARODI, C.R. 1997. Conservación de la fauna ictica en el embalse de Salto Grande. Publicacion de la comision administradora del Rio Uruguay y la comision tecnica mixta de Salto Grande, Montevideo.
- EVERMANN, B.W. & KENDALL, W.C. 1906. Notes on a collection of fishes from Argentina, South America, with descriptions of three new species. *Proc. US Nat. Mus.* 31:67-108. <http://dx.doi.org/10.5479/si.00963801.31-1482.67>
- FROESE, R. & PAULY, D. 2011. FishBase. www.fishbase.org.
- FUSTER DE PLAZA, M.L. & BOSCHI, E.E. 1961. Areas de migracion y ecologia de la anchoa *Lycengraulis olidus* (Günther) en las aguas argentinas (Pisces, fam. Engraulidae). *Fac. Cien. Exactas Naturales* 1(3):127-183.
- GARCIA, A.M., VIEIRA, J.P. & WINEMILLER, K.O. 2001. Dynamics of the shallow-water fish assemblage of the Patos Lagoon estuary (Brazil) during cold and warm ENSO episodes. *J. Fish Biol.* 59:1218-1238. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8649.2001.tb00187.x>
- GARCIA, A.M., VIEIRA, J.P. & WINEMILLER, K.O. 2003. Effects of 1997–1998 El Niño on the dynamics of the shallow-water fish assemblage of the Patos Lagoon Estuary (Brazil). *Estuar. Coast. Mar. Sci.* 57(2003):489-500. [http://dx.doi.org/10.1016/S0272-7714\(02\)00382-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0272-7714(02)00382-7)
- GARCÍA, M.L., JAUREGUIZAR, A.J. & PROTOGINO, L.C. 2010. From fresh water to the slope: fish community ecology in the Rio de la Plata and the sea beyond. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 38(1):81-94. *ry* (Brazil). *Estuar. Coast. Mar. Sci.* 57(2003):489-500. <http://dx.doi.org/10.3856/vol38-issue1-fulltext-8>
- GOULART, M.G., ASCHENBRENNER, A.D.C., BORTOLUZZI, T., SILVEIRA, C.D.R.D., LEPKOSKI, E.D., MARTINS, J.A., BRANDLI, E.D.S., ROOS, D.C., QUEROL, E. & QUEROL, M.V. 2007. Análise do crescimento de escamas de *Lycengraulis grossidens* (AGASSIZ, 1829), em populações da bacia do Rio Uruguai médio, Rio Grande do Sul. *Biodivers. Pampeana* 5(1):3-8.
- GRANDE, L. & NELSON, G.J. 1985. Interrelationships of fossil and recent anchovies (Teleostei: Engrauloidea) and description of a new species from the Miocene of Cyprus. *Am. Mus. Novit.* 2826:1-16.
- GUEDES, D.S., VASCONCELOS-FILHO, A.L. & MACEDO, R.M. 2005. Ictiofauna do infralitoral adjacente às margens do Canal de Santa Cruz - Itapissuma, Pernambuco. *Bol. Técn. Cient. CEPENE* 13(2):65-75.
- HAIMOVICI, M. & MENDONÇA, J.T. 1996. Descartes da fauna acompanhante na pesca de arrasto e tangones dirigida a linguados e camarões na plataforma continental do sul do Brasil. *Atlântida* 18:161-177.
- HILDEBRAND, S.F. 1943. A review of the american anchovies (Family Engraulidae). *Bull. Bing. Ocean Collec.* 8:1-165.
- JORDAN, D.S. & SEALE, A. 1926. Review of the Engraulidae, with descriptions of new and rare species. *Bull. Mus. Comp. Zool.* 67: 355-418.
- JOYEUX J.-C., PEREIRA, B.B. & ALMEIDA, H.G. 2004. The flood-tide ichthyoplanktonic community at the entrance into a Brazilian tropical estuary. *J. Plankton Resour.* 26(11):1277-1287. <http://dx.doi.org/10.1093/plankt/fbh119>
- KRUMME, U., SAINT-PAUL, U. & ROSENTHAL, H. 2004. Tidal and diel changes in the structure of a nekton assemblage in small intertidal mangrove creeks in northern Brazil. *Aquat. Living Resour.* 17:215-229. <http://dx.doi.org/10.1051/alr:2004019>
- KULLENDER, S.O. & FERRARIS, C.J. 2003. Family Engraulidae. In *Check list of freshwater fishes of South and Central America* (R.E. Reis, S.O. Kullender & C.J. Ferraris, eds.). Edipucers, Porto Alegre, p.39-45.
- LAVOUÉ, S., MIYA, M. & NISHIDA, M. 2010. Mitochondrial phylogenomics of anchovies (family Engraulidae) and recurrent origins of pronounced miniaturization in the order Clupeiformes. *Mol. Phylogenet. Evol.* 56:480-485. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ympev.2009.11.022>
- LEMOES, P.H.B., CORRÊA, M.F.M. & PINHEIRO, P.C. 1995. Catálogo de otólitos de Engraulidae (Clupeiformes-Osteichthyes) do litoral do Paraná, Brasil. *Arq. Biol. Tecnol.* 38(3):731-745.

- LEPKOSKI, E.D., QUEROL, E., ASCHENBRENNER, A.C., BORTOLUZZI, T.P., MARTINS, J.A., ROOS, D.C., SILVEIRA, C.R., GOULART, M.G. & QUEROL, M.V.M. 2005. Biología reproductiva da sardinha prata *Lycengraulis grossidens* (Spix and Agassiz, 1829) na bacia do rio Uruguai médio, localidade de São Marcos município de Uruguaiana região da fronteira oeste do estado do Rio Grande do Sul. In VII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu, p.1-2.
- LIRA, A.K.F. & TEIXEIRA, S.F. 2008. Ictiofauna da praia de Jaguaribe, Itamaracá, Pernambuco. *Iheringia* 98(4):475-480. <http://dx.doi.org/10.1590/S0073-47212008000400010>
- LOEBMANN, D. & VIEIRA, J.P. 2006. O impacto da pesca do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Perez-Farfante) (Decapoda, Penaeidae) nas assembleias de peixes e siris do Parque Nacional da Lagoa do Peixe, Rio Grande do Sul, Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 23(4):1016-1028. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752006000400006>
- LOEBMANN, D., VIEIRA, J.P., BEMVENUTI, M.A., ASTARLOA, J.M.D., COUSSEAU, M.B. & FIGUEROA, D. 2008. Composition and relative abundance of fish species in two Coastal Lagoons in Austral South America: Peixe Lagoon (31°S; 51°W), Brazil, and Mar Chiquita Lagoon (37°S; 57°W), Argentina. *Neotrop. Biol. Conserv.* 3(1):28-33.
- LOPES, P.R.D. 1998. Nota sobre a alimentação de *Lycengraulis grossidens* (Agassiz, 1829) (Osteichthyes, Clupeiforme, Engraulidae) na praia de Jaguaribe (Ilha de Itamaracá), Pernambuco. *Acta Biol. Leopoldensia* 20(2):243-249.
- LOPES, P.R.D. & RESENDE, G. 2000. Nota sobre a alimentação de *Lycengraulis grossidens* (Agassiz, 1829) (Actinopterygii, Engraulidae) na praia de ponta da ilha (Ilha de Itaparica, Bahia). *Acta Biol. Leopoldensia* 22(1):129-132.
- LUCENA, C.A.S., JARDIM, A.S. & VIDAL, E.S. 1994. Ocorrência, distribuição e abundância de peixes na praia de Itapuã, Viamão, Rio Grande do Sul, Brasil. *Comun. Mus. Ciênc. Tecnol.* 7:3-27.
- MAI, A.C.G., SILVA, T.F.A. & LEGAT, J.F.A. 2012. Assessment of the fish-weir fishery off the coast of Piauí State, Brazil. *Arq. Ciênc. Mar.* 45(2):40-48.
- MAI, A.C.G., VIEIRA, J.P., PLAVAN, A.A., NOBREGA, M.F., MORAES, L.E., RODRIGUES, F.L. & MARINS, L.F. 2013. Isolation and characterization of 18 microsatellites for *Lycengraulis grossidens* (Pisces: Clupeiformes). *Conserv. Genet. Resour.* 5:15-18. <http://dx.doi.org/10.1007/s12686-012-9718-2>
- MARQUES, W.M. 1997. Estimativa da rejeição da pesca do camarão-rosa *Pennaes paulensis* com aviãozinho no estuário da Lagoa dos Patos (RS), Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande.
- MASTRARRIGO, V. 1947. La sardinha de la cuenca del Río de la Plata (*Lycengraulis olidus*) (Günther). Ministerio de Agricultura, Montevideo.
- McDOWALL, R.M. 2007. On amphidromy, a distinct form of diadromy in aquatic organisms. *Fish Fish.* 8:1-13. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-2979.2007.00232.x>
- MENEZES, R.S. 1950. Alimentação do peixe-cachorro, *Lycengraulis barbouri* Hildebrand, 1943, da bacia do Rio Parnaíba, Piauí (Actinopterygii, Engraulidae). *Rev. Brasil. Biol.* 10(3):285-293.
- MILANI, P.C.C. & FONTOURA, N.F. 2007. Diagnóstico da pesca artesanal na lagoa do casamento, sistema nordeste da laguna dos patos: uma proposta de manejo. *Biociências* 15(1):82-125.
- MOURA, P.M., VIEIRA, J.P., GARCIA, A.M. 2012. Fish abundance and species richness across an estuarine-freshwater ecosystem in the Neotropics. *Hydrobiology* 696:107-122. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-012-1187-9>
- NIZINSKI, M.S. & T.A. MUNROE. 2002. Order Clupeiformes, Engraulidae. In *The living marine resources of the Western Central Atlantic* (K.E. Carpenter, ed.). FaO, Roma, p.764-794.
- OLDANI, N., BAIGÚN, C., DELFINO, R. & RODRIGUEZ, R. 2001. Evaluación de los sistemas de transferencia para peces de la represa de Yacyretá. *Natura Neotropicalis* 32(2):87-101.
- OLDANI, N., BAIGÚN, C., NESTLER, J.M. & GOODWIN, R.A. 2007. Is fish passage technology saving fish resources in the lower La Plata River basin? *Neotrop. Ichthyol.* 5(2):89-102. <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252007000200002>
- OLIVEIRA, A. 1997. Dinâmica populacional de *Lycengraulis grossidens*, Agassiz 1829 nas lagoas Itaperava e quadros, subsistema Norte de lagoas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil (Teleostei, Engraulidae). Dissertação, Pontifícia Universidade Católica, Porto Alegre.
- OLIVEIRA, E.C. 2008. Ictiofauna da face norte da ilha rasa da cotinga, Baía de Paranaguá, Paraná: composição, estrutura da assembleia e reprodução. Dissertação, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- QUEIROZ, G.M.N., SPACH, H.L., SOBOLEWSKI-MORELOS, M., SANTOS, L.O. & SCHWARZ-JUNIOR, R. 2006. Caracterização da ictiofauna demersal de duas áreas do complexo estuarino de Paranaguá, Paraná, Brasil. *Biociências* 14(2):112-124.
- RAMOS, L.A. 2005. Auto-ecologia de *Lycengraulis grossidens* (Agassiz, 1829) (Clupeiformes, Engraulidae) em estuários do Rio Grande do Sul e sua pesca na barra do rio Tramandai, RS, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Rio Grande.
- REIS-FILHO, J.A., NUNES, J.A.C.C. & FERREIRA, A. 2010. Estuarine ichthyofauna of the Paraguaçu River, Todos os Santos Bay, Bahia, Brazil. *Biota Neotrop.* 10(4):301-311. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06302010000400034>
- RETTA, S., MARTÍNEZ, G. & ERREA, A. 2006. Áreas de cría de peces en la costa Uruguaya. In *Bases para la conservación y el manejo de la costa Uruguaya* (R. Menafrá, L. Rodríguez-Gallego, F. Scarabino & D. Conde, eds). Graphis, Montevideo, p.211-218.
- SAAD, A.M., BEAUMORD, A.C. & CARAMASCHI, E.P. 2002. Effects of artificial canal openings on fish community structure of Imboassica coastal lagoon, Rio de Janeiro, Brazil. *J. Coast. Res.* 36:634-639.
- SAINT-PAUL, U., ZUANON, J., CORREA, M.A.V., GARCÍA, M., FABRÉ, N.N., BERGER, U. & JUNK, W.J. 2000. Fish communities in central Amazonian white- and blackwater floodplains. *Envir. Biol. Fish.* 57: 235-250. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1007699130333>
- SÁNCHEZ-BOTERO, J.I., CARAMASCHI, E.P. & GARCEZ, D.S. 2008. Spatiotemporal variation in fish assemblage in a coastal lagoon without direct contact with the sea (Southeastern Brazil). *J. Coast. Res.* 24(4C):225-238. <http://dx.doi.org/10.2112/06-0752.1>
- SANTANA, F.M.S. & SEVERI, W. 2009. Composição e estrutura da assembleia de peixes da zona de arrebentação da praia de Jaguaribe, Itamaracá (PE). *Bioikos* 23(1):3-17.
- SANTOS, M.C.F., FREITAS, A.E.T.S. & SILVA, M.M. 1998. Composição da ictiofauna acompanhante da pesca de camarão em Tamandaré/PE e Pontal do Peba/AL. *Bol. Técn. Cient. CEPENE* 6(1):1-18.
- SANTOS, M.C.F., ALMEIDA, L. & SILVA, C.G.M. 2008. Avaliação qualitativa da ictiofauna acompanhante na pesca do camarão sete-barbas, *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) no município de Caravelas (Bahia - Brasil). *Bol. Técn. Cient. CEPENE* 16(1):99-107.
- SCHULTZ, L.P. 1949. A further contribution to the ichthyology of Venezuela. *Proc. US Nat. Mus.* 99:1-211. <http://dx.doi.org/10.5479/si.00963801.99-3235.1>
- SILVA, M.A. 2006. Variações morfo-merísticas da manjuba *Lycengraulis grossidens* (Agassiz, 1829) ao longo da costa brasileira. Tese de Doutorado, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- SINQUE, C. & MUELBERT, J.H. 1998. Ictioplankton. In *Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil* (U. Seeliger, C. Odebrecht & J.P. Castello, eds). *Ecoscintia*, Rio Grande, p.56-59.
- SPACH, H.L., GODEFROID, R.S., SANTOS, C., SCHWARZ-JUNIOR, R. & QUEIROZ, G.M.L. 2004. Temporal variation in fish assemblage composition on a tidal flat. *Braz. J. Ocean.* 52(1):47-58.
- SPINETTI, M., FOTI, R., RIESTRA, G. & FERNÁNDEZ, A. 2002. La actividad pesquera artesanal en el Río de la Plata: estructura y situación socioeconómica. In *The Río de la Plata. Research for the management of the environment, the fisheries resources and fishery in the saline front* (D. Vizziano, P. Puig, C. Mesones & G.J. Nagy, eds). UNESCO- ECOPLATA, Montevideo, p.235-272.

- TEIXEIRA DE MELLO, F., GONZÁLEZ-BERGONZONI, I. & LOUREIRO, M. 2011. Peces de agua dulce del Uruguay. PPR-MGAP, Montevideo.
- VASCONCELOS-FILHO, A.L. & OLIVEIRA, A.M.E. 1999. Composição e ecologia da ictiofauna do Canal de Santa Cruz (Itamaracá – PE, Brasil). Trab. Oceanogr. UFPE 27(1):101-113.
- VALDEZ, J. & AGUILERA, O. 1987. Los peces del Golfo de Venezuela. Fondo editorial, Caracas.
- VIANNA, M. & D'INCAO, F. 2006. Evaluation of by-catch reduction devices for use in the artisanal pink shrimp (*Farfantepenaeus paulensis*) fishery in Patos Lagoon, Brazil. Fish. Res. 81:331-336. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fishres.2006.06.011>
- VIEIRA, J.P., VASCONCELOS, M.C., SILVA, R.E. & FISHER L. 1996. A rejeição do camarão-rosa (*Penaeus paulensis*) no estuário da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. Atlântica 18(1):123-142.
- VIEIRA, J.P. & CASTELLO, J.P. 1997. Fish Fauna. In Subtropical Convergence Environments. The coast and sea in the Southwestern Atlantic. Subtropical Convergence Environments (U. Seeliger, C. Odebrecht & J.P. Castello, eds.). Spring-Verlag, New York, p.56-61.
- VIEIRA, J.P. 2006. Ecological analogies between estuarine bottom trawl fish assemblages from Patos Lagoon (32S), Brazil, and York River (37N), USA. Rev. Brasil. Zool. 23(1):234-247.
- VIEIRA, J.P., GARCIA, A.M. & MORAES, L. 2010. A assembléia de peixes. In Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil (U. Seeliger, C. Odebrecht & J.P. Castello, eds). Ecoscintia, Rio Grande, p.77-88.
- VILAR, C.C., SPACH, H.L. & JOYEUX, J.C. 2011. Spatial and temporal changes in the fish assemblage of a subtropical estuary in Brazil: environmental effects. JMBA 91(3):635-648.
- WEISS, G. 1981. Ictioplancton del estuario de Lagoa dos Patos, Brasil. Theses, Universidad Nacional De La Plata, Buenos Aires.
- WEISS, G., SOUZA, J.A.F. & SANTOS, A. 1976. Contribuição ao conhecimento do Ictioplancton marinho de plataforma sul do Brasil. Atlântica 1(1):1-99.
- WEISS, G. & KRUG, L.C. 1977. Características do desenvolvimento e metamorfose de *Lycengraulis olidus* (Engraulidae) e *Brevoortia pectinata* (Clupeidae) no estuário da lagoa dos Patos, Brasil. Atlântica 2(1):83-117.
- WHITEHEAD, P.J.P., NELSON, G.J. & WONGRATANA, T. 1988. Clupeoid fishes of the world (Suborder Clupeioidi). An annotated and illustrated catalogue of the herrings, sardines, pilchards, sprats, shads, anchovies and wolf-herrings. FAO Fish Synopsis, Rome.

Received 02/18/2013

Revised 06/27/2013

Accepted 08/28/2013

Benthic macroinvertebrate community structure and seasonal variation in a neotropical stream in the State of Alagoas, Brazil

Marden Seabra Linares^{1,2,3}, Gregorio Guirado Faccioli² & Liriane Monte Freitas¹

¹Natural History Museum – MHN, Federal University of Alagoas – UFAL,
CEP 57051-090, Maceió, AL, Brazil

²Program of Development and Environment – PRODEMA, Federal University of Sergipe – UFS,
CEP 49100-000, São Cristóvão, SE, Brazil

³Corresponding author: Marden Seabra Linares, e-mail: mslx@hotmail.com

LINARES, M.S., FACCIOLI, G.G. & FREITAS, L.M. **Benthic macroinvertebrate community structure and seasonal variation in a neotropical stream in the State of Alagoas, Brazil.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?article+bn01013032013>

Abstract: This paper presents a study on the macrobenthic community in the Salvia stream, a headwater stream that runs through a conserved Atlantic forest fragment in the state of Alagoas, Brazil, and identifies the environmental factors that most influence the community structure. Ten sampling sites were chosen, conducting each collection during the rainy season of 2010 and the dry season of 2011. At each site the macroinvertebrates were collected using a D net (0.250 mm mesh). Water samples were collected and taken to the laboratory to analyze Dissolved Oxygen, Conductivity, pH and Alkalinity. Water temperature, surface current speed and depth were measured at the site. Canonical Correspondence was used to analyze the effect of environmental factors on the macroinvertebrate community. All the environmental factors measured showed significant variation between seasons, showing the seasonality effects on the stream environment. Eighteen taxa were identified, with predominance of Palaemonidae (Decapoda) and Chironomidae (Diptera), respectively, during the rainy and dry season. The results showed that the macroinvertebrates were more correlated to pH, Alkalinity and Dissolved Oxygen, indicating that this ecosystem variation is mainly based on the organic matter decomposition process.

Keywords: aquatic insects; diversity; environmental factors; lotic environment; zoobenthic fauna.

LINARES, M.S., FACCIOLI, G.G. & FREITAS, L.M. **Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos e suas variações sazonais em um riacho neotropical no estado de Alagoas, Brasil.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?article+bn01013032013>

Resumo: O objetivo deste estudo foi descrever a comunidade macrobentônica do riacho da Salvia, um riacho de cabeceira que atravessa um fragmento conservado de floresta remanescente de Mata Atlântica, identificando os fatores ambientais que mais influenciam a estrutura da comunidade. Dez estações de coleta foram escolhidas, onde foram realizadas coletas durante a estação chuvosa de 2010 e da estação seca de 2011. Em cada estação os macroinvertebrados foram coletados utilizando uma rede d (malha de 0,250 mm). Amostras de água foram coletadas para analisar Oxigênio Dissolvido, Condutividade, pH e Alcalinidade em laboratório. Temperatura da água, Velocidade de corrente superficial e Profundidade foram medidas em campo. Para analisar a correlação entre os fatores ambientais e a comunidade de macroinvertebrados bentônica foi utilizada a análise de Correspondência Canônica. Todos os fatores ambientais medidos mostraram variação significativa entre a estação chuvosa e seca, mostrando os efeitos da sazonalidade no ambiente do riacho. Dezoito táxons foram identificados, com Palaemonidae (Decapoda) e Chironomidae (Diptera) dominando, respectivamente, durante as estações chuvosa e seca. Os resultados mostraram que os macroinvertebrados foram mais correlacionados ao pH, Alcalinidade e Oxigênio Dissolvido, indicando que as variações neste ecossistema são baseadas principalmente nos processo de decomposição da matéria orgânica.

Palavras-chave: insetos aquáticos; diversidade; fatores ambientais; ecossistema lótico; fauna zoobentônica.

Introduction

Water is a finite resource, with costly alternative acquisition methods such as desalinization, and the higher prevalence of water-related diseases are the most relevant arguments for preserving its sources, which are among the most threatened environments in the world, especially the tropical rivers located in developing countries (Baptista et al. 2000, Dudgeon et al. 2006). For these reasons, the ecological integrity of rivers and streams has become a vitally important subject regarding the management of these resources worldwide (Silveira 2004, Monteiro et al. 2008).

While many taxa contribute to biodiversity in lotic systems, benthic macroinvertebrates play central ecological roles in many systems and are among the most ubiquitous and diverse group of organisms (Rosenberg & Resh 1993, Buss et al. 2003, Brandimarte et al. 2004, Strayer 2006, Milesi et al. 2009, Bagatini et al. 2012). Therefore, it is essential to understand the relative roles of habitat and water chemistry in structuring macroinvertebrate communities in headwaters (Nicola et al. 2010).

The abundance of stream invertebrates is known to be influenced by environmental conditions such as: hydraulic stress, temperature and water chemistry (Silveira 2004, Cummins et al. 2005, Nicola et al. 2010, Rosin et al. 2010). The dry and rainy season variation is important to determine ecological changes in the tropics (Chukwu & Nwankwo, 2004). Rainfall distribution patterns have great impact on both the chemistry of water as well as the population dynamics of the fauna (Onyema et al. 2009).

In Brazil, there are many studies on benthic macroinvertebrate communities in the Southeast (eg. Brandimarte et al. 2004, Oliveira & Callisto 2010) and South (eg. Rosin et al. 2010, Bagatini et al. 2012) region. In the Northeast region, however, there are only a few, most of them about lentic environments (Leitão et al. 2006, Lucca et al. 2010). However in Alagoas, even basic information is lacking.

The present study analyzes the macrobenthic community of a headwater stream in a conserved Atlantic forest fragment in the state of Alagoas, during the rainy and dry seasons, and correlates the data to the environmental variables, identifying the ones that most influence the community structure.

Methodology

1. Study area

This study was carried out in the Salvia stream, a small water course that belongs to the Mundaú river watershed, located in Rio Largo Municipality, Alagoas. This environment is a second order stream, with a substrate mainly composed of sand. Ten sampling sites were determined along its course (Table 1).

The draining area of the Salvia stream is Mata da Sálvia, a 100 ha remnant of Atlantic forest. Its topography includes a very irregular relief, with altitude ranging between 120 m in elevation and 40 m in the valleys, and with typical native vegetation forming a canopy that filters the sunlight considerably, but also contains patches of exotic species, especially Asian bamboos. Mata da Sálvia is surrounded by sugarcane plantations, a common characteristic for small Atlantic forest fragments in Alagoas (Assis 2000). It is located in the bioclimatic zone, close to 75 biologically dry days, within the climate domain As', according to the Köppen-Geiger climate classification, with dry summers, from September to March, and rainy winters, from April to August (Assis 2000).

The stream is kept free from mostly anthropogenic impacts, as its waters are used for irrigation and human consumption. The only

exception is a small water treatment plant, located near the mouth of the river, after the forest fragment delimitation.

2. Field sampling

The benthic macroinvertebrates were collected during the rainy and dry seasons. The period representing the end of both seasons was chosen, because during this period the invertebrates are nearly full size, thereby facilitating the sorting and identification operation, and focuses on the times when they are most tightly linked to their particular food resource (Cummins et al. 2005). The samples were taken on August 01 (sites 6 to 10), and August 02 (sites 1 to 5) of 2010 for the rainy season; on March 01 (sites 6 to 10) and March 02 (sites 1 to 5) of 2011 for the dry season. The macroinvertebrates were collected using a d net (0.250 mm mesh) to drag 2 m of the substrate, with two sampling units at each site, one at the margin and one in the central part of the stream. The samples were taken alive to the laboratory, where they were fixed in 70% alcohol and classified on the same day that they were collected.

Each time a biological sample was taken, Water Column Depth (cm), Superficial Current Speed (m/s; using a floater for 5m) and Water Temperature (using a mercury thermometer) were recorded. Also, water samples were collected in 500 ml plastic bottles, for Dissolved Oxygen, pH, Alkalinity and Conductivity. The samples were analyzed for variables at the Chemistry Laboratory of LABMAR/UFAL.

3. Laboratory analysis

All samples were preserved in 70% ethanol and the biological material was classified and identified under a stereoscopic microscope. The organisms were identified to Family level, except for Turbellaria, Oligochaeta and Hydracarina, using specialized literature (McCafferty 1983, Mugnai et al. 2010).

T test was used to evaluate the significance of the seasonal variation of the environmental variables. Canonical Correlation Analysis was used to correlate the environmental changes with the benthic macroinvertebrate community (Ter Braak & Verdonschot 1995), run on the PAST 2.6 software (Hammer et al. 2001).

Results

The environmental factors measured indicated that the environment varied significantly in the rainy and dry seasons (Table 2). It revealed a clear temporal variation in the Salvia stream, showing that the rainy season has an environment with higher Superficial Current Speed, Dissolved Oxygen, Depth, Conductivity and pH, but lower Alkalinity and Temperature than its dry season counterpart.

Table 1. Geographic location of the sampling sites in the Salvia stream.

Site	Coordinates
1	S 09° 31' 02.9" and W 35° 49' 54.6"
2	S 09° 31' 02.9" and W 35° 49' 56"
3	S 09° 31' 01.3" and W 35° 49' 55.5"
4	S 09° 31' 22.4" and W 35° 49' 34.6"
5	S 09° 31' 11.1" and W 35° 50' 05.3"
6	S 09° 31' 27.2" and W 35° 50' 15.8"
7	S 09° 31' 29.2" and W 35° 50' 21.3"
8	S 09° 31' 33.4" and W 35° 50' 33.9"
9	S 09° 31' 38.6" and W 35° 50' 41.2"
10	S 10° 32' 16.7" and W 37° 14' 01.7"

The T test results for Dissolved Oxygen (T: 3,0997; P: 0,0061), Depth (T: 1,0742; P: 0,2969), Temperature (T: 1,6268; P: 0,1211), Superficial Current Speed (T: 0,7230; P: 0,4789), Alkalinity (T: 5,7767; P: 1,7863), pH (T: 3,1497; P: 0,0055) and Conductivity (T: 1,1331; P: 0,2720) show significant difference for all the measured variables.

During this study, 743 benthic macroinvertebrates were collected, divided into 18 taxa (Table 3). Chironomidae (Diptera) was the most abundant taxa, responsible for 41.05% of the specimens, followed by Palaemonidae (Decapoda), with 36.47%, Baetidae (Ephemeroptera), 05.52%, and Gomphidae (Odonata), 04.44%.

367 individuals were collected during the rainy season, and the most abundant taxon was Palaemonidae (67.76%). Other abundant taxa during this season were Chironomidae (09.54%), Baetidae (05.45%) and Gomphidae (04.90%).

During the Dry season 376 individuals were collected and the most abundant taxon was Chironomidae (71.81%). Other abundant taxa during this season were Palaemonidae (06.91%), Baetidae (05.59%) and Gomphidae (03.99%).

The Canonical Correspondence (Figure 1) resulted in axis 1, explaining 64.30% of the variation and axis 2 explaining 15.29%. DO, pH, and Alkalinity were associated with axis 1 and Depth and Conductivity was associated with axis 2.

Discussion

The results of this study indicate that seasonality has great influence on the abiotic environment of the Salvia stream, changes that were reflected on the macrobenthic community. As indicated by the Canonical Correspondence, the benthic macroinvertebrates responded to changes on the environmental parameters of major influence, such as Dissolved Oxygen, pH, and Alkalinity.

The main change seen in the macroinvertebrate community in the two seasons was the abundances of Palaemonidae and Chironomidae, respectively dominant taxa of rainy and dry seasons. These results indicate that the difference on the quality of the main food source available for the community is the main change in the seasons, as

Table 2. Mean and Standard Deviation of the environmental variables measured in Salvia stream during rainy (August/10) and dry (March/11) seasons.

Site	Dissolved Oxygen (mg/l)		Depth (cm)		Temperature (°C)		Surface current speed (m/s)		Alkalinity (mg/l CaCO ₃)		pH		Conductivity (µS/cm)	
	Rainy	Dry	Rainy	Dry	Rainy	Dry	Rainy	Dry	Rainy	Dry	Rainy	Dry	Rainy	Dry
	Mean	7.21	6.85	28.90	24.07	25.83	26.05	0.37	0.33	1.36	2.75	7.21	6.83	59.38
Standard deviation	0.19	0.31	12.43	6.90	0.25	0.35	0.19	0.31	0.14	0.15	0.43	0.62	0.19	0.33

Table 3. Abundance (No) and relative abundance (%) of the taxa collected on Salvia stream during rainy (June/10 to August/10) and dry (January/11 to March/11) seasons.

Taxa	Rainy Season		Dry Season		Total	
	No	%	No	%	No	%
Turbellaria	2	0.54	3	0.80	5	0.67
Oligochaeta	3	0.82	2	0.53	5	0.67
Hydracarina	2	0.54	3	0.80	5	0.67
Decapoda	-	-	-	-	-	-
Palaemonidae	245	66.76	26	6.93	271	36.47
Odonata	-	-	-	-	-	-
Caenagrionidae	4	1.09	1	0.27	8	1.08
Calopterygidae	8	2.18	0	0.00	5	0.67
Corduliidae	4	1.09	10	2.67	14	1.88
Gomphidae	18	4.90	15	4.00	33	4.44
Libellulidae	0	0.00	3	0.80	3	0.40
Hemiptera	-	-	-	-	-	-
Corixidae	0	0.00	1	0.27	1	0.13
Mesoveliidae	2	0.54	0	0.00	2	0.27
Ephemeroptera	-	-	-	-	-	-
Baetidae	20	5.45	21	5.60	41	5.52
Leptophlebiidae	12	3.27	8	2.13	20	2.69
Trichoptera	-	-	-	-	-	-
Helicopsychidae	8	2.18	1	0.27	9	1.21
Diptera	-	-	-	-	-	-
Chironomidae	35	9.54	270	72.00	305	41.05
Tipulidae	2	0.54	7	1.87	9	1.21
Coleoptera	-	-	-	-	-	-
Elmidae	2	0.54	4	1.07	6	0.81
Hebridae	0	0.00	1	0.27	1	0.13
Total	367	100.00	375	100.00	743	100.00

Structure and seasonal variation of a neotropical benthic community

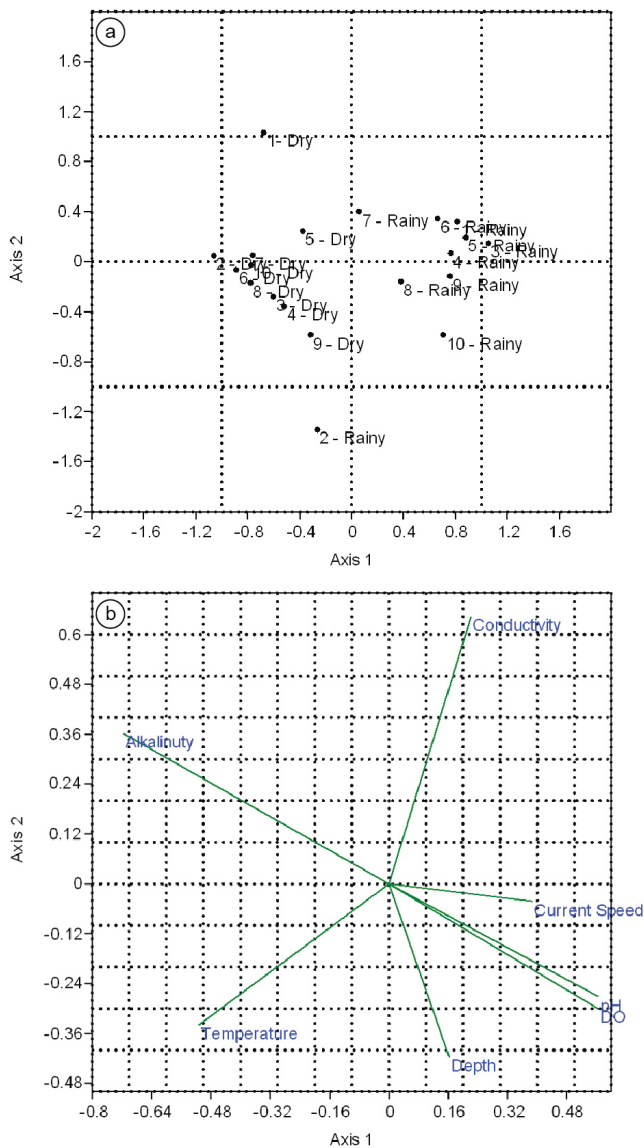


Figure 1. Results of Canonical Correspondence. a: Distribution of sites, considering both seasons. b: Plotting of environmental factors.

Palaemonidae and Chironomidae are associated to different food sources (Cummins et al. 2005).

The fact that most of the macroinvertebrates collected are associated to particulate organic matter shows that the macrobenthic community in Salvia stream is mainly composed of taxa heavily dependent on the riparian vegetation as primary food source. This is expected to a low order stream that drains a forested area, as allochthonous organic matter, mainly leaves from riparian vegetation, is a major energy source of low order woodland streams with well-developed riparian corridors (Benfield 1997, Wallace et al. 1997, Cummins et al. 2005, Tomanova et al. 2006, Clarke et al. 2008, Uwadiae 2010).

This dependence derives from the very low primary production, which is a characteristic of forested low order streams, due to shading caused by the riparian vegetation (Vannote et al. 1980, Wallace et al. 1999, Allan & Castillo 2007). In Salvia stream this was reinforced by the non-consolidate nature of the substrate, which does not allow the attachment of algae. Taxa associated to this food source, such as Gastropoda and Corixidae, were very rare or absent.

The canonical correlation analysis showed the influence of water chemistry on the macroinvertebrate community, as aquatic chemistry variables are frequently used to explain variation in benthic communities (Nicola et al. 2010). Alkalinity, pH and Dissolved Oxygen were shown as the most important environmental factors, as they were associated to the decomposition of organic matter. Shimabukuro & Henry (2011) found that lower pH and Dissolved Oxygen are derived from ions released during leaf decomposition.

Therefore the results suggest a difference on the quality of the particulate organic matter between the two sampling periods, which seem to follow a seasonal pattern. During the Rainy season the superficial runoff carries residues that accumulate in the stream, forming coarse particulate organic matter which is the primary food source for Palaemonidae, the dominant taxon. In the following Dry season the shredded organic matter is further processed by bacterial decomposition, thus liberating the fine particulate organic matter into the system, which is the main food resource of the dominant taxa of this season, Chironomidae and Baetidae. Thus the water flow and temperature influences the amount of available food, promoting the release and removal of nutrients (Oliveira & Nessimian 2010).

Of the taxa collected in this study, aquatic insects were the most abundant, corresponding to 14 of the 18 taxa sampled. Insecta represent one of the most important groups of invertebrates that comprise the benthic fauna, especially due to its abundance and diversity (Higuti et al. 1993). The water quality and ecological health of Salvia stream is confirmed by the presence of five families of Odonata sampled in this study, as specialized feeders are more sensitive and thought to be well represented in healthy streams (Uwadiae 2010).

Conclusion

This study supplemented information on the structure of benthic communities, contributing to narrowing the gap in studies of this nature in the region. Further research on the remaining preserved environmental areas is needed to determine whether the local and seasonal patterns that characterize the benthic macroinvertebrates in the Salvia stream are determining factors at a regional level.

References

- ALLAN, J.D. & CASTILLO, M.M. 2007. Stream ecology: Structure and function of running waters. Springer, Dordrecht. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-5583-6>
- ASSIS, J.S. 2000. Biogeografia e conservação da biodiversidade - projeções para Alagoas. Catavento, Maceió.
- BAGATINI, Y.M., DELARIVA, R.L. & HIGUTI, J. 2012. Benthic macroinvertebrate community structure in a stream of the north-west region of Paraná State, Brazil. *Biota Neotrop.* 12:307-317. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032012000100023>
- BAPTISTA, D.F., BUSS, D.F., DROVILLÉ, L.F.M. & NESSIMIAN, J.L. 2000. Diversity and habitat preference of aquatic insects along the longitudinal gradient of the Macaé river basin, Rio de Janeiro, Brazil. *Rev. Bras. Biol.* 61:249-258.
- BENFIELD, E.F. 1997. Comparison of litterfall input to streams. In Webster, J.R. & Meyer, J.L. Stream organic matter budgets. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 16:104-108. <http://dx.doi.org/10.2307/1468242>
- BRANDIMARTE, A.L., SHIMIZU, G.Y., ANAYA, A.M. & KUHLMANN, M.L. 2004. Amostragem de invertebrados bentônicos. In Amostragem em Limnologia (C.E.M. Bicudo & D.C. Bicudo). Editora UFSCar, São Carlos.
- BUSS, D.F., BAPTISTA, D.F. & NESSIMIAN, J.L. 2003. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. *Cad. Saúde Pública.* 19:465-473. PMID:12764462. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2003000200013>

- CHUKWU, I.O. & NWANKWO, D.I. 2004. The impact of Land based pollution on the hydrochemistry and macrobenthic community of a tropical West African creek. *Ekologia*. 2:1-9.
- CLARKE, A., McNALLY, R., BOND, N. & LAKE, P.S. 2008. Macroinvertebrate diversity in headwater streams: a review. *Freshw. Biol.* 53:1707-1721. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2427.2008.02041.x>
- CUMMINS, K.W., MERRITT, R.W. & ANDRADE, P.C.N. 2005. The use of macroinvertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and rivers in south Brazil. *Stud. Neotrop. Fauna E.* 40:69-89. <http://dx.doi.org/10.1080/01650520400025720>
- DUDGEON, D., ARTHINTGTON, A.H., GESSNER, M.O., KAWABATA, Z., KNOWLER, D.J., LEVEQUE, C., NAIMAN, R.J., PRIEUR-RICHARD, A., SOTO, D., STIANISSNY, M.L.J. & SULLIVAN, C.A. 2006. Freshwater Biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biol. Rev.* 81:163-182. PMID:16336747. <http://dx.doi.org/10.1017/S1464793105006950>
- HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T. & RYAN, P.D. 2001. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontol. Electron.* 4(1).
- HIGUTI, J., TAKEDA, A.M. & PAGGI, A.C. 1993. Distribuição espacial das larvas de Chironomidae (Insecta, Diptera) do rio Baía (MS-Brasil). *UNIMAR*. 15:65-81.
- LEITÃO, A.C., FREIRE, R.H.F., ROCHA, O. & SANTAELLA, S.T. 2006. Zooplankton community composition and abundance of two Brazilian semiarid reservoirs. *Acta Limnol. Bras.* 18:451-468.
- LUCCA, J.V., PAMPLIN, P.A.Z., GESSNER, A.F., TRIVINHO-STRIXINO, S., SPADANO ALBUQUERQUE, A.L. & ROCHA, O. 2010. Benthic macroinvertebrates of a tropical lake: Lake Caçó, MA, Brazil. *Braz. J. Biol.* 70:593-600.
- McCAFFERTY, W.P. 1983. *Aquatic entomology: the fisherman's and ecologists' illustrated guide to insects and their relatives*. Jones and Bartlett Publishers, Boston.
- MILESI, S.V., BIASI, C., RESTELLO, R.M. & HEPP, L.U. 2009. Distribution of benthic macroinvertebrates in subtropical streams (Rio Grande do Sul, Brazil). *Acta Limnol. Bras.* 21:419-429.
- MONTEIRO, T.R., OLIVEIRA, L.G. & GODOY, B.S. 2008. Biomonitoramento da qualidade de água utilizando macroinvertebrados bentônicos: adaptação do índice biótico BMWP' à bacia do rio Meia Ponte-GO. *Oecol. Bras.* 12:553-563.
- MUGNAI, R., NESSIMIAN, J.L. & BAPTISTA, D.F. 2010. Manual de identificação dos macroinvertebrados aquáticos do estado do Rio de Janeiro. Technical Books, Rio de Janeiro.
- NICOLA, G.G., ALMODÓVAR, A. & ELVIRA, B., 2010. Effects of environmental factors and predation on benthic communities in headwater streams. *Aquat. Sci.* 72:419-429. <http://dx.doi.org/10.1007/s00027-010-0145-8>
- OLIVEIRA, A. & CALLISTO, M. 2010. Benthic macroinvertebrates as bioindicators of water quality in na Atlantic forest fragment. *Iheringia, Sér. Zool.* 100:291-300.
- OLIVEIRA, A.L.H. & NESSIMIAN, J.L. 2010. Spatial distribution and functional feeding groups of aquatic insect communities in Serra da Bocaina streams, southeastern Brazil. *Acta Limnol. Bras.* 22:424-441. <http://dx.doi.org/10.4322/actalb.2011.007>
- ONYEMA, I.C., LAWAL-ARE, A.O., AKINREMI, T.A. & BASSEY, O.B. 2009. Water Quality, Parameters, Chlorophyll a and Zooplankton of an Estuarine Creek in Lagos. *J. Am. Scie.* 5:76-94.
- ROSIN, G.R., MARGAROTTI, D.P.O. & TAKEDA, A.M. 2010. Chironomidae (Diptera) community structure in two subsystems with different states of conservation in a floodplain of southern Brazil. *Acta Limnol. Bras.* 22:276-286. <http://dx.doi.org/10.4322/actalb.02203004>
- ROSENBERG, D.M. & RESH, V.H. 1993. Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. In *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates* (D.M. Rosemberg, V.H. Resh). Chapman & Hall, Nova York.
- SHIMABUKURO, E.M. & HENRY, R. 2011. Controlling factors of benthic macroinvertebrates distribution in a small tropical pond, lateral to the Paranapanema River (São Paulo, Brazil). *Acta Limnol. Bras.* 26:154-163. <http://dx.doi.org/10.1590/S2179-975X2011000200006>
- SILVEIRA, M.P. 2004. Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios. Embrapa - Meio Ambiente, Jaguariúna.
- STRAYER, D.L. 2006. Challenges for freshwater invertebrate conservation. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 25:271-287. [http://dx.doi.org/10.1899/0887-3593\(2006\)25\[271:CFFIC\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1899/0887-3593(2006)25[271:CFFIC]2.0.CO;2)
- TOMANOVA, S., GOITIA, E. & HELESIC, J. 2006. Trophic levels and functional feeding groups of maroinvertebrates in neotropical streams. *Hydrobiologia* 556:251-264. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-005-1255-5>
- TER BRAAK, C.J.F. & VERDONSCHOT, P.F.M. 1995. Canonical Correspondence Analysis and Related Multivariate Methods in Aquatic Ecology. *Aquat. Sci.* 57:255-289. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00877430>
- UWADIAE, R.E. 2010. Macroinvertebrates functional feeding groups as indices of biological assessment in a tropical aquatic ecosystem: implications for ecosystem functions. *New York Sci. J.* 3:6-15.
- VANNOTE, R.L., MINSHALL, G.W., CUMMINS, K.W. SEDELL, J.R. & CUSHING, C.E. 1980. The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37:130-137. <http://dx.doi.org/10.1139/f80-017>
- WALLACE, J.B., EGGERT, S.L., MEYER, J.L. & WEBSTER, J.R. 1997. Multiple trophic levels of a forest stream linked to terrestrial litter inputs. *Science*. 277:102-104. <http://dx.doi.org/10.1126/science.277.5322.102>
- WALLACE, J.B., EGGERT, S.L., MEYER, J.L. & WEBSTER, J.R. 1999. Effects of resource limitation on a detrital-based ecosystem. *Ecol. Monogr.* 69:409-442. [http://dx.doi.org/10.1890/0012-9615\(1999\)069\[0409:EORLOA\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1890/0012-9615(1999)069[0409:EORLOA]2.0.CO;2)

Received 09/18/2012

Revised 01/28/2013

Accepted 07/19/2013

Spatio-temporal distribution of fish larvae in relation to ontogeny and water quality in the oligohaline zone of a North Brazilian estuary

Valérie Sarpedonti^{1,4}, Érica Moema Silva da Anunciação² & Adriana Oliveira Bordalo³

¹Grupo de Estudos em Ecologia e Desenvolvimento do Ictioplâncton, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará – UFPA, Av. Augusto Corrêa, Guamá, CEP 66075-110, Belém, PA, Brazil

²Pós-graduação em Ecologia Aquática e Pesca, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará – UFPA, Cidade Universitária José da Silveira Netto, Av. Augusto Corrêa, 1, Guamá, CEP 66075-110, Belém, PA, Brazil

³Laboratório de Hidrocarbonetos, Universidade do Estado do Pará – UEPA, Campus V, Trav. Enéas Pinheiro, 2626, Marco, CEP 66095-100, Belém, PA, Brazil

⁴Corresponding author: Valérie Sarpedonti, e-mail: valerie.sarpedonti@gmail.com

SARPEDONTI, V, ANUNCIACÃO, E.M.S. & BORDALO, A.O. **Spatio-temporal distribution of fish larvae in relation to ontogeny and water quality in the oligohaline zone of a North Brazilian estuary.** *Biota Neotrop.* (13)3: <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?article+bn01113032013>

Abstract: Larval fish assemblage in Guajará Bay was studied through four quarterly field campaigns and discussed in relation to individuals' development stages and exposure to contaminants poured out by the Pará State Capital City, Belém. Larval densities were low and diversity extremely poor with a strong dominance of clupeids, engraulids and, to a lower extent, sciaenids. The main spawning season was registered at the onset of the rainy period. Pre-flexion and flexion clupeiforms remained in the farthest stations from the city while post-flexion larvae were found near urban activity centres. Unlikely, pre-flexion and flexion sciaenids were scattered along the city waterfront. Post-flexion larvae were rare; it is suggested that sciaenids use the bay as a transitory route between their spawning grounds and more distant nursery grounds. The waters around the city of Belém showed signs of contamination. However, based on the literature, Guajará Bay environmental quality at the time of the study was suitable for fish larvae life. Nitrate with pH best explained larval distribution.

Keywords: *Ichthyoplankton, Amazon, urban impact, Belém.*

SARPEDONTI, V, ANUNCIACÃO, E.M.S. & BORDALO, A.O. **Distribuição espaço-temporal das larvas de peixes em relação à ontogenia e qualidade da água na zona oligohalina de um estuário norte brasileiro.** *Biota Neotrop.* (13)3: <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?article+bn01113032013>

Resumo: O padrão de distribuição das larvas de peixes na Baía do Guajará foi estudado através de coletas trimestrais e discutido em relação aos estágios de desenvolvimento dos indivíduos e a exposição dos mesmos aos contaminantes despejados pela Capital do Estado do Pará, Belém. A densidade e a diversidade larval foram baixas com forte dominância dos clupeídeos, engraulídeos e, em menor grau, os cianídeos. O principal período de reprodução foi definido no início do período chuvoso. Larvas de Clupeiformes em pré-flexão e flexão foram encontradas nos pontos de coletas mais afastados da cidade, enquanto aquelas em pós-flexão prevaleceram nas margens da cidade. Por outro lado, os cianídeos em pré-flexão e flexão foram capturados perto dos centros de atividade urbana, enquanto aqueles em pós-flexão foram pouco abundantes. É sugerido que a baía se encontra na rota migratória dos cianídeos entre a área de desova e os berçários mais distantes. Apesar das águas no entorno da cidade de Belém mostrarem sinais de contaminação, a qualidade ambiental na Baía do Guajará no momento do estudo estava apropriada para a vida das larvas de peixes. Nitrato com pH foram as variáveis que melhor explicaram a distribuição larval.

Palavras-chave: *Ictioplâncton, Amazônia, impacto urbano, Belém.*

Introduction

Scientific approaches to assess environmental impacts in water bodies are various; characterization of water quality, use of biomarkers and bioindicators like fish or benthic species, are among the most common practices (<http://www.epa.gov/bioiweb1/html/indicator.html>). Fish larvae also allow depiction of anthropogenic disturbances through variations in abundance, distribution and incidence of malformations in embryos or larvae (Schulz & Martins-Junior 2001, Strand et al. 2004). In all cases, environmental sanity assessment requires baseline values in order to detect eventual alterations. Such data, however, are not always available, especially in emerging countries or vast ecosystems poorly explored such as the Amazon (Weiland et al. 2005, Vinod 2006). As one of many consequences, improper monitoring can prevent sustainable development and implementation of environmental mitigations for the safeguard of environmental resources and human quality of life (Walsh 2000, Maranhão 2011). Such could be the case of the Amazon basin; difficulties of access, large distances, high diversity of habitats or yet lack of professionals turn this region into one of the most complex but undiscovered of the world. Nevertheless, it is also a region passing through a quick expansion of its urban centres, a change that can be viewed as a national welfare improvement but also a threat to the ecological balance (Carvalho 2006, Vinod 2006).

The city of Belém, capital of the State of Pará in Northern Brazil and twelfth largest city of the nation, is situated in Guajará Bay, at the confluence of the Guamá and Maguari Rivers. Like many other Brazilian metropolises, the city is experiencing both a vertical and horizontal expansion through the construction of high standard condominiums and multiplication of poor districts. In both cases, the lack of urban planning is responsible for a continuous pouring of untreated waste waters into the bay (Ribeiro 2004, Cabral 2007). Recent statistical surveys indicated that in 2011 less than 7% of the population was benefitted by the urban sanitation network and less than 20% of the sewage was treated (<http://ambientes.ambientebrasil.com.br>). As a consequence, the ecosystem is slowly turning into a harmful environment to human beings who use the water to drink, fish, bathe or play (Ribeiro & Marin 2002). The aquatic life is equally at risk, especially the young stages which, due to their precarious biological system, are more vulnerable to environmental disturbances (Costello & Gamble 1992, Costello & Read 1994).

Despite its ecological and social importance, the aquatic environment of Guajará Bay has been poorly monitored and receives little attention. The main objective of this study was to investigate larval fish communities as indicators of ecosystem health status. Larval fish composition and spatio-temporal variations are presented and discussed in relation to larval development stages and environmental aspects. It is hope that this research will establish a baseline for future monitoring of water quality changes along Belem city waterfront.

Material and Methods

1. Study area

The city of Belém, capital of the Pará State, is located at the entrance gate to the Amazon Region, 120 km away from the Atlantic Ocean. In 2010, the city counted more than 1.3 million of inhabitants scattered in a total area of 1,065 km². It includes a continental area and 39 islands. Guajará Bay, located at the frontal estuarine zone, between 01°22'S-01°30'S parallels and 48°25'W-48°35'W meridians, is at the city waterfront; its surface salinity usually varies between 0 and 0.5, never exceeding 1.5. The Guamá and Maguari Rivers debouch on

the Southern and Northern ends of the bay, respectively (Figure 1). The Western side includes various islands poorly populated and characterized by a very basic urban infrastructure.

Tidal amplitude ranges between 2.3 m and 3.8 m. Water direction is uniform throughout the water column, going southwards at ebb tide and northwards at flood tide, although a wind-induced north-northwest current is omnipresent at the water surface (Gregório & Mendes 2009). Velocity usually does not exceed 2.5 m.s⁻¹. The deepest areas and stronger currents are encountered at the Onça Island Channel, on the left margin of the Guajará Bay (Figure 1) and at the Guamá River main channel, on the right-hand side of the river bed. In comparison, water currents at the city waterfront are weaker, preventing large dispersion of contaminants poured in the bay (Barros et al. 2011). Further data on the hydrodynamic of the Guajará Bay and Guamá River are available in Barros et al. (2011) and Bezerra et al. (2011).

Seven sampling stations (S1 to S7) were established. Five of them (S2, S3, S4, S6 and S7) were scattered along the city margin, under direct influence of anthropogenic activities (Figure 1). All five were impacted by sewage and domestic wastes poured indiscriminately in the bay. Sources of pollution are as illustrated in Figure 1. The two remaining stations, S1 and S5 were located in areas more distant from the city and free of direct pollution sources.

2. Field work and laboratory procedures

Field trips took place in December 2004 (period of climatic transition from 'Dry to Wet' – 'D/W'), March 2005 (Wet season – 'W'), June 2005 (period of climatic transition from 'Wet to Dry' – 'W/D') and September 2005 (Dry season – 'D'). Seasons were set according to the rainfall index presented by Moraes et al. (2005).

Fish larvae were sampled with a conical plankton net of 330 µm mesh size positioned at about two meters from the side of the boat. Superficial, horizontal tows were conducted crosscurrent during four minutes after which plankton samples were immediately preserved in neutralized formalin 4 %. The volume of water passing through was estimated by a flowmeter placed at the mouth of the net. Three pseudo-replicates were taken per station. All cruises took place during the first quarter moon; stations were always sampled following the same order (from S1 to S7). Water quality at the time and place of larval sampling was assessed through the measurement of nine parameters: Temperature (°C), pH, conductivity (Cnd – µS.cm⁻¹), turbidity (Tb – NTU), suspended particulate matters (MS – mg.l⁻¹), chemical oxygen demand (COD – mg.l⁻¹), orthophosphate (OP – mg.l⁻¹), nitrate (NTA – mg.l⁻¹) and un-ionized ammonia (Ama – mg.l⁻¹). Water was sampled from the uppermost water layer and stored in the ice. Analyses were either conducted *in situ* using a multi-parameter 340 i/SET WTW (WTW Wissenschaftlich-Technische Werkstätten GmbH) or by spectro-photometry (HACH DR-2010).

In the laboratory, larvae were sorted under a stereomicroscope, identified to the lowest taxonomic level possible and stored in alcohol 90 %. Larval development stage was assessed based on the presence/absence of the yolk-sac and the flexion of the notochord, defining four groups, namely: yolk-sac larvae, pre-flexion, flexion and post-flexion larvae (Moser 1984).

3. Data analysis

Densities (number of larvae.100m⁻³) were calculated discriminating seasons, stations, families (or species) and development stages. Seasonal variation in fish larval density was tested using the non-parametric two way crossed Analysis of Similarities (ANOSIM) pairwise test with replicates (3) considering the two factors 'season' and 'station'. For this test and the following ones, densities were square-root transformed and standardized prior

Fish larvae in a North Brazilian estuary

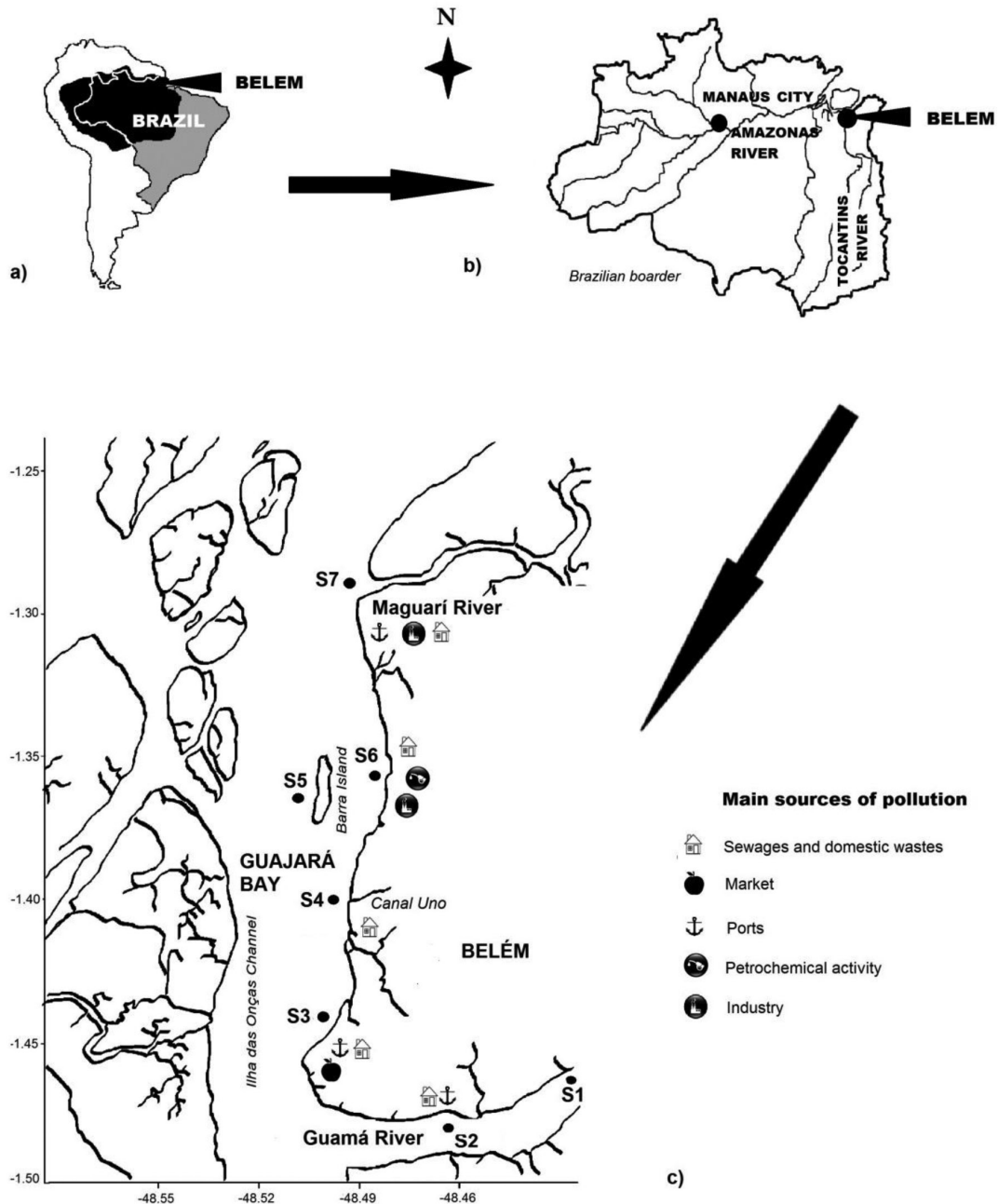


Figure 1. a) South America, Brazil and the Amazon Basin (in black); b) The Amazon basin in Brazil, with the main tributaries and State capital cities; c) Location of the seven sampling stations (S1 to S7) and pollution sources in Guajará Bay.

conducting the analysis. Larval spatial distribution was investigated through a complete linkage analysis using the Bray Curtis Similarity Measure. The Similarity Percentages test (SIMPER) was run to determine the contribution of each larval group to the average Bray-Curtis dissimilarity index, following a 75% similarity cut. Shannon’s diversity index (H') and Pielou’s equitability index (J) were used on spatio-temporal data. The BIOENV routine based on the Spearman rank correlation analysis was run to assess environmental variables that best explained communities’ pattern during the study period. The above mentioned analyses and indices calculation were performed using the routine of the Plymouth Routine Multivariate Ecological Research – PRIMER - package, version 6.0 (Clarke & Aindworth 1993, Clarke & Gorley 2006).

To verify the existence of an ordination between species and abiotic samples at each station, the larval density matrix was first submitted to Detrended Correspondence Analysis (DCA; Ter Braak 1988) with detrending by segments. As the gradient length was short (<2.0), indicating a linear response, Redundancy Analysis (RDA) was used. The analysis was performed separately on the September and December data to assess the existence of a pattern in larval distribution. The analysis was not repeated on the March and June data as they counted very few larvae.

Cluster and RD analyses were performed only on the three most abundant families (Engraulidae, Clupeidae, Sciaenidae) with discrimination of larval development stages, resulting in a total of nine groups. Yolk-sac larvae were very few and included in the preflexion group.

Results

A total of 4,663 fish larvae were collected, corresponding to a mean density of 132 individuals.100m⁻³. A total of nine families and eight species were identified. Those are: Clupeidae (76.100m⁻³), Engraulidae (42.100m⁻³), Sciaenidae - *Cynoscion acoupa* (Lacepède, 1801), *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840), *Stellifer rastrifer* (Jordan, 1889), Sciaenidae sp. 1, Sciaenidae sp. 2 - (10.100m⁻³), Ariidae (2.100m⁻³), Tetraodontidae - *Colomesus psittacus* (Bloch & Schneider, 1801) - (0.3.100m⁻³), Achiriidae - *Achirus lineatus* (Linnaeus, 1758) - (0.3.100m⁻³), Hemiramphidae - *Hyporhamphus roberti* (Valenciennes, 1847) - (0.3.100m⁻³), Syngnathidae - *Oostethus lineatus* (Kaup, 1856) - (0.1.100m⁻³) and Carangidae - *Oligoplites palometa* (Cuvier, 1833) - (0.02.100m⁻³). The values in brackets indicate the overall family mean density (.100m⁻³). Among these nine families, only engraulids, clupeids and sciaenids were encountered at all cruises (Table 1). All three families presented individuals at all development stages. The non-identified larvae counted for 1.8% of the total population.

Table 1. Larval density (.100m⁻³) discriminating family, development stage and season. For clarity purpose, decimals were mentioned only for values < 1. Pre-F = Pre-flexion stage, F = flexion stage, Pos-F = post-flexion stage; D/W, W, W/D and D = dry/wet, wet, wet/dry and dry seasons, respectively.

Family	Development stage	Density (.100m ⁻³)			
		D/W	W	W/D	D
Clupeidae	Pre-F	89	15	10	89
	F	30	5	4	27
	Pos-F	15	4	3	13
	Total	134	24	17	129
Engraulidae	Pre-F	69	2	0.4	8
	F	13	4	2	9
	Pos-F	10	9	4	39
	Total	92	15	6.4	56
Carangidae	Pos-F		0.1		
	Total		0.1		
Sciaenidae	Pre-F	16	0.2	3	16
	F	1			1
	Pos-F	0.2		0.1	4
	Total	17.2	0.2	3.1	21
Hemiramphidae	Pos-F		0.1		1
	Total		0.1		1
Tetraodontidae	Pre-F	0.1			0.5
	F	0.1			
	Pos-F		0.1		0.4
	Total	0.2	0.1		0.9
Ariidae	Pre-F				0.5
	F			0.1	4
	Pos-F				3
	Total			0.1	7.5
Achiriidae	Pre-F	0.1			
	F				
	Pos-F	0.2			1
Total		0.3			1
Syngnathidae	Pos-F	0.1			0.3
	Total	0.1			0.3
Entire population	Pre-F	174	17	14	114
	F	44	9	6	41
	Pos-F	26	13	7	62
	Total density	244	39	27	217

The Wet and W/D seasons presented low densities, averaging 33.100m⁻³, while the Dry and D/W seasons showed values about eight times higher (Table 1). ANOSIM (global R=0.343) indicated no differences between larval assemblages during the Wet and W/D seasons and during the Dry and D/W seasons. All other combinations were statistically different. The rainy season was characterized by a predominance of pre-flexion larvae while the opposite was observed during the Dryer period (Table 1). Equitability and diversity were highest during the W/D season (H' = 1,26; J = 0,61) and lowest during the Wet season (H' = 0,78; J = 0,40).

The density-based clustering applied on density per station separated two groupings with a similarity index of 68.6% (Figure 2), one including both stations distant from the city (S1 and S5 – 88% similarity) and another one gathering the areas in direct contact with the urban area (S2, S3, S4, S6 and S7 – 80% similarity). Within this second group, two subsets were differentiated; one comprising the two River mouth stations (S2 and S7) and a second one with all three stations scattered along the waterfront (S3, S4 and S6). The SIMPER analysis indicated that the predominance of young clupeiforms, especially engraulids, at S1 and S5, contributed more to the dissimilarity between the two main groupings. On the other hand, stations at the river mouths and city frontline were separated based on the abundance of engraulid and sciaenid post-flexion larvae. The former were more numerous along the city shoreline while the sciaenids predominated at S2 and S7.

Station S4 presented the highest equitability (H' = 1.36) and diversity (J = 0.59) indices while the lowest values were obtained at S1 (H' = 0.81; J = 0.37).

The BIOENV analysis indicated that nitrate with pH best explained the larval assemblage (0.6).

Physicochemical properties of water at each station are summarized in Table 2 and presented through the mean of the March, June, September and December values. Data obtained in September and December are used for the RDAs are presented separately.

The first two axes generated by the RDAs explained 88.5% of the cumulative percentage of the species-environment relation in September and 93.5% in December (Table 3). The plots of RDA samples and species scores illustrate their dispersion pattern, and the plots of environmental variables vectors illustrate the directions and strengths of environmental relationships within the first two dimensions of the RDA ordination (Figure 3). Clupeiforms prevailed at both stations located in areas free of direct human activities, S5 in September and S1 in December. In December the pre-flexion and flexion clupeid and engraulid larvae sheltered at those stations were positively correlated to the suspended matter concentrations and, to a lower extent, to the orthophosphate; in September results were similar, but with a better participation of the orthophosphate. Distribution of the older clupeiforms (especially CPo) showed no reproducibility between months. Thus, in September the larvae

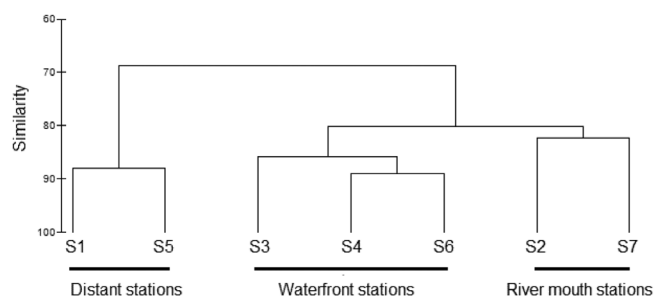


Figure 2. Cluster analysis showing the spatial repartition of all seven stations based on the densities of nine larval groups.

Fish larvae in a North Brazilian estuary

Table 2. Temporal mean and standard deviation of water parameters data by station. September and December data are mentioned separately. T = temperature (°C), Cnd = conductivity ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), Tb = turbidity (NTU), MS = suspended particulate matters ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), COD = chemical oxygen demand ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), Nta = nitrate ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), Ama = ammonia ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) and OP = orthophosphate ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$).

	ANNUAL MEAN \pm SD						
	September / December						
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
T	31.8 \pm 1.0 31/31	32.5 \pm 2.4 32/31	31.3 \pm 0.5 31/31	31.5 \pm 0.6 31/31	31.3 \pm 0.5 32/31	31.6 \pm 1.1 31/31	31.4 \pm 0.7 31/31
pH	5.9 \pm 0.3 6.1/5.9	6.4 \pm 0.4 6.7/6.6	6.1 \pm 0.5 6.2/6.3	5.9 \pm 0.4 6.4/6.0	5.5 \pm 0.3 5.7/5.8	5.8 \pm 0.5 6.4/6.0	5.8 \pm 0.4 6.4/5.9
Cnd	177.3 \pm 175 243/395	427.0 \pm 716 140/1498	267.3 \pm 397 152/856	189.3 \pm 241 132/544	98.3 \pm 126 56/286	174.6 \pm 233 132/515	130.9 \pm 208 13/442
Turb	42.8 \pm 30 34/25	29.8 \pm 23 21/22	35.8 \pm 20 20/40	40.1 \pm 21 38/30	50.6 \pm 22 41/46	44.6 \pm 17 50/37	50.9 \pm 27 39/47
MS	34.1 \pm 32 39/12	17.5 \pm 12 23/3	26.2 \pm 17 39/4	22.3 \pm 17 37/4	36.9 \pm 33 39/4	16.1 \pm 20 45/3	28.2 \pm 35 77/2
COD	13.1 \pm 4.9 17/9	11.5 \pm 9.1 1/8	15.7 \pm 9.0 8/28	15.2 \pm 8.0 25/9	19.7 \pm 4.5 17/18	17.6 \pm 7.3 17/18	26.3 \pm 12.3 34/28
NTa	0.68 \pm 0.13 0.5/0.7	0.70 \pm 0.34 0.3/0.6	0.98 \pm 0.25 0.7/0.9	1.00 \pm 0.22 0.8/1.0	0.95 \pm 1.03 0.1/1.2	1.10 \pm 0.27 1.5/1.0	2.08 \pm 1.58 1.3/0.9
Ama	0.10 \pm 0.08 0.1/0.1	0.24 \pm 0.05 0.3/0.2	0.12 \pm 0.28 0.2/0.5	0.36 \pm 0.23 0.6/0.7	0.09 \pm 0.13 0/0.31	0.20 \pm 0.18 0.24/0.6	0.27 \pm 0.33 0.23/0.5
OP	0.05 \pm 0.03 0.01/0.05	0.02 \pm 0.02 0.01/0.01	0.04 \pm 0.03 0.06/0.01	0.04 \pm 0.04 0.01/0.09	0.08 \pm 0.07 0.03/0.16	0.06 \pm 0.03 0.02/0.06	0.05 \pm 0.03 0.02/0.04

Table 3. a) Results from Redundancy Analysis of the nine larval groups captured in September and December of 2005 in Guajará Bay; b) Intraset correlations of water quality parameters on the two first axes of the RDA for the months of September and December 2005.

RDA	AXES			
	1	2	3	4
SEPTEMBER				
Eigenvalues	0.674	0.211	0.065	0.028
Cumulative percentage variance of species-environment relation	67.4	88.5	95.1	97.9
Sum of all eigenvalues			1.000	
DECEMBER				
Eigenvalues	0.839	0.097	0.051	0.009
Cumulative percentage variance of species-environment relation	83.9	93.5	98.6	99.5
Sum of all eigenvalues			1.000	
b)				
	SEPTEMBER		DECEMBER	
	Axis 1	Axis 2	Axis 1	Axis 2
pH	-0.5359	0.5451	-0.7670	-0.0751
Cnd	-0.4940	0.6182	-0.5799	0.2869
Tb	-0.1429	-0.8080	0.2666	0.3136
MS	0.7961	0.1986	0.1431	-0.2991
COD	-0.5114	-0.2463	0.0877	-0.1185
Nta	-0.0604	-0.8386	-0.2992	0.3335
Ama	-0.7288	-0.3275	-0.2555	0.2669
OP	0.3862	-0.6127	0.4603	0.3010

were present all along the city frontline and positively correlated to the nutrient concentrations, while in December they were found predominantly in the Guamá River and at S6, near the Maguari River, where nutrients were less.

Pre-flexion and flexion sciaenid larvae were found mostly along the city frontline, especially at S3 and S4. Both in September and December their presence was best explained by the orthophosphate concentrations. The post-flexion individuals were more numerous at the Guamá and Maguari Rivers without any special affinities towards the water parameters assessed.

Discussion

Oligohaline areas are important nursery grounds for both estuarine and freshwater fishes although they are often characterized by fish assemblages of low diversity (Rozas & Hackney 1984, Campfield & Houde 2011). Such is the case of Guajará Bay. Densities and diversity registered in this study are considered average to low compared to those in the lower estuary and freshwaters of the Amazon basin (Araújo-Lima et al. 2001, Costa et al. 2011). Clupeiforms strongly dominated the assemblages, as it is the case in many Brazilian and

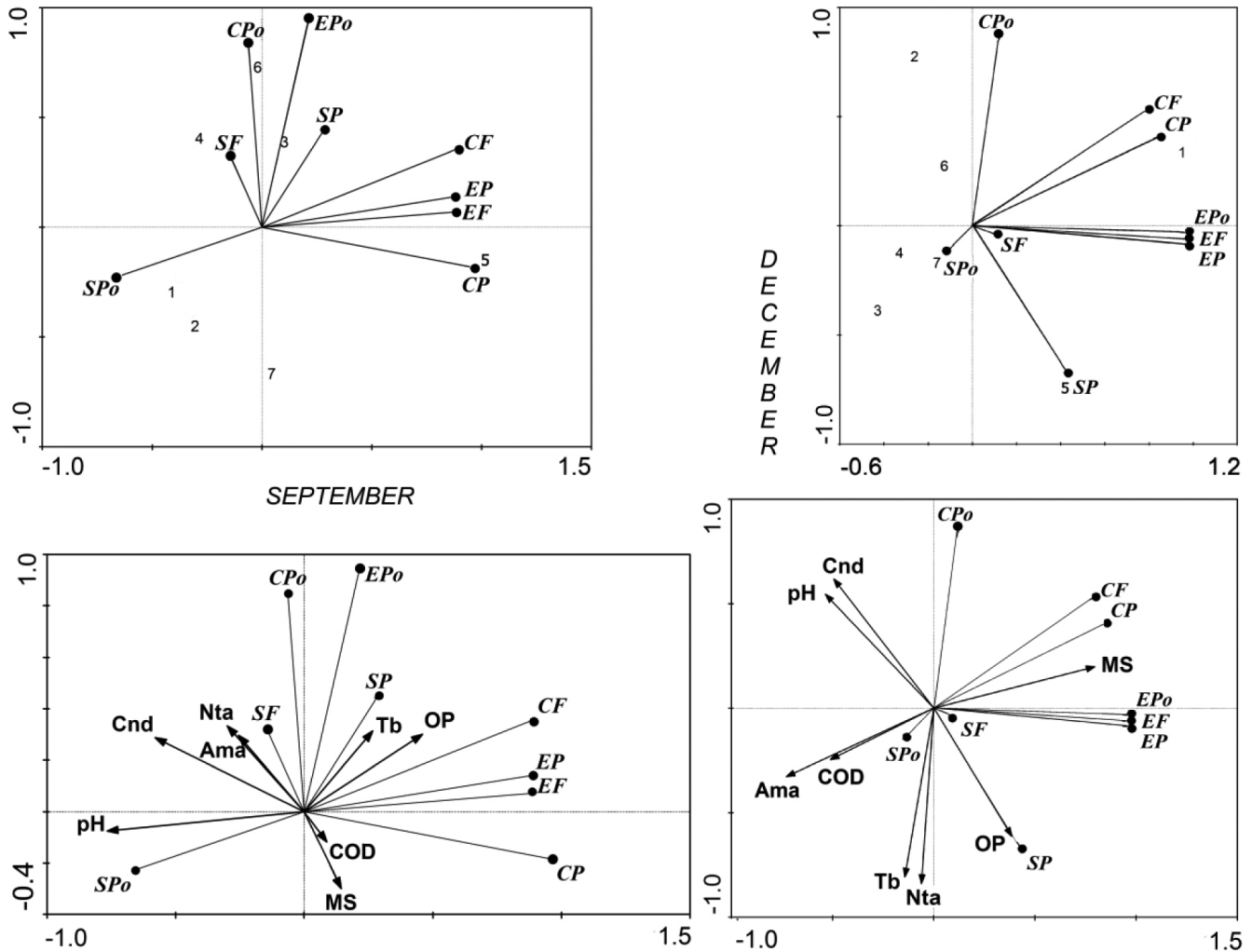


Figure 3. Ordination diagram of the Redundancy Analysis of water parameters and fish larvae in Guajará Bay showing the sampling stations in September and December of 2005. EP, EF, EPo = engraulids in pre-flexion, flexion and post-flexion; CP, CF, CPo = clupeids in pre-flexion, flexion and post-flexion; SP, SF, SPo = sciaenids in pre-flexion, flexion and post-flexion. Cnd = conductivity, Tb = turbidity, MS = suspended matter, COD = chemical oxygen demand, Nta = nitrate, Ama = ammonia and OP = orthophosphate.

worldwide estuaries (Barletta-Bergan et al. 2002a, Bonecker et al. 2007). Studies on the adults' gonad maturation stages indicated that the widely distributed euryhaline engraulid *Anchoa spinifer* (Valenciennes, 1848) predominantly used Guajará Bay as a breeding ground (Viana et al. 2010). However, difficulties faced to identify clupeiform larvae up to the species level as it is often the case (e.g. Coser et al. 2007), did not allow cross-checking this information with the ichthyoplanktonic data. The absence of Pristigasteridae larvae contrasted with the relatively strong abundance of the adults individuals (Viana et al. 2010), suggesting that their main spawning ground is not in the area of study. It is however noted that a few larvae of this family were encountered in small, highly contaminated creeks of the capital city during the months of September and January (V. Sarpedonti, unpublished data).

Discrepancies between adults (Viana et al. 2010) and larvae (this study) encounters in the bay were also registered among non-clupeiforms and attributed to habitat specificity or reproduction strategy. For example, adults *Colomesus asellus* (Muller & Troschel, 1849 - Tetraodontidae) and *Curimata inornata* (Vari, 1989 - Curimatidae) used the bay as a breeding ground; however, as they occupy essentially small channels, their larvae were absent

from the bay samples (this study) but were found in nearby mangrove environments (Sarpedonti et al. 2008) and small creeks of Belem's Islands (V. Sarpedonti, unpublished data). The practice of parental care, as it is the case for *Anableps anableps* (Linnaeus, 1758 - Anablepidae) and *Hoplia* gr. *malabaricus* (Bloch, 1794 - Erythrinidae), justify the scarcity of their larvae in the planktonic catches (Prado et al. 2006, Oliveira et al. 2011). The opposite scenario, when only larvae were present, was also observed. This was the case of the sciaenid *Stellifer rastrifer*. According to Camargo & Isaac (2005) the adults' spawning ground is located in the lower estuary; yet, eggs and newly hatched larvae would not remain there but drift towards the upper estuary where salinity is much lower. Similar behaviour applies to *Cynoscion acoupa* (Barletta & Barletta-Bergan 2009), although the presence of their larvae in oligohaline waters like in Guajará Bay, is unusual. *Plagioscion squamosissimus* is the only identified sciaenid species that use Guajará Bay both at the larval and adult stage. This pelagic species, originally from the Amazonian basin, is commonly found in the freshwaters of Northern South America. The relative abundance of young larvae and concentration of the elderly at the river mouth corroborated the migration pattern documented for this species. Indeed, studies conducted in South Brazil indicated that

adults spawn in calm areas where the young larvae would remain. As they reach a more advanced development stage, the individuals move towards areas of stronger water flow and use the currents to reach other nursery grounds (Baumgartner et al. 2003, Bialecki et al. 2004). All the remaining larval species that were absent from the juvenile/adult catches (Viana et al. 2010) counted very few individuals suggesting that their presence was accidental or that Guajará Bay was on their migration route.

The time frame for fish reproduction in tropical countries matches either a peak in natural food production (Cushing 1990) or propitious weather conditions that enhance recruitment success (Sinclair & Tremblay 1984). The main reproduction period at the onset of the rainy season (Viana et al. 2010, present study) when levels of primary production are high (Paiva et al. 2006), supports the first affirmation. According to Paiva et al. (2006), the high quantity of sediment load transported by the Guam River during the rainy season increases water turbidity which, in return, inhibits phytoplankton growth. On the contrary, the greater water transparency during the dry season favours primary production and therefore larval survival through an increase of alimnts availability (Cushing 1990, Mertz & Myers 1994). Besides food availability, floodplains that form with rising water level are crucial to the survival of many species that use these temporary environments as nursery grounds (Sousa & Freitas 2008, Sarpedonti et al. 2008, Barletta-Bergan et al. 2002b).

Fish larvae distribution is highly variable and depends essentially on hydrogeographical processes and meteorological events (Munk et al. 2003). The RDAs conducted on the September and December data showed similar patterns of larval distribution, indicating constancy in the use of Guajará Bay. For both months, assemblages' structure was controlled by the interactions between larval biological characteristics at the ontogenetic and taxonomic levels, and water components. Segregation between development stages is usually explained by a gain, or change, in biological abilities that enables the older larvae to use a wider - or new - range of environments (Simonovi et al. 1999, Sarpedonti et al. 2000, Pinder et al. 2005). In this study growing Clupeiforms moved from the farmost stations, S1 and S5, to the stations closer to the waterfront. The higher levels of conductivity and concentrations of N-compounds at stations S3, S4, S6 and S7 were related to the organic matter and domestic wastes poured into the bay. It is suggested that the higher concentrations of NO₃ (compatible with the ichthyoplankton life) in a stretch where currents are weaker (Barros et al. 2011) contributed to the higher larval diversity and to the approximation to the city of post-flexion clupeiforms. Ammonia levels of toxicity for fish vary considerably with pH, temperature, dissolved oxygen, taxa and development stages (Vosylien & Kazlauskien 2004, Eddy 2005). Previous studies indicated that concentrations registered at station S4 both in September and December can be unsuitable for the younger stages of some species. However, it was not possible to verify whether this observation also applied to the species present in the bay, although a negative correlation between young clupeiforms and NH₃ was observed, corroborating the findings of Mafalda Junior et al. (2008). Orthophosphate ions correspond to the aqueous form of phosphates; they are readily used by plants, or stored when present in excess. Their level of concentration is crucial for the ecosystem, especially freshwater environments where eutrophication is essentially controlled by P and not N (Howarth et al. 2000). Unlike nitrate, the higher amounts of OP were not necessarily associated to the waterfront stations and city pollution. Both N and P are directly related to sewage pouring; however P is also highly correlated to agricultural activities and erosion in the watershed. Phosphate concentrations loaded by the Guam and Maguari Rivers along their courses are high; once in the bay, particles are dispersed by the strong

currents to form peaks of concentration randomly distributed in the bay. The amounts of OP registered occasionally indicated quantities that could affect the environment through eutrophication. However, these cases were rare and taking into consideration the continuous mixing of waters in the bay, it is believed that, at the time of the study, concentrations were harmless to fish larvae.

The remaining water parameters, temperature, suspended matter and pH were within ranges of compatibility for aquatic life (www.mma.gov.br/conama/; www.water.epa.gov, <http://ceqg-rcqc.cmce.ca/>). It is noted that the occasional peaks (>500 NTU) of turbidity were related to the rainy season when water flow increases drastically. The pH, slightly acid in reason of the high concentrations of humic acid in the soil, is within range of normality for the Amazon Basin and should not be a limiting factor for larval growth and survival.

Although this study associated some larval distribution patterns to water parameters, it is unlikely that water quality governs larval assemblage. The water showed signs of contamination but, in the overall, parameters remained within the ranges of tolerance for fish. However, as little is known about larvae tolerance to water quality, histological analysis were subsequently performed on tissues of 28 clupeiforms measuring 1.0 mm total length. Their digestive tract cells showed no alterations sustaining the hypothesis that, to date, the environment is suitable for the ichthyoplankton. Complementary analysis on water microbiology indicated intensive amounts of bacteria, essentially coliforms, which make the environment inappropriate for Human use (Dilva 2006). However, their impact on the fish community of the Bay of Guajará is yet to be demonstrated. Instead, it is more probable that the hydrodynamic features around the insular system controls larval distribution.

Acknowledgements

The authors would like to thank Dr. José Souto Rosa Filho for his valuable assistance throughout the project, and all students and lab members who helped during field collections and lab work. This project was financed by the Secretary of Environment, Pará State, Brazil (SECTAM-PA) and the Brazilian National Research Centre (CNPq), process number 35.0628/2004-1.

References

- ARAÚJO-LIMA, C.A.R.M., SILVADA, V.V., PETRY, P. & MOURA, S.M.L. 2001. Diel variation of larval fish abundance in the Amazon and Rio Negro. *Braz. J. Biol.* 61(3):357-362.
- BARLETTA-BERGAN, A., BARLETTA, M. & SAINT-PAUL, U. 2002a. Structure and seasonal dynamics of larval fish in the Caete River Estuary in North Brazil. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 54:193-206.
- BARLETTA-BERGAN, A., BARLETTA, M. & SAINT-PAUL, U. 2002b. Community structure and temporal variability of ichthyoplankton in North Brazilian mangrove creeks. *J. Fish Biol.* 61(A):33-51.
- BARLETTA, M. & BARLETTA-BERGAN, A. 2009. Endogenous Activity Rhythms of Larval Fish Assemblages in a Mangrove fringed Estuary in North Brazil. *Open Fish Sci. J.* 2:15-24. <http://dx.doi.org/10.2174/1874401X00902010015>
- BARROS, M.L.C., SANTOS SENA, M.J. S., MESQUITA, A.L.A., BLANCO, C.J.C. & SECRETAN, Y. 2011. A water flow pattern analysis of Guajará Bay – Amazon estuary – Brazil. *J. Braz. Soc. Mech. Sci. Eng.* 33(1):79-85.
- BEZERRA, M.O., MEDEIROS, C., KRELLING, A.P.M., ROSÁRIO, R.P. & ROLLNIC, M. 2011. Physical oceanographic behavior at the Guama/ Acara-moju and the Paracauri River mouths, Amazon Coast (Brazil). *J. Coast. Res.* 64:1448-1452.
- BAUMGARTNER, M.S.T., NAKATANI, K., BAUMGARTNER, G. & MAKRAKIS, M.C. 2003. Spatial and temporal distribution of “curvina” larvae (*Plagioscion squamosissimus* Heckel, 1840) and its relationship

- to some environmental variables in the upper Paraná River floodplain, Brazil. *Braz. J. Biol.* 63(3):381-391.
- BIALETZKI, A., NAKATANI, K., SANCHES, P.V. & BAUMGARTNER, G. 2004. Eggs and larvae of the 'curvina' *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) (Osteichthyes, Sciaenidae) in the Baía River, Mato Grosso do Sul State, Brazil. *J. Plankton Res.* 26(11):1327-1336. <http://dx.doi.org/10.1093/plankt/fbh123>
- BONECKER, A.C.T., CASTRO, M.S., NAMIKI, C., BONECKER, F. & BARROS, T.F.B.A.G. 2007. Larval fish composition of a tropical estuary in northern Brazil (2 18°-2 47'S/044 20°-044 25°W) during the dry season. *PanamJAS* 2: 235-241.
- CABRAL, N.M.T. 2007. Teores de nitrato (NO₃⁻) e amônio (NH₄⁺) nas águas do aquífero barreiras nos bairros do Reduto, Nazaré e Umarizal – Belém/Pa. *Quim. Nova* 30(8):1804-1808. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422007000800003>
- CAMARGO, M. & ISAAC, V. 2005. Reproductive biology and spatio-temporal distribution of *Stellifer rastriifer*, *Stellifer naso* and *Macrodon ancylodon* (Sciaenidae) in the Caeté Estuary, Northern Brazil. *Braz. J. Oceanogr.* 53(1-2):13-21.
- CAMPFIELD, P.A. & HOUDE, E.D. 2011. Ichthyoplankton community structure and comparative trophodynamics in an estuarine transition zone. *Fish. Bull.* 109:1-19.
- CARVALHO, G.O. 2006. Environmental resistance and the politics of energy development in the Brazilian Amazon. *J. Environ. Dev.* 15(3):245-268.
- CLARKE, K.R. & AINDWORTH, M. 1993. A method of link multivariate community structure to environmental variables. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 92:205-217. <http://dx.doi.org/10.3354/meps092205>
- CLARKE, K.R. & GORLEY, R.N. 2006. PRIMER v6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth.
- COSER, L.M., PEREIRA, B.B. & JOYEUX, J.C. 2007. Descrição da comunidade ictioplânctônica e sua distribuição espacial no estuário dos rios Piraquê-açu e Piraquê-mirim, Aracruz, ES, Brasil. *Interciencia* 32(4):233-241.
- COSTA, A.J.G., COSTA, K.G., PEREIRA, L.C.C., SAMPAIO, M.I. & COSTA, R.M. 2011. Dynamics of hydrological variables and the fish larva community in an Amazonian estuary of northern Brazil. *J. Coastal Res.* 64:1960-1964.
- COSTELLO, M.J. & GAMBLE, J.C. 1992. Effects of sewage sludge on marine fish embryos and larvae. *Mar. Environ. Res.* 33(1):49-74.
- COSTELLO, M.J. & READ, P. 1994. Toxicity of Sewage Sludge to Marine Organisms: A Review. *Marine Environmental Research* 37:23-46. [http://dx.doi.org/10.1016/0141-1136\(94\)90061-2](http://dx.doi.org/10.1016/0141-1136(94)90061-2)
- CUSHING, D.H. 1990. Plankton production and year-class strength in fish populations: an update of the match/mismatch hypothesis. *Adv. Mar. Biol.* 26:249-293. [http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2881\(08\)60202-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2881(08)60202-3)
- DILVA, D.F. 2006. Utilização de indicadores biológicos na avaliação da qualidade da água da Baía do Guajará e do Rio Guamá (Belém-Pará). Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Pará, Belém.
- EDDY, F.B. 2005. Ammonia in estuaries and effects on fish. *J. Fish Biol.* 67:1495-1513. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8649.2005.00930.x>
- GREGÓRIO, A.M.S. & MENDES, A.C. 2009. Characterization of Sedimentary Deposits at the Confluence of Two Tributaries of the Pará River Estuary (Guajará Bay, Amazon). *Cont. Shelf Res.* 29(3):609-618. <http://dx.doi.org/10.1016/j.csr.2008.09.007>
- HOWARTH, R., ANDERSON, D., CLOERN, J., ELFRING, C., HOPKINSON, C., LAPOINTE, B., MALONE, T., MARCUS, N., McGLATHERY, K., SHARPLEY, A. & WALKER, D. 2000. Nutrient Pollution of Coastal Rivers, Bays, and Seas. *Issues Ecol.* 7:2-14.
- MAFALDA JUNIOR, P., SOUZA, C.S. & VELAME, M.P.B. 2008. Fish larvae assemblage of a coastal area under influence of petrochemical activities, in Todos os Santos Bay, Bahia, Brazil. *Aquat. Ecosyst. Health Mgmt.* 11(4):457-464.
- MARANHÃO, R.A. 2011. Impactos da ocupação urbana e qualidade das águas superficiais na microbacia de Val-de-cães (Belém/PA). *Caminhos Geog.* 12(38):176-186.
- MERTZ, G. & MYERS, A. 1994. Match/mismatch predictions of spawning duration versus recruitment variability. *Fish. Oceanogr.* 3(4):236-245.
- MUNK, P., HANSEN, B.W., NIELSEN, T.G. & THOMSEN, H.A. 2003. Changes in plankton and fish larvae communities across hydrographic fronts off West Greenland. *J. Plankton Res.* 25(7):815-830. <http://dx.doi.org/10.1093/plankt/25.7.815>
- MORAES, B.C., COSTA, J.M.N., COSTA, A.C.L. & COSTA, M.H. 2005. Variação espacial e temporal da precipitação no Estado do Pará. *Acta Amaz.* 35(2):207-214. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672005000200010>
- MOSER, H.G. 1984. Ontogeny and systematics of fishes. American Society of Ichthyologists and Herpetologists, New York.
- OLIVEIRA, V.A., FONTOURA, N.F. & MONTAG, L.G.A. 2011. Reproductive characteristics and the weight-length relationship in *Anableps anableps* (Linnaeus, 1758) (Cyprinodontiformes: Anablepidae) from the Amazon Estuary. *Neotrop. Ichthyol.* 9(4):757-766. <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252011005000042>
- PAIVA, R.S., ESKINAZI-LECA, E., PASSAVANTE, J.Z.O., SILVA-CUNHA, M.G.G. & MELO, N.F.A.C. 2006. Considerações ecológicas sobre o fitoplâncton da Baía do Guajará e foz do Rio Guamá, Pará, Brasil. *Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi* 1:133-146.
- PINDER, A.C., GOZLAN, R.E., BEYER, K. & BASS, J.A.B. 2005. Ontogenetic induced shifts in the ecology of sunbleak *Leucaspis delineaatus* during early development. *J. Fish Biol.* 67(B):205-217.
- PRADO, C.P.A., GOMIERO, L.M. & FROEHLICH, O. 2006. Spawning and parental care in *Hoplias malabaricus* (Teleostei, Characiformes, Erythrinidae) in the Southern Pantanal, Brazil. *Braz. J. Biol.* 66(2B):697-702.
- RIBEIRO, K.T.S. 2004. Água e saúde humana em Belém. CEJUP, Belém.
- RIBEIRO, K.T.S. & MARIN, R.A. 2002. A questão ambiental da água e a interface na saúde humana. In *Saúde, Trabalho e Meio Ambiente. Núcleo de Altos Estudos Amazônicos* (R.C. Couto, E.R. Castro & R.A. Marin, eds.). Belém, p.147-177.
- ROZAS, L.P. & HACKNEY, C.T. 1984. Use of oligohaline marshes by fishes and macrofaunal crustaceans in North Carolina. *Estuaries* 7(3):213-224.
- SARPEDONTI, V., PONTON, D. & CHONG, V.C. 2000. Description and ontogeny of young *Stolephorus baganensis* and *Thryssa kammalensis*, two Engraulididae from Peninsular Malaysia. *J. Fish Biol.* 56:1460-1476. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8649.2000.tb02157.x>
- SARPEDONTI, V., ANUNCIAÇÃO, E.M.S. & NAHUM, J.I. 2008. Ichthyoplankton variations in two mangrove creeks of the Curuçá Estuary, Pará, Brazil. *Ecotrópicos* 21(1):1-12.
- SCHULZ, U.H. & MARTINS-JUNIOR, H. 2001. *Astyanax fasciatus* as bioindicator of water pollution of Rio dos Sinos, RS, Brazil. *Braz. J. Biol.* 61(4):615-622.
- SIMONOVÍČ, P.D., GARNER, P., EASTWOOD, E.A., KOVÁČ, V. & COPP, G.H. 1999. Correspondence between ontogenic shifts in morphology and habitat use in minnow *Phoxinus phoxinus*. *Environ. Biol. Fish.* 56:117-128. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1007541915307>
- SINCLAIR, M. & TREMBLAY, M.J. 1984. Timing of spawning of Atlantic Herring (*Clupea harengus harengus*) populations and the match-mismatch theory. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 41:1055-1065.
- SOUSA, R.G.C. & FREITAS, C.E.C. 2008. The influence of flood pulse on fish communities of floodplain canals in the Middle Solimões River, Brazil. *Neotrop. Ichthyol.* 6(2):249-255.
- STRAND, J., ANDERSEN, L., DAHLLO, I. & KORSGAARD, B. 2004. Impaired larval development in broods of eelpout (*Zoarces viviparus*) in Danish coastal waters. *Fish Physiol. Biochem.* 30:37-46. <http://dx.doi.org/10.1007/s10695-004-6003-7>

Fish larvae in a North Brazilian estuary

- TER BRAAK, C. J. F. 1988. CANOCO. A Fortran program for canonical community ordination by partial, detrended, canonical analysis, principal component analysis and redundancy analysis (version 2.1). Report LWA 88-02 Mathematics Group, Wageningen.
- VOSYLIENĖ, M.Z. & KAZLAUSKIENĖ, N. 2004. Comparative studies of sublethal effects of ammonia on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) at different stages of its development. *Acta Zool. Lituanica* 14(1):1648-6919.
- VIANA, A.P., LUCENA FRÉDOU, F., FRÉDOU, T., TORRES, M.F. & BORDALO, A.O. 2010. Fish fauna as an indicator of environmental quality in an urbanised region of the Amazon estuary. *J. Fish Biol.* 76:467-486. PMID:20666891. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8649.2009.02487.x>
- VINOD, T. 2006. From inside Brazil: development in a land of contrasts. World Bank, Washington.
- WALSH, C.J. 2000. Urban impacts on the ecology of receiving waters: a framework for assessment, conservation and restoration. *Hydrobiologia* 431:107-114. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1004029715627>
- WEILAND, U., RICHTER, M. & KASPERIDUS, H.D. 2005. Environmental management and planning in urban regions – are there differences between growth and shrinkage? In *Sustainable development and planning II* (C.A. Brebbia & A. Kungolos, eds.). WIT Press, University of Thessaly, Greece, p.441-450.

Received 06/26/2012

Revised 06/20/2013

Accepted 07/22/2013

Floristic and phytosociology in a physiognomic gradient of riverine forest in Cerrado, Campinas, SP

Marina Begali Carvalho^{1,3}, Luís Carlos Bernacci² & Ricardo Marques Coelho¹

¹Centro de Solos e Recursos Ambientais, Instituto Agronômico, CP 28, CEP 13020-902, Campinas, SP, Brasil

²Centro de Recursos Genéticos, Instituto Agronômico, CP 28, CEP 13020-902, Campinas, SP, Brasil

³Corresponding author: Marina Begali Carvalho, e-mail: mari_bcarvalho@yahoo.com.br

CARVALHO, M.B., BERNACCI, L.C. & COELHO, R. M. **Floristic and phytosociology in a physiognomic gradient of riverine forest in Cerrado, Campinas, SP.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?article+bn02413032013>

Abstract: Knowledge on floristic composition and vegetation structure is essential to preserve plant biodiversity and environmental conditions. A floristic and structural survey of woody vegetation was carried out in a physiognomic gradient of riparian forest of Cerrado vegetation, Campinas - SP. We sampled 25 plots, distributed along five transects, located perpendicularly to a stream. We found 971 individuals (65 standing dead trees) distributed among 35 families and 80 species. We recorded one single individual of exotic species (*Citrus limon* – rangpur) and a large number of individuals of endangered species (*Luetzelburgia guaissara*, *Myroxylon peruiferum* and *Trichilia hirta*) indicating that the Santa Elisa study area retains much of the original characteristics of its native vegetation. The small number of exclusive Cerrado species in the study area indicates that riverine environments represent a very different condition in relation to that of the Cerrado. Except for swampy areas, which are more homogeneous and floristically similar to each other due to adaptations to greater environmental constraints, the riverine forest physiognomies showed greater internal floristic heterogeneity, even considering only those located in Cerrado areas. This emphasizes the importance of studying riverine forests flora for each particular region, especially when restoration or management actions are needed. At the Santa Elisa riverine-cerrado transition fragment, riparian species were found throughout gradient up to the limit of the study area showing that a distance of at least 50 m far from the stream should be preserved in order to keep the riparian environment.

Keywords: *ecotone, savanna, floristic similarity, riverine forest-cerrado transition, vegetation structure.*

CARVALHO, M.B., BERNACCI, L.C. & COELHO, R.M. **Florística e fitossociologia em um gradiente fisionômico de floresta ribeirinha em Cerrado, Campinas, SP.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?article+bn02413032013>

Resumo: Conhecer a composição florística e a estrutura da vegetação é imprescindível quando se trata da conservação da biodiversidade e das condições ambientais. Foi realizado um levantamento florístico e estrutural da vegetação arbórea em um gradiente fisionômico de mata ribeirinha em área de Cerrado, Campinas - SP, em 25 parcelas, distribuídas em cinco transectos, localizados perpendicularmente a um córrego. Foram encontrados 971 indivíduos (65 mortos em pé), pertencentes a 35 famílias e 80 espécies, sendo um único indivíduo de espécie exótica (*Citrus limon* – limão-vinagre) e um número muito maior de indivíduos de espécies ameaçadas (*Luetzelburgia guaissara*, *Myroxylon peruiferum* e *Trichilia hirta*) indicando que a área de estudo na Fazenda Santa Elisa mantém muito das características originais de sua vegetação nativa. O pequeno número de espécies exclusivas do Cerrado na área de estudo indica que ambientes ribeirinhos representam uma condição muito diferente em relação àquelas do Cerrado. Com exceção de áreas paludícolas, que são mais homogêneas e floristicamente semelhantes devido à adaptação a maiores restrições ambientais, as fisionomias florestais ribeirinhas comparadas mostraram grande heterogeneidade florística, mesmo considerando-se apenas aquelas localizadas em áreas de Cerrado. Isso enfatiza a importância de se estudar a flora das florestas ribeirinhas de cada região em particular, especialmente quando as ações de restauração ou de gestão são necessárias. No fragmento de transição floresta ribeirinha-cerrado da Fazenda Santa Elisa, as espécies exclusivas de florestas ribeirinhas, embora com diferentes densidades, foram encontradas em todo o gradiente até o limite da área de estudo, mostrando que a vegetação deve ser preservada até uma distância de pelo menos 50 m a partir do rio, a fim de manter o ambiente ribeirinho.

Palavras-chave: *ecótono, savana, similaridade florística, transição floresta ribeirinha-cerrado, estrutura da vegetação.*

Introduction

The Brazilian savanna, hereafter called cerrado (usual designation in Brazil) has a very wide distribution. From its core region in Central Brazil (Mantovani & Martins 1993) it extends continuously throughout the states of Goiás, Tocantins, Minas Gerais, Distrito Federal, Bahia, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Piauí, Maranhão, Rondônia and São Paulo, also occurring in disjoint areas in the states of Amapá, Amazonas, Pará, Ceará, Paraná and Roraima (Ribeiro & Walter 1998). Because of its distribution in areas with different environmental conditions, the Cerrado is found as a mosaic of vegetation types, from grassland vegetation with greater presence of shrubs and grasses (such as scrub savanna – “campo cerrado” - and grassland savanna – “campo sujo” and “campo limpo”), throughout an intermediate vegetation (such as savanna *sensu stricto* – “cerrado *sensu stricto*”), and then to a forest vegetation (forested savanna – “cerradão”) with continuous canopy (Coutinho 2002) that, according to Rizzini (1997), was originally associated with rainforests.

Due to the central position of the Cerrado in Brazil and its marginal areas of occurrence, it is associated with other physiognomic domains such as the Amazon and Atlantic Forests as part of the “diagonal of open formations”, that also includes Chaco and Caatinga (Oliveira-Filho & Fontes 2000). The Amazon and the Atlantic Forests have intrusions into the Cerrado represented by alluvial or riverine forests (Oliveira-Filho & Ratter 1995), which can be considered a transition area.

There are several terms to characterize the forests on the margin of rivers and other water bodies. Rodrigues (2000) distinguishes them as swampy forests (where the soil is permanently waterlogged and there is constant flow of surface water in channels), gallery forests (inserted in areas with non-forest interfluvial vegetation and along small rivers, forming the galleries), riparian forests (inserted in areas where interfluvial vegetation is forested) and riverine forests (very generic term, can be used to designate the vegetation occurring on the edge of marginal levees, differing from gallery forests by not forming corridors of vegetation).

Considering only the Cerrado domain, Ribeiro & Walter (1998) recognize riverine forests, such as those surrounded by dry forests (matas secas) or “cerradão” – forest physiognomies floristically different from riverine forests –, and gallery forests, where the interfluvial vegetation is not forest, with abrupt transition to savanna and grassland formations. According to Coutinho (2002) these forests are considered a non-cerrado vegetation.

Transition areas aroused attention over time, especially in the search for understanding the distribution of its species and the factors that determine them. Ecotones frequently support high levels of biological diversity (Risser 1995, Van Rensburg et al. 2009), though it is controversial whether they represent special areas of speciation and diversity (Kark & Van Rensburg 2006). There are ecotone areas with different environmental characteristics that do not fit the expectation of greater biodiversity than limitrophe areas (Lloyd et al. 2000). Biodiversity is not intrinsic property of ecotones, since it depends on the particular ecological conditions of the site and on the ecology of the present species (Lloyd et al. 2000).

The Cerrado was degraded due to the establishment of pastures and other crops, which endangers its immense biodiversity and makes it a global hotspot (Myers et al. 2000). In São Paulo state, the remnants of “cerrado” are very fragmented (Durigan et al. 2004) and only 0.5% is protected by some type of conservation unit (Durigan et al. 2006). The Cerrado occupied 14% of State of São Paulo and were reduced to 1% of this area (Fiori & Fioravanti 2001), which motivated the development of protective legislation (Brasil 2009).

With the exception of swampy forests, riverine forests are diverse from each other, due to different vegetation types with which they limit (Bernacci et al. 1998, Rodrigues & Nave 2000). Despite being protected by the Brazilian Forest Code (Código Florestal Brasileiro) as areas of permanent preservation, riverine forests have suffered from urbanization and implementation of agricultural crops and pastures. More recently, legislation has decreased the size of the areas to be maintained as protected (Brasil 2012).

Since riverine forests usually show similarities with the surrounding vegetation, despite their great heterogeneity, the aim of this study was to evaluate whether riverine forests in savanna areas are similar to each other. The analysis involved the composition, structure, biodiversity and the species distribution in a riverine forest-cerrado transition, as well as comparison with fragments in similar environments throughout Brazil.

Material and Methods

The study area (Figure 1A) is located at Campinas, SP, in between the coordinates 22° 51' 21" and 22° 51' 27" S, and 47° 05' 28" and 47° 05' 36" W, inside an agricultural research farm of Instituto Agrônomico (IAC). The region has a subtropical climate (Cwa, Koeppen classification), with an annual mean temperature of 20.3 °C and annual rainfall of 1409.5 mm (Mello et al. 1994). Soils occurring in the area are Gleysols, Ferralsols and Cambisols, all of them of low base saturation, their distribution depending on proximity to water sources (Carvalho 2012). The area has been in a process of natural regeneration in the last 40-50 years, but during the study development circulation of cattle and of neighborhood residents was observed, in addition to burnt in the vegetation located very close to the study plots, caused by fire, what is supposed to have affected the area somehow.

The Campinas municipality territory, located in the Atlantic Forest domain, had originally Cerrado vegetation, seasonal forest and swampy forest, with predominance of forests and only about 5% of its area corresponding to Cerrado (Kronka et al. 2005). The study area represents a transition from riverine forest to drier Cerrado area. Twenty five plots of 10 × 10 m were set up in five distinct transects (each one with five contiguous plots) approximately perpendicular to the stream (Figure 1B). Distribution of plots is so that all transects represent the two physiognomies: riverine forest and “cerradão”. In transects 3 and 4 (Figure 1B) the two plots farthest from the stream were spaced 10 m far from the other plots of the transect to avoid an existing walking path.

Woody plants, except lianas, with height greater than or equal to 1.5 m and diameter at ground level greater than or equal to 3 cm were collected and identified to determine the floristic composition and vegetation structure. The identification was made by identification keys and specialized bibliography, and by comparison with existing herbarium specimens and consultation with experts. Height was estimated, and perimeter at ground level (PGL) and at breast level (PBL) was measured for each individual.

The floristic list and its phytogeographic domains were checked in the List of Species of the Brazilian Flora (Jardim... 2013), which was also used to verify the synonymy of species names. This list was also compared to a floristic review made by Mendonça et al. (2008) for the Brazilian Cerrado, with the physiognomic types classified according to Ribeiro & Walter (1998), who studied “cerradão”, “cerrado *sensu stricto*”, “campo cerrado”, “campo sujo” and grassland (“campo limpo”) physiognomies, plus riverine and gallery forests. Forest physiognomies along watercourses were considered in this study as riverine forests (Rodrigues 2000), what is consistent with the term alluvial (Veloso et al. 1991).

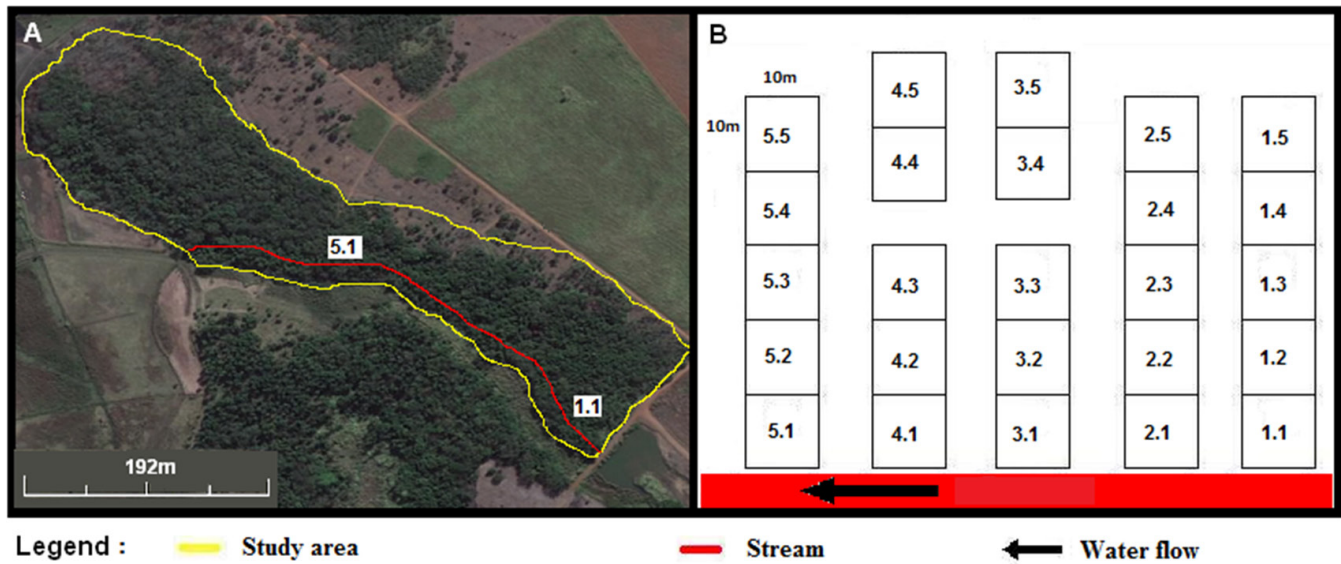


Figure 1. (A) Study area with approximate position of two plots closer to the stream (plots 5.1 and 1.1) from the two extreme transects (transects 1 and 5) (modified from GoogleEarth 2011) and (B) plots diagram, with relative position of the plots to the stream (B).

The phytosociological parameters number of individuals, frequency and absolute dominance, importance value index (IVI) and the Shannon-Wiener diversity index (H') were calculated with the software FITOPAC (Shepherd 2010) and compared to other studies in areas of Cerrado vegetation and riverine forests from the Southeast and other geographical regions of Brazil. The similarity analysis (cluster), using the Bray-Curtis coefficient and group average as hierarchical clustering method (UPGMA), was performed with data of the present paper and data of other scientific publications that presented the species abundance, considering only species occurring in at least three publications. To verify correlation between the species matrix and the geographic distance matrix, we used the Mantel Test with significance tested by Monte Carlo (1000 permutations) and performed by the PC-Ord software, version 5 (McCune & Mefford 2006).

Results

There were 971 individuals (65 individuals – 6.7% - of standing dead trees) in the study area, belonging to 35 families and 80 species. The richest families were Fabaceae *lato sensu* (13 species), Meliaceae and Myrtaceae (six species each), Lauraceae and Rutaceae (four species each), which represented 41% of the sampled species (Table 1). We found only one exotic species (*Citrus limon* (L.) Burm.f. - rangpur), represented by a single individual.

The species with the highest Importance Value Index (Table 2) were *Nectandra nitidula* (Lauraceae), *Gochnatia polymorpha* (Asteraceae), *Dendropanax cuneatus* (Araliaceae), *Protium heptaphyllum* (Burseraceae) and *Trichilia pallida* (Meliaceae). Of these species, just *Gochnatia polymorpha* is not among the five most abundant species and with the highest frequencies, being surpassed by *Guarea macrophylla* (Meliaceae) in abundance and *Cecropia pachystachya* (Urticaceae) in frequency, equalling to *Mollinedia widgrenii* (Monimiaceae), *Siparuna guianensis* (Siparunaceae) and *Ocotea velloziana* (Lauraceae) in the latter parameter. The Shannon-Wiener diversity index (H') was 3.49 nats/individual and the evenness (J) was 0.79 (Table 3).

According to the List of Species of the Brazilian Flora (Jardim... 2013) and considering both Atlantic Forest and Cerrado

domains, only five of the identified species in the area were listed as occurring exclusively in the Atlantic Forest (*Alchornea sidifolia* - Euphorbiaceae, *Celtis pubescens* - Cannabaceae, *Cordia americana* - Boraginaceae, *Eugenia pluriflora* - Myrtaceae - and *Luetzelburgia guaissara* - Fabaceae) and only two were listed exclusively for the Cerrado domain (*Cordia trichotoma* - Boraginaceae - and *Guettarda pohliana* - Rubiaceae). The remaining species were listed as occurring in both domains. In the case of the 25 identified species with physiognomic type specified in the “Lista de Espécies da Flora do Brasil”, 60% (15 species) occur in both Cerrado and in riverine/gallery forest, 20% (5) only in Cerrado, 12% (3) only in riverine/gallery forest and 8% (2) do not occur in any of these two groups of vegetation (Jardim... 2013).

Assuming the classification of Mendonça et al. (2008), it was noticed that 8.75% of the species (7 species) in this study are listed for Cerrado, 30% (24 species) for riverine/gallery forests, 45% (36 species) for both and 16.25% (13 species) were not listed for Cerrado nor for riverine/gallery forests. Others species, such as *Cestrum mariquitense* (Solanaceae) and *Zanthoxylum acuminatum* (Rutaceae) spread over several phytogeographic domains, including Cerrado and Atlantic Forest, while *Eugenia uniflora* and *E. paracatuana* (Myrtaceae), and *Persea wilddenovii* (Lauraceae) occurred only in these two domains and *Cordia americana* (Boraginaceae) and *Luetzelburgia guaissara* (Fabaceae) only in Atlantic Forest. *Cordia americana* was sampled in riverine forests in Jardim (MS), where vegetation is influenced by deciduous and semideciduous forests, besides Cerradão (Battilani et al. 2005), and in Tibagi (PR), with influence of alluvial and montane mixed rain forest (Dias et al. 1998); *Cestrum mariquitense* and *P. wilddenovii* occur in Cerrado physiognomy (*C. mariquitense* in Itirapina - SP, and *P. wilddenovii* in Assis - SP), both in area of Atlantic Forest domain, or in riverine forests with contact with Cerrado (both in Lavras - MG). Still, in Campinas, *P. wilddenovii* and *L. guaissara* were sampled in areas of “cerradão” (Viracopos and CEC, respectively) and transitional Cerrado with seasonal forest (Vila Holanda II), in the Anhumas River Basin (Torres et al. 2006; R.B. Torres, personal communication).

Considering the five most important species in the area (Table 2), Mendonça et al. (2008) listed *Dendropanax cuneatus* and *Nectandra*

Table 1. Trees species recorded in a physiognomic gradient of riverine forest-cerrado at Campinas, SP, indicating number of inclusion in the IAC herbarium collection and those listed as belonging to cerrado – CE (Mendonça et al. 2008) – and/or riverine forest – MC/MG (Felfili et al. 2001).

Family	Species	CE	MC/MG	IAC number	
Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	X	X	46513	
	<i>Lithrea molleoides</i> (Vell.) Engl.	-	X	25873	
	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	X	X	21506	
Apocynaceae	<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> Müll.Arg.	X	X	51936	
Araliaceae	<i>Dendropanax cuneatus</i> (DC.) Decne. & Planch.	-	X	50858	
Arecaceae	<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.	X	-	-	
Asteraceae	<i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabrera	X	X	53542	
Bignoniaceae	<i>Handroanthus cf heptaphyllus</i> Mattos	-	X	42630	
	<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	X	-	-	
Boraginaceae	<i>Cordia americana</i> (L.) Gottschling & J.S.Mill.	-	-	29915	
	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	X	X	53543	
Burseraceae	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	X	X	53522	
Cannabaceae	<i>Celtis pubescens</i> (Kunth) Spreng.	X	-	53531	
	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	X	X	34804	
Chlorantaceae	<i>Hedyosmum brasiliense</i> Miq.	-	X	45704	
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum suberosum</i> A. St.-Hil.	X	-	53529	
Euphorbiaceae	<i>Alchornea sidifolia</i> Müll.Arg.	X	X	53530	
	<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	X	-	32142	
	<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	-	X	53540	
	<i>Andira fraxinifolia</i> Benth.	X	X	41909	
Fabaceae	<i>Bauhinia longifolia</i> (Bong.) Steud.	X	X	44585	
	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	X	X	41045	
	<i>Dalbergia frutescens</i> (Vell.) Britton	-	X	42242	
	<i>Inga sessilis</i> (Vell.) Mart.	-	X	7293	
	<i>Lonchocarpus cultratus</i> (Vell.) A.M.G.Azevedo & H.C.Lima	-	X	42065	
	<i>Luetzelburgia guaissara</i> Toledo	-	-	18238	
	<i>Machaerium aculeatum</i> Raddi	X	X	46444	
	<i>Machaerium brasiliense</i> Vogel	X	X	23107	
	<i>Machaerium hirtum</i> (Vell.) Stellfeld	-	X	19846	
	<i>Machaerium nyctitans</i> (Vell.) Benth.	-	X	39849	
Lacistemataceae	<i>Myroxylon peruiferum</i> L.f.	-	X	12914	
	<i>Platypodium elegans</i> Vogel	X	X	29927	
	<i>Lacistema hasslerianum</i> Chodat	X	X	53548	
	Lamiaceae	<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenke	X	X	53521
	Lauraceae	<i>Nectandra grandiflora</i> Nees	-	X	5047
		<i>Nectandra nitidula</i> Nees	-	X	53534
		<i>Ocotea velloziana</i> (Meisn.) Mez	X	X	53524
		<i>Persea willdenovii</i> Kosterm.	-	-	42066
	Magnoliaceae	<i>Magnolia ovata</i> (A.St.-Hil.) Spreng.	-	X	46962
	Malvaceae	<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna	-	X	42700
<i>Luehea candicans</i> Mart. & Zucc.		X	X	53523	
<i>Luehea grandiflora</i> Mart. & Zucc.		X	X	42669	
Meliaceae	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	X	X	41737	
	<i>Guarea macrophylla</i> Vahl	-	-	53537	
	<i>Trichilia claussenii</i> C. DC.	-	X	46546	
	<i>Trichilia elegans</i> A.Juss.	-	X	53532	
	<i>Trichilia hirta</i> L.	-	-	53533	
Monimiaceae	<i>Trichilia pallida</i> Sw.	X	X	53550	
	<i>Mollinedia widgrenii</i> A. DC.	-	X	45111	
Moraceae	<i>Ficus enormis</i> Mart. ex Miq.	-	X	53536	
	<i>Ficus guaranitica</i> Chodat	-	X	53552	
	<i>Ficus insipida</i> Willd.	-	X	-	
Myrsinaceae	<i>Rapanea gardneriana</i> (A.DC.) Mez	X	X	53546	

Table 1. Continued...

Family	Species	CE	MC/MG	IAC number
Myrtaceae	<i>Campomanesia guazumifolia</i> (Cambess.) O.Berg	X	-	53551
	<i>Eugenia florida</i> DC.	X	X	45108
	<i>Eugenia paracatuana</i> O.Berg.	-	-	53528
	<i>Eugenia pluriflora</i> DC.	X	-	53527
	<i>Eugenia uniflora</i> L.	-	-	39328
	<i>Myrciaria floribunda</i> (H. West ex Willd.) O.Berg	X	X	41208
Nyctaginaceae	<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	X	X	46601
Peraceae	<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	X	X	35352
Piperaceae	<i>Piper aduncum</i> L.	X	X	53213
	<i>Piper arboreum</i> Aubl.	X	X	53541
	<i>Piper mollicomum</i> Kunth	-	X	53214
Rubiaceae	<i>Guettarda</i> cf. <i>uruguensis</i> Cham. & Schltdl.	-	-	53526
	<i>Guettarda</i> cf. <i>pohliana</i> Müll.Arg.	X	X	53525
Rutaceae	<i>Citrus limon</i> (L.) Burm.f.	-	-	-
	<i>Zanthoxylum acuminatum</i> (Sw.) Sw.	-	-	46360
	<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	-	-	46564
	<i>Zanthoxylum riedelianum</i> Engl.	X	X	31951
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	X	X	53535
Sapindaceae	<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	-	X	41406
	<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	X	X	46969
	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	X	X	39351
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum marginatum</i> (Hook. & Arn.) Radlk.	X	X	46931
Siparunaceae	<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	X	X	53538
Solanaceae	<i>Cestrum mariquitense</i> Kunth.	-	-	53547
Styracaceae	<i>Styrax camporum</i> Pohl	X	X	53544
Urticaceae	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	X	X	53539
Verbenaceae	<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	-	-	40888

nitidula just for riverine or gallery forests, whereas *Gochnatia polymorpha*, *Protium heptaphyllum* and *Trichilia pallida* are listed for both riverine/gallery forest and Cerrado, and in the current study all these species were observed in plots closer and in plots farther from the stream or in more well drained soils (Table 2). The data from “Lista de Espécies da Flora do Brasil” (Jardim... 2013) are different just for *Gochnatia polymorpha*, which is listed for Cerrado and also for rainforest, not being listed for riverine/gallery forests.

As can be seen in Table 2, the majority of species was found in plots closer and farther from the stream. Considering the species with 10 or more individuals, *Gochnatia polymorpha* and *Chrysophyllum marginatum* were not found only in the first line of occurrence (until 10 meters from the stream) and *Copaifera langsdorffii* was not found in the line farther (line between 40 and 50 meters from the stream). *Styrax camporum* was not found in lines 4 (30 to 40 meters) and 5 (40 to 50 meters), *Sebastiania brasiliense* in line 3 (20 a 30 meters) and *Erythroxylum suberosum* in lines 1, 2 and 3.

The basal area calculated from the PGL at Fazenda Santa Elisa (51.2 m²/ha - Table 3) is the second largest of the compiled studies shown on Table 3. When we consider the PBL, the basal area decreases to 29.28 m²/ha, i.e., intermediate to those other areas. The basal area reported for “cerrados” and riverine forests shows large variation depending on sampling sites (Table 3), from 5.6 m²/ha (in a “campo cerrado” – Jaguariaíva, PR) to 75.33 m²/ha (riverine forest – Cuiabá, MT). Overall, riparian forests basal areas were larger than that at “cerrados”, but riverine forest of Coxim (MS) showed exceptionally small basal area (12.78 m²/ha), whereas the “cerrados”

of Uberlândia - MG (28.2 and 35 m²/ha) and Pratânia - SP (41 m²/ha) showed very high basal area values.

Shannon-Wiener diversity index at the transitional riverine forest/“cerrado” area of Fazenda Santa Elisa ($H = 3.49$ nats/ind) is very close to the indices found for a dystrophic-soil “cerrado” at Uberlândia, MG (Moreno et al. 2008) and a “cerrado” at Uberlândia, MG (Costa & Araujo 2001). The Shannon-Wiener diversity index at Fazenda Santa Elisa was intermediate to the maximum and minimum values (4.33 and 3.41 nats/ind) found at riverine forests in Bom Sucesso – MG (4.33 nats/ind) and Jardim – MS (3.41 nats/ind), very close to the index found in a riverine forest-Cerrado transition in Itirapina (SP) and larger than the values found for a “cerrado”-swampy forest transition in Brotas, SP (Gomes et al. 2004). In addition to similar diversity indices, the dystrophic-soil “cerrado” (Moreno et al. 2008) and the other “cerrado” (Costa & Araujo 2001), both at Uberlândia, MG, showed Pielou evenness values close to the one of Fazenda Santa Elisa (0.79 – Table 3).

From a similarity matrix composed by 665 species from the publications listed on Table 3 and Table 4, just 241 (36.2%) were selected for clustering since they occurred in three or more surveys. Among those species, none occurred in all surveys, being *Casearia sylvestris* (Flacourtiaceae) the one with the higher incidence (19 of 33 areas), followed by *Tapirira guianensis* (Anacardiaceae - 17 occurrences) and *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae - 16 occurrences), all of the three sampled in the Santa Elisa study.

The Mantel’s test (Monte Carlo $p = 0.001$) opposing geographical distance (geographic coordinates) and species abundance showed

Floristic and phytosociology of riverine forest in Cerrado

Table 2. Phytosociological parameters of the species ordered by IVI (Importance Value Index) from measurements of perimeter at ground level (PGL), sampled in the physiognomic gradient of riverine forest in a Cerrado area in Campinas, SP. NInd - number of individuals; FA - absolute frequency; DoA - absolute dominance; Line - occurrence line from species individuals: 1 - line until 10 meters away from the stream, 2 - until 20 meters away from the stream, 3 - until 30 meters away from the stream, 4 - until 40 meters away from the stream, 5 - until 50 meters away from the stream.

Species	NInd	FA	DoA	IVI	Line
<i>Nectandra nitidula</i>	134	88	8.98	36.91	1, 2, 3, 4, 5
<i>Gochnatia polymorpha</i>	33	36	7.69	20.75	2, 3, 4, 5
<i>Dendropanax cuneatus</i>	85	52	1.73	15.42	1, 2, 3, 4, 5
<i>Protium heptaphyllum</i>	72	64	1.73	14.90	1, 2, 3, 4, 5
<i>Trichilia pallida</i>	76	72	0.94	14.30	1, 2, 3, 4, 5
<i>Styrax camporum</i>	26	32	3.21	11.02	1, 2, 3
<i>Guarea macrophylla</i>	51	52	0.53	9.65	1, 2, 3, 4, 5
<i>Copaifera langsdorffii</i>	23	32	1.51	7.39	1, 2, 3, 4
<i>Machaerium hirtum</i>	8	12	3.07	7.60	1
<i>Tapirira guianensis</i>	16	32	1.53	6.74	1, 2, 3, 4, 5
<i>Platypodium elegans</i>	9	16	2.05	5.98	3, 4, 5
<i>Mollinedia widgrenii</i>	26	36	0.45	5.89	1, 2, 3, 4, 5
<i>Cecropia pachystachya</i>	20	40	0.39	5.44	1, 2, 3, 4, 5
<i>Chrysophyllum marginatum</i>	24	28	0.58	5.42	2, 3, 4, 5
<i>Siparuna guianensis</i>	24	36	0.29	5.39	1, 2, 3, 4, 5
<i>Cordia trichotoma</i>	15	32	0.78	5.16	1, 2, 3, 4, 5
<i>Luehea candicans</i>	11	32	0.93	5.06	1, 2, 3, 4, 5
<i>Lonchocarpus cultratus</i>	9	28	1.05	4.83	3, 4, 5
<i>Trichilia clausenii</i>	20	32	0.31	4.75	1, 2, 3, 5
<i>Ocotea velloziana</i>	14	36	0.25	4.30	1, 2, 3, 4, 5
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	15	20	0.59	3.99	1, 2, 4, 5
<i>Casearia sylvestris</i>	10	28	0.45	3.75	1, 2, 3, 4, 5
<i>Machaerium aculeatum</i>	7	24	0.60	3.46	1, 2, 4
<i>Myroxylon peruiferum</i>	8	24	0.40	3.18	1, 2, 3
<i>Eugenia pluriflora</i>	12	24	0.15	3.09	1, 3, 4, 5
<i>Zanthoxylum riedelianum</i>	7	20	0.38	2.77	3, 4, 5
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>	6	16	0.56	2.77	1, 2, 3
<i>Piper arboreum</i>	10	24	0.05	2.71	2, 3, 4, 5
<i>Eugenia florida</i>	7	24	0.06	2.42	1, 2, 3, 4
<i>Erythroxylum suberosum</i>	13	12	0.16	2.43	4, 5
<i>Aegiphila integrifolia</i>	5	20	0.25	2.32	1, 3, 5
<i>Magnolia ovata</i>	8	12	0.36	2.31	1, 2
<i>Pera glabrata</i>	4	16	0.34	2.14	2, 4
<i>Myrciaria floribunda</i>	8	16	0.05	1.96	1, 2, 3, 5
<i>Dalbergia frutescens</i>	6	12	0.19	1.77	1, 3, 5
<i>Matayba elaeagnoides</i>	4	16	0.13	1.73	3, 5
<i>Bauhinia longifolia</i>	3	12	0.32	1.72	1, 3
<i>Citharexylum myrianthum</i>	1	4	0.58	1.50	2
<i>Ficus guaranitica</i>	4	12	0.15	1.49	3, 5
<i>Allophylus edulis</i>	4	12	0.12	1.44	1, 3, 4
<i>Piper mollicomum</i>	4	12	0.02	1.24	2, 4
<i>Zanthoxylum fagara</i>	3	12	0.05	1.19	2, 4, 5
<i>Persea willdenovii</i>	3	12	0.05	1.19	1, 2, 5
<i>Rapanea gardneriana</i>	5	8	0.07	1.17	1, 2
<i>Piper aduncum</i>	3	12	0.03	1.17	1, 2, 3
<i>Andira fraxinifolia</i>	3	12	0.03	1.15	1, 2, 3
<i>Cestrum mariquitense</i>	3	12	0.01	1.13	1, 2, 3
<i>Acrocomia aculeata</i>	1	4	0.35	1.06	2
<i>Nectandra grandiflora</i>	3	8	0.05	0.93	1, 2
<i>Campomanesia guazumifolia</i>	2	8	0.08	0.89	3, 5
<i>Luetzelburgia guaissara</i>	2	4	0.22	0.89	3
<i>Ficus enormis</i>	1	4	0.27	0.89	3
<i>Sapium glandulosum</i>	2	8	0.04	0.80	1, 2

Table 2. Continued...

Species	NInd	FA	DoA	IVI	Line
<i>Machaerium brasiliense</i>	1	4	0.21	0.79	1
<i>Machaerium nyctitans</i>	2	8	0.01	0.76	1, 5
<i>Eugenia paracatuana</i>	2	8	0.01	0.75	1, 5
<i>Trichilia elegans</i>	2	8	0.01	0.75	1
<i>Luehea grandiflora</i>	1	4	0.18	0.73	4
<i>Hedyosmum brasiliense</i>	2	4	0.09	0.65	2
<i>Guettarda</i> cf. <i>uruguensis</i>	2	4	0.04	0.54	1
<i>Ficus insipida</i>	2	4	0.03	0.54	2
<i>Lithrea molleoides</i>	1	4	0.09	0.54	5
<i>Cordia americana</i>	1	4	0.09	0.54	1
<i>Trichilia hirta</i>	1	4	0.07	0.51	5
<i>Cabralea canjerana</i>	1	4	0.05	0.46	1
<i>Ceiba speciosa</i>	1	4	0.04	0.45	2
<i>Handroanthus ochraceus</i>	1	4	0.04	0.44	5
<i>Zanthoxylum acuminatum</i>	1	4	0.03	0.42	5
<i>Alchornea sidifolia</i>	1	4	0.01	0.38	2
<i>Celtis pubescens</i>	1	4	0.00	0.38	5
<i>Inga sessilis</i>	1	4	0.01	0.38	2
<i>Astronium graveolens</i>	1	4	0.01	0.38	5
<i>Citrus limon</i>	1	4	0.01	0.38	2
<i>Cupania vernalis</i>	1	4	0.00	0.38	4
<i>Eugenia uniflora</i>	1	4	0.00	0.38	1
<i>Handroanthus</i> cf. <i>heptaphyllus</i>	1	4	0.01	0.38	5
<i>Trema micrantha</i>	1	4	0.01	0.38	5
<i>Guapira opposita</i>	1	4	0.00	0.37	1
<i>Lacistema hasslerianum</i>	1	4	0.00	0.37	4
<i>Guettarda</i> cf. <i>pohlana</i>	1	4	0.00	0.37	2

a positive association between the matrices ($r = 0.282010$; Z observed = $0.374977 \cdot 10^2$; mean $Z = 0.365916 \cdot 10^2$), that means floristic similarity among areas is slightly influenced by their proximity. The dependence of similarity on distance between areas may be due to the great similarity among different areas of Campinas. However, this similarity is not distributed evenly among the different areas of Campinas. The similarity (Figure 2) is greater between the four Cerrado areas of Campinas (Synchrotron Laboratory, CEC, "Viracopos" and "São Marcos") and a "cerradão"-semideciduous forest transition (Vila Holândia). The dendrogram (Figure 2) shows that similarity of swampy areas is smaller with other phytophysiognomies at Campinas. Through ordination analysis (PCO), the study area was in an intermediate position between Cerrado areas and forests (including swampy areas), although the dendrograms (including ones with complete linkage and with minimum linkage) group swampy areas in opposition to other phytophysiognomies at Campinas (data not shown).

Discussion

In the study area, 22 species had more than 10 individuals each, and the five species with the highest IVI accounted for 41.2% of the total sampled individuals. This is common in Cerrado areas, where there are about 20 dominant species and the other species are scarce (Felfili et al. 2008). Likewise, in the case of gallery forests, most species occur at low densities, with few species contributing to most individuals (Silva Junior et al. 2001).

A large variation in species composition, basal area and other phytosociological parameters were found at the different compared

studies. In the Jacaré-Pepira Basin, great structural variability was observed in different fragments along the river: in narrower fragments, the greater influence of the river decreases number of species (Bernacci et al. 1998). Even though forest vegetation near watercourses may have transitional structure, that differs according to the dominant environment (Metzger et al. 1998), which can range from waterlogged to well-drained, it was not possible to distinguish different phytophysiognomies in relation to vegetation structure in the Jacaré-Pepira Basin. In riparian conditions, the hydrology of the area is the main determinant of the distribution and composition of plant species (Rodrigues & Shepherd 2001). The Cerrado areas also have a huge structural variability determined by edaphic characteristics, that generates large differences in height and density of individuals (Rizzini 1997).

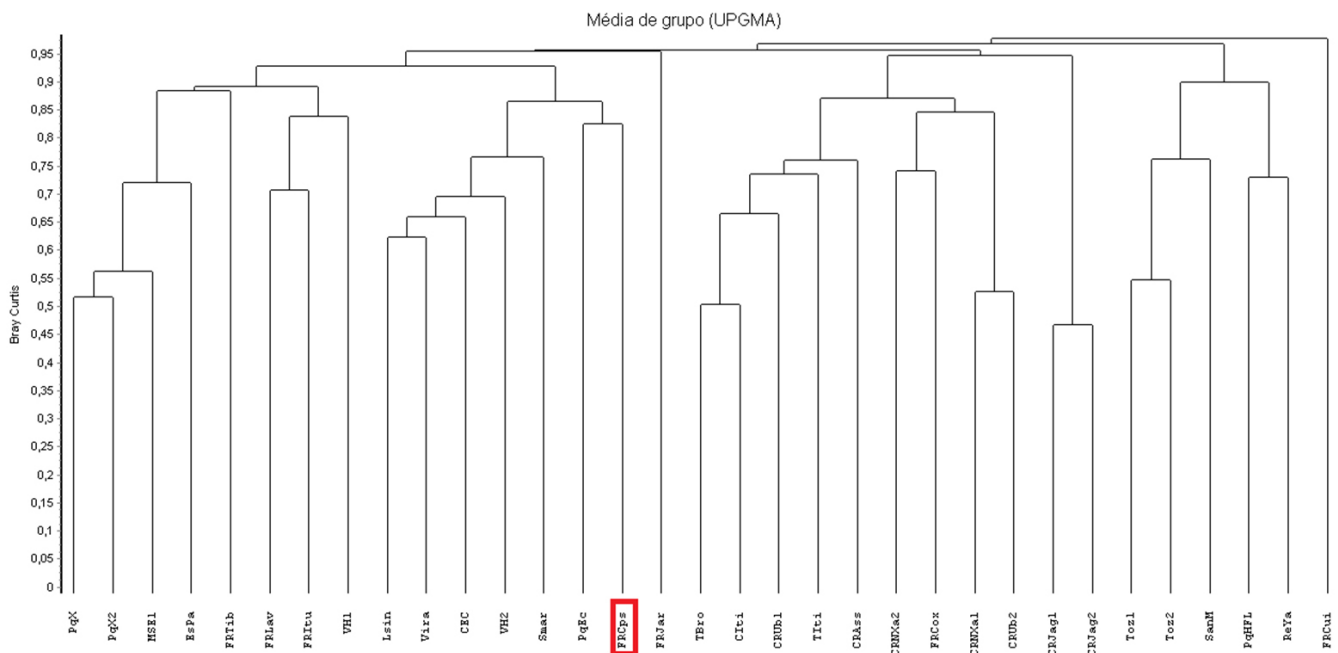
Occurrence of most of the sampled species in this study, including ones with greater local importance, both in riverine forest and in Cerrado (generalist species), and their distribution either in plots close to the stream or in more remote plots with better drained soil, indicates the gradient character of the area, mainly related to differences on species density distribution (Carvalho 2012). The small number of exclusive Cerrado species in study area indicates that riverine environment represents a very different condition in relation to that of Cerrado. In this same site, species common in savannas as *Copaifera langsdorffii*, *Erythroxylum suberosum* and *Gochnatia polymorpha* occurred preferentially where the soil had higher content of sand and water table was deeper, while common species in riparian forests, such as *Dendropanax cuneatus* and *Guarea macrophylla*, occurred where soil had higher content of clay and the water table was shallower (Carvalho 2012).

Table 3. Comparison of density (Dens), basal area (AB), percentage of dead individuals, Shannon-Wiener diversity index (H') and Pielou evenness (J) between the present study, in a physiognomic riverine forest-cerrado gradient at Campinas (SP), and other studies in areas of transition, Cerrado and riverine forest, identified with code were also used for the similarity dendrogram. Cont - contiguous plots; Trans - plots in transects; Disj - disjoint plots; DAS - diameter at ground level; D30 - diameter at 30 cm from soil surface; DAP - diameter at breast height. PAS - perimeter at ground level; P30 - perimeter at 30 cm from soil surface; PAP - circumference at breast height.

Physiognomy	References	Municipality	Method	Area (m ²)	Inclusion	Dens. ind/ha	AB m ² /ha	H' nats/ind	J	Code
riverine forest-“cerradão”	Este trabalho	Campinas (SP)	Trans	2500	DAS ≥ 3cm	3964	DAS: 51.28 DAP: 29.28	3.49	0.79	TCps
riverine forest	Amaral et al. 2010	Coxim (MS)	Disj	6000	PAP ≥ 20cm	545	12.78	-	-	FRCox
riverine forest	Battilani et al. 2005	Jardim (MS)	Trans	9000	PAP ≥ 10cm	735	21.32	3.41	0.81	FRJar
“cerradão”	Costa & Araújo 2001	Uberlândia (MG)	Cont	10000	PAP ≥ 15cm	2071	17.06	3.54	0.78	CUB1
“cerrado <i>sensu stricto</i> ”	Dias et al. 1998	Tibagi (PR)	Cont	10000	DAP ≥ 5cm	1594	-	3.67	-	FRTib
riverine forest-Cerrado	Giannotti 1988	Itirapina (SP)	Disj	6250	DAS ≥ 3cm	1413	36.12	3.43	-	TTfi
“cerrado <i>sensu stricto</i> ”	Gomes et al. 2004	Brotas (SP)	Disj	10000	DAS ≥ 3cm	3787	36.20	3.37	-	TBro
“cerradão”	Ishara 2010	Pratânia (SP)	Cont	5000	DAS ≥ 3cm	5832	41.00	3.14	0.75	-
“cerradão”	Marimon Junior & Haridasan 2005	Nova Xavantina (MT)	-	5000	D30 > 5cm	1884	21.40	3.67	0.84	CNXa1
“cerrado <i>sensu stricto</i> ”	Moreno et al. 2008	Uberlândia (MG)	Disj	2800	P30 ≥ 10cm	1890	14.90	3.78	0.87	CNXa2
dystrophic “cerradão”	Oliveira-Filho et al. 1990	Cuiabá	Cont	2010	PAS ≥ 9cm	1487	75.33	-	-	FRCui
riverine forest	Oliveira-Filho et al. 1994a	Lavras (MG)	Cont	4800	PAS > 15.3 cm	2177	39.00	4.20	0.88	FRLav
riverine forest	Oliveira-Filho et al. 1994b	Bom Sucesso (MG)	Trans	5400	DAS ≥ 5cm	2991	47.60	4.33	0.86	-
“cerradão”	Pinheiro & Durigan 2012	Assis (SP)	Disj	10000	DAP ≥ 5cm	1779	21.40	3.19	0.75	CAss
“campo cerrado”	Uhlmann et al. 1998	Jaguariaíva (PR)	Cont	4000	PAS ≥ 15cm	857	5.63	1.90	0.66	CJag1
“cerrado <i>sensu stricto</i> ”	Van der Berg & Oliveira-Filho 2000	Itutinga (MG)	Disj	8400	DAS ≥ 5cm	1372	12.38	2.78	0.80	CJag2
riverine forest						2553	45.03	3.92	0.79	FRItu

Table 4. Areas from the municipality of Campinas used in the similarity matrix and for floristic comparison.

Physiognomy	Location	Code
semideciduous forest	Mata Santa Elisa	FSMSE
semideciduous forest	Parque Xangrilá I	FSPX1
semideciduous forest	Vila Holândia I	FSVH1
swampy forest	Recanto Yara	FRRY
swampy forest	Sítio San Martinho	FRSM
swampy forest	Tozan I	FRT1
swampy forest	Tozan II	FRT2
semideciduous forest- riverine forest	Condomínio Estância Paraíso	FREP
semideciduous forest- riverine forest	Parque Ecológico Hermógenes de Freitas Leitão Filho	FRPHF
semideciduous forest- riverine forest	Parque Xangrilá II	FRPX2
semideciduous forest- riverine forest	Parque Ecológico Monsenhor Jardim	FRPMJ
semideciduous forest-“cerradão”	Vila Holândia II	TVH2
“cerradão”	Viracopos	CVira
“cerradão”	São Marcos	CSM
“cerradão”	Laboratório Sincotron	CLSIn
“cerradão”	CEC	CCEC

**Figure 2.** Similarity analysis using Bray-Curtis coefficient and group average as hierarchical clustering method (UPGMA) to compare the study area to other areas of cerrado, riverine forests and transitional physiognomies of Brazil. FRCPE Study area.

Except for the swampy forest fragments from Campinas, that formed a single similar group, there was low floristic similarity among the riverine forests compared on Table 4. They did not form a homogeneous group, nevertheless showing greater similarity to the cerrado fragments of different regions of Brazil. According to Rodrigues & Nave (2000), the riverine forests exhibit high floristic heterogeneity, with low values of similarity among themselves and low frequency of species, showing higher floristic similarities with the surrounding non-riparian vegetation than with riparian forests farther away (Rodrigues & Shepherd 2001). Certainly, the fact that riparian forests are present in several domains of different regions in Brazil, contributes for this physiognomy to have species from other

physiognomic domains, thus favoring the high floristic diversity among them. Additionally, our results indicate that even considering riverine forests within a single vegetation type such as Cerrado, the diversity among different riparian forests is very large. This result must be due to the diversity of “cerrados”, considered a global hotspot, that even when its local diversity (α) is not very large, it shows large diversity of endemic species, the ones that occur in restricted regions, typical of a particular environment. Still, our results support to state that only swampy areas are more homogeneous and floristically similar (Bernacci et al. 1998, Rodrigues & Nave 2000), being very important forests since their species support major environment constraints.

The transition between riparian forests and savannas did not present particular floristic and phytosociological structure. This transition was very variable one to the other, as already observed between different ecotonal areas (Lloyd et al. 2000, Kark & Van Rensburg 2006). Small similarity among the analyzed riverine forests highlights particularities of this type of vegetation and the importance of studying these areas for knowing their flora in each region, especially when considering restoration or management actions. Brazilian former forest legislation (“Código Florestal Brasileiro” - Brasil 1965) states that rivers less than 10 m wide should have a permanent preservation area of 30 m on each side, represented by riparian vegetation. However, current legislation (Brasil 2012) provides the possibility of reducing the width of areas along watercourses depending on the property size. This study showed that riparian species occur along the entire 50 m distance from the stream, i.e., the whole study area, corroborating the indication that 30 m of riparian vegetation is still a small number, regardless biome, taxonomic group, soil or topography, and that at least 50 m of riparian vegetation should be kept at each side of the drainage channel to ensure maintenance of biodiversity (Metzger 2010). Because riverine forests have different functions, the vegetation width considered has to be sufficient for fulfilling, at least, the more demanding ecosystem services, thus including biodiversity conservation (Silva et al. 2011)

We observed large number of individuals from three different endangered species (São Paulo 2004) in the study area: *Luetzelburgia guaissara* and *Myroxylon peruiferum* (Fabaceae) and *Trichilia hirta* (Meliaceae), with 2, 8 and 1 individuals, respectively. The occurrence of rare and endangered species and the importance of maintaining biodiversity conservation has been highlighted for fragments of native vegetation in areas of cerrado (Felfili et al. 2008). Although the study area is under regeneration and has received traffic of people with non-research purposes, the occurrence of one single exotic individual and high number of individuals of endangered species shows the area retains much of the original characteristics of the native vegetation and reinforces the importance of this small ecotonal area of riverine forest transitional to Cerrado.

Acknowledgements

To the research scientists Dr. Elsie Guimarães, Dr. João Renato Stehmann, MSc. Jorge Y. Tamashiro, MSc. Leandro Lacerda Giacomini and Dr. Marcos Sobral for helping on plant identification. To CAPES (Brazilian Government Agency for Education Promotion) for granting a M.Sc. scholarship to the first author; and FAPESP (São Paulo State Foundation for Research Support) for supporting the research (Process no. 2010/16507-9). To Dr. Roseli B. Torres for kindly making available the original vegetation data from Anhumas river basin. To Dr. Luciana F. Alves for helping with the abstract review.

References

- AMARAL, D.C., GÜNTZEL, A.M., SANTOS, A.M., DIAS, N.R., COERTJENS, C.M. & VIEIRA, E.A. 2010. Diagnóstico ambiental do remanescente de vegetação ciliar das nascentes do Córrego Criminoso, Bacia do Rio Taquari, Coxim, MS. In III Simpósio de Geotecnologias no Pantanal. Embrapa Informática Agropecuária, INPE, Cáceres, p.287-295.
- BATTILANI, J.L., SCREMIN-DIAS, E. & SOUZA, A.L.T. 2005. Fitossociologia de um trecho de mata ciliar do rio da Prata, Jardim, MS, Brasil. Acta Bot. Bras. 19(3):597-608. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062005000300021>
- BERNACCI, L.C., GOLDENBERG, R. & METZGER, J.P. 1998. Estrutura florística de 15 fragmentos florestais ripários da Bacia do Jacaré-Pepira (SP). Naturalia 23:23-54.
- BRASIL. 1965. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, set. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4771.htm (último acesso em 25/07/2013)
- BRASIL. 2009. Lei nº 13.550, de 2 de junho de 2009. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Cerrado no Estado, e dá providências correlatas. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 3 jun. 2009. Seção 1, v.119, n.102, p.1.
- BRASIL. 2012. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, maio. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm#art83 (último acesso em 27/11/2012).
- CARVALHO, M.B. 2012. Regime freático e atributos do solo associados a gradiente fisionômico de floresta ripária em área de cerrado em Campinas, SP. Dissertação de Mestrado, Instituto Agronômico de Campinas, Campinas.
- COSTA, A.A. & ARAÚJO, G.M. 2001. comparação da vegetação arbórea de cerradão e de cerrado na Reserva do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. Acta Bot. Bras. 15(1):63-72. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062001000100008>
- COUTINHO, L.M. 2002. O bioma do cerrado. In Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois (A.L. Klein, org.). Editora UNESP, Imprensa Oficial do Estado, São Paulo, p.77-91.
- DIAS, M.C., VIEIRA, A.O.S., NAKAJIMA, J.N., PIMENTA, J.A. & LOBO, P.C. 1998. Composição florística e fitossociologia do componente arbóreo das florestas ciliares do rio Iapó, na bacia do rio Tibagi, Tibagi, PR. Rev. Bras. Bot. 21(2).
- DURIGAN, G., FRANCO, G.A.D.C. & SIQUEIRA, M.F. 2004. A vegetação dos remanescentes de cerrado no estado de São Paulo. In Viabilidade de conservação dos remanescentes de cerrado no Estado de São Paulo (M.D. Bitencourt & R.R. Mendonça, orgs.). Annablume, Fapesp, São Paulo, p.29-56.
- DURIGAN, G., SIQUEIRA, M.F., FRANCO, G.A.D.C. & RATTER, J.A. 2006. Seleção de fragmentos prioritários para a criação de unidades de conservação do cerrado no estado de São Paulo. Rev. Inst. Florest. 18:23-37.
- FELFILI, J.M., MENDONÇA, R.C., WALTER, B.M.T., SILVA JUNIOR, M.C., NÓBREGA, M.G.G., FAGG, C.W., SEVILHA, A.C. & SILVA, M.A. 2001. Flora fanerogâmica das matas de galeria e ciliares do Brasil Central. In: Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria (J.F. Ribeiro, C.E.L. Fonseca & J.C. Sousa-Silva, ed.). Embrapa Cerrados, Planaltina, p.195-263.
- FELFILI, J.M., FELFILI, M.C., NOGUEIRA, P.E., ARMAS, J.P.S., FARINAS, M.R., NUNES, M., SILVA JÚNIOR, M.C.S., REZENDE, A.V. & FAGG, C.W. 2008. Padrões fitogeográficos e sua relação com sistemas de terra no Bioma Cerrado. In: Cerrado: ecologia e flora, v.1 (S.M. Sano, S.P. Almeida & J.F. Ribeiro, ed.). Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, p.214-228.
- FIORI, A. M. & FIORAVANTI, C. 2001. Os caminhos para salvar o Cerrado paulista. Rev. Pesq. Fapesp (63). <http://revistapesquisa.fapesp.br/?art=1247&bd=1&pg=1&lg=> (ultimo acesso em 04/08/2013).
- GIANNOTTI, E. 1988. Composição florística e estrutura fitossociológica da vegetação de cerrado e de transição entre cerrado e mata ciliar da Estação Experimental de Itirapina, SP. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- GOMES, B.Z., MARTINS, F.R. & TAMASHIRO, J. 2004. Estrutura do cerradão e da transição entre cerradão e floresta paludícola num fragmento da International Paper do Brasil Ltda., em Brotas, SP. Rev. Bras. Bot. 27(2):249-262. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042004000200005>
- ISHARA, K.L. 2010. Aspectos florísticos e estruturais de três fisionomias de cerrado no município de Pratânia, São Paulo. Tese de Doutorado, UNESP, Botucatu.

- JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. Lista de Espécies da Flora do Brasil. 2013. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2011> (último acesso em 24/07/2013).
- KARK, S. & VAN RENSBURG, B.J. 2006. Ecotones: Marginal or Central Areas of Transition? *Isr. J. Ecol.* 52(1): 29-53. <http://dx.doi.org/10.1560/IJEE.52.1.29>
- KRONKA, F.J.N., NALON, M.A. & MATSUKUMA, C.K. 2005. Inventário da vegetação natural do Estado de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente, Instituto Florestal, São Paulo.
- LLOYD, K.M., McQUEEN, A.A.M., LEE, B.J., WILSON, R.C.B., WALKER, S. & WILSON, J.B. 2000. Evidence on ecotone concepts from switch, environmental and anthropogenic ecotones. *J. Veg. Sci.* 11(6):903-910. <http://dx.doi.org/10.2307/3236560>
- MANTOVANI, W. & MARTINS, F.R. 1993. Florística do cerrado na Reserva Biológica de Moji Guaçu, SP. *Acta Bot. Bras.* 7(1):33-60.
- MARIMON JUNIOR, B.H. & HARIDASAN, M. 2005. Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerrado e um cerrado *sensu stricto* em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil. *Acta Bot. Bras.* 19(4):913-926. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062005000400026>
- MCCUNE, B. & MEFFORD, M.J. 2006. PC-ORD: Multivariate analysis of ecological data. version 5. MjM Software Design, Gleneden Beach.
- MELLO, M.H.A., PEDRO JUNIOR, M.J., ORTOLANI, A.A. & ALFONSI, R.R. 1994. Chuva e temperatura: cem anos de observações em Campinas. IAC, Campinas. Boletim Técnico, n.154.
- MENDONÇA, R.C., FELFILI, J.M., WALTER, B.M.T., SILVA JUNIOR, M.C., REZENDE, A.V., FILGUEIRAS, T.S., SILVA, P.E.N. & FAGG, C.W. 2008. Flora vascular do bioma Cerrado: *checklist* com 12.356 espécies. In: Cerrado: ecologia e flora, (S.M. Sano, S.P. Almeida & J.F. Ribeiro, orgs.). Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, v.2, p.421-1279.
- METZGER, J.P. 2010. O Código Florestal tem base científica? *Nat. Conserv.* 8(1):1-8. <http://dx.doi.org/10.4322/natcon.00801017>
- METZGER, J.P., GOLDENBERG, R. & BERNACCI, L.C. 1998. Diversidade e estrutura de fragmentos de mata de várzea e de mata mesófila semidecídua submontana do rio Jacaré-Pepira (SP). *Rev. Bras. Bot.* 21(3):321-330. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84041998000300012>
- MORENO, M.I.C., SCHIAVINI, I. & HARIDASAN, M. 2008. Fatores edáficos influenciando na estrutura de fitofisionomias do cerrado. *Caminhos Geogr.* 9(25):173-194. <http://dx.doi.org/10.1038/35002501>
- MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., FONSECA, G.A.B. & KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-858.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T., ALMEIDA, R.J., MELLO, J.M. & GAVILANES, M.L. 1994a. Estrutura fitossociológica e variáveis ambientais em um trecho de mata ciliar do córrego Vilas Boas, Reserva Biológica do Poço Bonito, Lavras (MG). *Rev. Bras. Bot.* 17(1):67-85.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T. & FONTES, M.A.L. 2000. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in southeastern Brazil and the influence of climate. *Biotropica* 32(4b):738-810. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00619.x>
- OLIVEIRA-FILHO, A.T., RATTER, J.A. & SHEPHERD, G.J. 1990. Floristic composition and community structure of a Central Brazilian gallery Forest. *Flora* 184:103-117.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T., VILELA, E.A., CARVALHO, D.A. & GAVILANES, N.L. 1994b. Effects of soils and topography on the distribution of tree species in a tropical riverine forest in southeastern Brazil. *J. Trop. Eco.* 10:438-508. <http://dx.doi.org/10.1017/S0266467400008178>
- OLIVEIRA-FILHO, A.T. & RATTER, J.A. 1995. A study of the origin of central Brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. *Edinb. J. Bot.* 52:141-194. <http://dx.doi.org/10.1017/S0960428600000949>
- PINHEIRO, E.S. & DURIGAN, G. 2012. Diferenças florísticas e estruturais entre fitofisionomias do cerrado em Assis, SP, Brasil. *Rev. arvore* 36(1):181-193. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622012000100019>
- RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. 1998. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Cerrado: Ambiente e Flora (S.M. Sano & S.P. Almeida, eds.). Embrapa Informação Tecnológica, Planaltina, v.1, p.152-212.
- RISSER, P.R. 1995. The status of the science examining ecotones: a dynamic aspect of landscape is the area of steep gradients between more homogeneous vegetation associations. *Bioscience* 45(5):318-325. <http://dx.doi.org/10.2307/1312492>
- RIZZINI, C.T. 1997. Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos. Âmbito Cultural Edições Ltda., São Paulo.
- RODRIGUES, R.R. 2000. Florestas ciliares? Uma discussão nomenclatural das formações ciliares. In: Matas ciliares: conservação e recuperação (R.R. Rodrigues & H.J. Leitão Filho, ed.). Editora da Universidade de São Paulo: Fapesp, São Paulo, p.91-100.
- RODRIGUES, R.R. & NAVE, A.G. 2000. Heterogeneidade florística das matas ciliares. In: Matas ciliares: conservação e recuperação (R.R. Rodrigues & H.J. Leitão Filho, ed.). Editora da Universidade de São Paulo: Fapesp, São Paulo, p.45-72.
- RODRIGUES, R.R. & SHEPHERD, G.J. 2001. Fatores condicionantes da vegetação ciliar. In: Matas ciliares: conservação e recuperação (R.R. Rodrigues & H.J. Leitão Filho, ed.). Editora da Universidade de São Paulo: Fapesp, São Paulo, p.101-108.
- SÃO PAULO. Secretaria do Meio ambiente – SMA. 2004. Resolução SMA 48 de 21/09/2004. Lista oficial das espécies da flora do Estado de São Paulo ameaçadas de extinção. Diário Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo, 22 set. v.114, n.179.
- SHEPHERD, G.J. 2010. FITOPAC 2: File Version 2.1.2.85. Departamento de Botânica, UNICAMP, Campinas.
- SILVA, J.A.A., NOBRE, A.D., MANZATTO, C.V., JOLY, C.A., RODRIGUES, R.R., SKORUPA, L.A., NOBRE, C.A., AHRENS, S., MAY, P.H., SÁ, T.D.A., CUNHA, M.C. & RECH FILHO, E.L. 2011. O Código Florestal e a Ciência: contribuições para o diálogo. SBPC, São Paulo.
- SILVA JUNIOR, M.C., FELFILI, J.M., WALTER, B.M.T., NOGUEIRA, P.E., REZENDE, A.V., MORAIS, R.O. & NÓBREGA, M.G.G. 2001. Análise da flora arbórea de Matas de Galeria no Distrito Federal: 21 levantamentos. In: Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria (J.F. RIBEIRO, C.E.L. FONSECA & J.C. SOUSA-SILVA, ed.). Planaltina: Embrapa Cerrados, p.143-191.
- TORRES, R.B.; BERNACCI, L.C.; DECHOUM, M.S.; CONFORTI, T.B.; ESPELETA, A.S.; LORANDI, A.C.; FERREIRA, I.C.M. & OLIVEIRA, A.S. 2006. A vegetação nativa remanescente na bacia do ribeirão Anhumas. In: Recuperação ambiental, participação e poder público: uma experiência em Campinas (Torres, R.B. & Costa, M.C.). Instituto Agrônomo. http://www.iac.sp.gov.br/ProjetoAnhumas/pdf/vegetacao_nativa_bacia_ribeira_anhumas.pdf (último acesso em 20/02/2013).
- UHLMANN, A., GALVÃO, F. & SILVA, S.M. 1998. Análise da estrutura de duas unidades fitosionômicas de savana (cerrado) no sul do Brasil. *Acta Bot. Bras.* 12(3):231-247. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33061998000300005>
- VAN DEN BERG, E. & OLIVEIRA FILHO, A.T. 2000. Composição florística e estrutura fitossociológica de uma floresta ripária em Itutinga, MG, e comparação com outras áreas. *Rev. Bras. Bot.* 23(3):231-253.
- VAN RENSBURG, B.J., LEVIN, N. & KARK, L. 2009. Spatial congruence between ecotones and range-restricted species: implications for conservation biogeography at the sub-continental scale. *Divers. Distrib.* 15(9): 379-389. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1472-4642.2008.00545.x>
- VELOSO, H.P., RANGEL FILHO, A.L.R. & LIMA, J.C.A. 1991. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. IBGE, Rio de Janeiro.

Received 03/11/2013

Revised 08/06/2013

Accepted 08/21/2013

Ecology and diversity of a lizard community in the semiarid region of Brazil

Maria Jaqueline Monte de Andrade^{1,2,3}, Raul Fernandes Dantas Sales¹ & Eliza Maria Xavier Freire¹

¹Laboratório de Herpetologia, Departamento de Botânica, Ecologia e Zoologia, Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Campus Universitário Lagoa Nova, CEP 59072-970, Natal, RN, Brazil

²Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Campus Universitário Lagoa Nova, CEP 59072-970, Natal, RN, Brazil

³Corresponding author: Maria Jaqueline Monte de Andrade, e-mail: jackeline_monte@hotmail.com

ANDRADE, M.J.M., SALES, R.F.D. & FREIRE, E.M.X. **Ecology and diversity of a lizard community in the semiarid region of Brazil.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?article+bn04013032013>

Abstract: Composition, species diversity and resource usage in terms of space and time were evaluated for the lizard community of the Ecological Station of the Seridó (ESEC Seridó), Rio Grande do Norte. An observation area of 150 m × 150 m (2.25 ha) was delimited and surveyed monthly in alternate turns (morning, afternoon and night) for three consecutive days from April to October 2011, covering dry and rainy seasons. Fourteen species belonging to eight families were recorded, being *Tropidurus semitaeniatus* the most abundant. Seasonality influenced species richness and abundance. Regarding habitat usage, *Lygodactylus klugei* was the most generalist species, while *Phyllopezus periosus*, *P. pollicaris* and *T. semitaeniatus* were specialists, showing affinity for rocky formations. About microhabitat usage, the most generalist species was *T. hispidus* and the most specialized was *L. klugei*. Ten of the recorded species have diurnal habits and four are nocturnal. The space and time usage profiles of the dominant species corroborated data obtained in previous autoecological studies conducted in the same area and suggest a pattern of resource usage by these species in the ESEC Seridó.

Keywords: *caatinga, activity periods, habitat use, microhabitat use, richness, seasonality.*

ANDRADE, M.J.M., SALES, R.F.D. & FREIRE, E.M.X. **Ecologia e diversidade de uma comunidade de lagartos na região semiárida do Brasil.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?article+bn04013032013>

Resumo: Neste trabalho foram avaliadas a composição, diversidade de espécies e a utilização dos recursos espaço e tempo na comunidade de lagartos da Estação Ecológica do Seridó (ESEC Seridó), Rio Grande do Norte. Para isso, uma área de observação de 150m × 150m (2,25 ha) foi delimitada e percorrida mensalmente em turnos alternados (manhã, tarde e noite) por três dias consecutivos nos meses de abril a outubro de 2011, cobrindo as estações seca e chuvosa. Foram registradas 14 espécies pertencentes a oito famílias, dentre as quais a mais abundante foi *Tropidurus semitaeniatus*. A sazonalidade influenciou a riqueza e abundância das espécies. Quanto ao uso do hábitat, *Lygodactylus klugei* foi a espécie mais generalista, enquanto *Phyllopezus periosus*, *P. pollicaris* e *T. semitaeniatus* demonstraram especialidade às áreas de formações rochosas. Quanto ao uso de microhábitats, a espécie mais generalista foi *T. hispidus* e a mais especialista foi *L. klugei*. Dez das espécies registradas possuem hábito diurno e quatro são noturnas. Os perfis de uso do espaço e do tempo pelas espécies dominantes corroboram dados obtidos em estudos anteriores nesta mesma área e sugerem a existência de padrões na utilização desses recursos por estas espécies na ESEC Seridó.

Palavras-chave: *caatinga, período de atividade, uso do habitat, uso do micro-habitat, riqueza, sazonalidade.*

Introduction

The Caatinga is a mosaic of thorny bushlands and seasonally dry forests occupying about 750.000 km² of the Brazilian territory, bordered by the Atlantic Rainforest to the east, by the Amazonian Forest to the west and by the Cerrado to the south (Leal et al. 2005), being the only exclusively Brazilian biome (Silva et al. 2003, Leal et al. 2003, 2005). In spite of occupying a unique position among biomes, the Caatinga is the proportionally less studied one (Leal et al. 2003), a fact that maintained for a long time the idea of the Caatinga as being a homogeneous region, poor in biodiversity and endemisms. These assertions do not correspond with reality, because even being necessary more studies with wider geographical coverage, the Caatinga is more diverse than other regions with the same climate and soil conditions (Silva et al. 2003, Albuquerque et al. 2012).

Rodrigues (2003) recognized 47 lizard species for the Caatinga, apart from the species found in wet forest enclaves, which would make this biome as rich as the Cerrado and the Atlantic Rainforest (Rodrigues 2005). Despite this, the level of knowledge about the herpetofauna of the Caatinga is still considered unsatisfactory (Rodrigues 2003), because large areas of this biome were never sampled (Borges-Nojosa & Arzabe 2005, Albuquerque et al. 2012) and many new species have been described in the last 15 years (e.g. Rodrigues 1996, Arias et al. 2011a, b).

In spite of lizards being considered model organisms for ecological studies, being easily handled animals and because they are more abundant and frequent to find than other reptiles (Rocha 1994), for a long time the only available paper about community ecology of lizards of the Caatinga was the result of a study developed in the Exu region, Pernambuco State (Vitt 1995). Ecological studies covering different geographical areas of the Caatinga are fundamental to test patterns, particularly those related to space usage, activity time, diet and reproduction. In this context, a long-term study, making part of the Long-Term Ecological Research Program (Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração) – PELD /CNPq Caatinga, was performed from 2002 to 2011 in a Conservation Unit of the Seridó region, Rio Grande do Norte State. The results of this study, partially summarized by Freire et al. (2009), were relevant to yield knowledge about lizard ecology in the Caatinga. Firstly, an inventory of the lizard species of the ESEC Seridó was conducted, including a survey on habitat usage and activity time of the dominant species (Kolodiuk 2005). At the same time, Maggi (2005) studied the population ecology of the geckos *Phyllopezus periosus* and *P. pollicaris*. Subsequently, substantial studies on behavioral ecology of the populations of *Tropidurus hispidus* and *T. semitaeniatus* (Ribeiro 2010, Ribeiro et al. 2008, 2010, 2012, Ribeiro & Freire 2009a, b, 2010, 2011b, Kolodiuk et al. 2009, 2010) and of the populations of *Ameiva ameiva* and *Ameivula cf. ocellifera* (Sales et al. 2011a, b, 2012) were performed.

Considering nine study years since the initial inventory, and the results of the autoecological studies, this work had the objective of evaluating composition, diversity, space usage and activity periods of the lizard species in the ESEC Seridó, with the sight of consolidating the knowledge about community ecology of lizards in this Conservation Unit. This consolidation would be effective by answering the following questions: Is there a pattern, in terms of spatial distribution and habitat/microhabitat usage, for the species composing the lizard community of the ESEC Seridó? Could this pattern be confirmed for other similar areas of Caatinga (*sensu stricto*)? Does seasonality interfere with this pattern?

Material and Methods

1. Study area

This work was carried out in the ESEC Seridó (06° 34' 36.2" S and 37° 15' 20.7" W), a Conservation Unit occupying an area of 1,166.38 ha, in the municipality of Serra Negra do Norte, Seridó region, Rio Grande do Norte state (Varela-Freire 2002). Similar to other areas located in the Northern Depression (Depressão Sertaneja Setentrional), the ESEC Seridó supports climatic extremes, with low, open vegetation and extensive grasslands (Velloso et al. 2002). Irregularity in rainfall is one of the main factors of this ecoregion, characterized by hydric deficits along most of the year, reaching up to 10 dry months; the climate is semiarid, hot and dry (Bswih in Köppen's classification; Velloso et al. 2002). In general, the mean annual precipitation of the ESEC fluctuates between 500 and 800 mm/year (Varela-Freire 2002). In 2011, when this study was conducted, rainfall reached 1249 mm (Figure 1), being above the annual average for the area. Mean annual temperatures range between 28 °C and 30 °C, with highest temperatures reaching 40 °C and lower ones between 17 °C and 20 °C (Varela-Freire 2002). Air relative humidity varies between 30 and 50% during dry season and between 80 and 90% in the rainy season (Varela-Freire 2002).

2. Methodological procedures

An inspection to choose a sampling area containing the different habitats covered by the ESEC was initially made. A 150 m × 150 m square (2.25 ha), close to the access pathway to the buffer zone of the ESEC (06° 34' 72" S and 37° 15' 11" W), was delimited in the selected area for observation and/or collecting of lizards. Fourteen transects, seven parallel and seven perpendiculars to the pathway, distant 25 m from each other were delineated. The crossings, every 25 m, were marked with zebra tape as stop/sampling points for registering of lizards, making a total of 49 sample points (Figure 2).

Monthly visits from April to October of 2011 (except in August due to logistic reasons) were made. Three rainy months were considered along this period: April, May and June, being worth mentioning that despite June showed a low rainfall index (Figure 1), the vegetation was still exuberant as in the previous months, so June was considered a rainy season month. The three dry season months were July, September and October. The surveys were made by two collectors (MJMA and RFDS), with equal effort along the 14 transects and with intensive search at the stop points. The collectors traveled

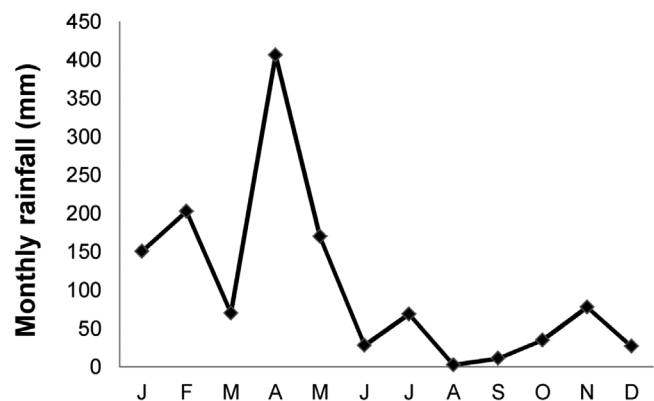


Figure 1. Total monthly rainfall recorded for the Ecological Station of the Seridó (ESEC Seridó) from January to October, 2011 (Source: Laboratório de Recursos Hídricos da Universidade Federal do Rio Grande do Norte).

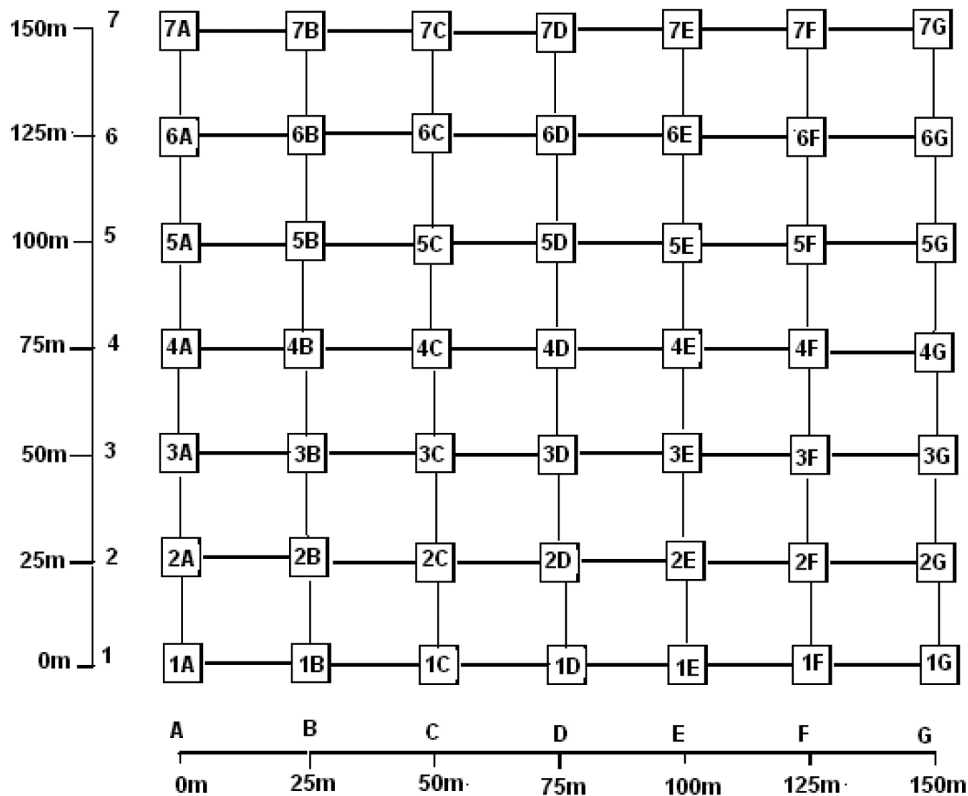


Figure 2. Sampling points marked in the 150 m × 150 m (2.25 ha) quadrant delineated in the Ecological Station of the Serido (ESEC Seridó).

the transects during daytime and nighttime, in alternate turns, during 3 consecutive days each month. On the first day of each excursion, searches took place from 1800 h to 0000 h, in the second from 0800 h to 1300 h, and the third and final day from 0000 h to 0500 h and 1300 h to 1800 h.

A detailed inspection of the environment was made at each stop point in a radius of 10 m around it, in order to characterize and identify the different physiognomies, and the predominant habitats along all the transects. Five different habitats were determined and categorized this way: Tree-Shrubby Vegetation (TSV), Dense Shrubby Vegetation (DSV), Sparse Shrubby Vegetation (SSV), Herbaceous Vegetation in Open Area (HVOA) and Areas with Rocky Formations (ARF). Ten microhabitat categories were identified and inspected in these five habitats, representing the place where the lizard specimens were firstly seen: Trees and Shrubs (TS); Soil with Herbaceous Vegetation (SHV), Soil with Leaf Litter (SLL), Exposed Soil (ES), Stony Soil (SS), On Decomposing Log or Branch (ODLB), Inside Decomposing Log or Branch (IDLB), On Boulder (OB), Rock Outcrop (RO), Crack of Rock Outcrop (CRO).

Each individual observed in the field was identified and notes with information about habitat and microhabitat, light exposition category for diurnal species (sunlight or shade), and date and time of observation were recorded. To measure activity periods of the species, observations of active individuals were categorized in one-hour intervals, ranging from 00 to 59 minutes (e.g. 1300 h to 1359 h). A few specimens, unidentifiable in the field, were collected and examined in the laboratory, where they were identified, fixed in 10% formalin, preserved in 70% ethanol and deposited in the Herpetological Collection of the Universidade Federal do Rio Grande do Norte (CHBEZ).

3. Quantitative data analysis

The niche amplitude of each species for space and time dimensions was calculated by the inverse of Simpson's Diversity Index (Simpson 1949). It is worth to highlight that inactive individuals were not included in the analysis of niche amplitude for time, just for space usage. The difference in the values of niche amplitude in the species for the dry and the rainy season was calculated through a paired Student's t-test. Niche overlap was examined using the Pianka's Overlap Index - O_{jk} (Pianka 1973). Both indexes were calculated in the Ecological Methodology program (Kenney & Krebs 2000), and only species with $n \geq 5$ were considered in the analyses. Diversity in rainy and dry seasons was obtained using the Shannon-Wiener Index (H') (Magurran 1988).

Results

Species richness and abundance

Sampling effort totalized 95 hours (155 man-hours, 79 during daytime and 76 during nighttime; 75 during the rainy season and 80 during the dry season). A total of 663 records of habitat and microhabitat usage were made (643 for active individuals and 20 for inactive individuals). Fourteen species, belonging to eight families were recorded (Table 1). Most of the field records belonged to the following species in descending order: *Tropidurus semitaeniatus* (45.2%), *Phyllorhynchus periosus* (15.5%), *T. hispidus* (13.4%), *P. pollicaris* (9.2%), *Ameivula cf. ocellifera* (6.8%), *Ligodactylus klugei* (4.2%), *Hemidactylus agrius* (2.3%) and *Gymnodactylus geckoides* (1.2%) (Figure 3 and 4).

Table 1. Lizard species and number of visual records in the different habitats of the Ecological Station of the Seridó (ESEC Seridó), along the period of April to October 2011. ARF: Areas with Rocky Formations, DSV: Dense Shrubby Vegetation, SSV: Sparse Shrubby Vegetation, TSV: Tree-Shrubby Vegetation and HVOA: Herbaceous Vegetation in Open Area. A dash (-) indicates absence of records.

	ARF	DSV	SSV	ASV	HVOA
Gekkonidae					
<i>Hemidactylus agrius</i> Vanzolini 1978	11	3	-	1	-
<i>Lygodactylus klugei</i> (Smith, Martin & Swain, 1977)	9	9	5	5	-
Gymnophthalmidae					
<i>Vanzosaura rubricauda</i> (Boulenger 1902)	1	-	-	-	-
Iguanidae					
<i>Iguana iguana</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	1	-	-
Phyllodactylidae					
<i>Gymnodactylus geckoides</i> Spix, 1825	2	1	3	2	-
<i>Phyllopezus periosus</i> Rodrigues, 1986	103	-	-	-	-
<i>Phyllopezus pollicaris</i> Spix, 1825	60	-	1	-	-
Polychrotidae					
<i>Polychrus acutirostris</i> Spix, 1825	-	-	-	1	-
Scincidae					
<i>Mabuya heathi</i> (Schmidt & Inger, 1951)	-	1	2	2	-
Teiidae					
<i>Ameiva ameiva</i> (Linnaeus, 1758)	1	-	-	3	-
<i>Ameivula</i> cf. <i>ocellifera</i> (Spix, 1825)	3	8	24	1	9
<i>Salvator merianae</i> (Duméril & Bibron, 1839)	2	-	-	-	-
Tropiduridae					
<i>Tropidurus hispidus</i> (Spix, 1825)	43	25	9	12	-
<i>Tropidurus semitaeniatus</i> (Spix, 1825)	256	23	14	7	-
Total	491	70	59	34	9

Of 14 recorded species, eight were seen during both seasons, four only during the rainy season and just two exclusively during the dry season (*Iguana iguana* and *Polychrus acutirostris*) (Figure 3). The five most frequent species showed a higher abundance during the rainy season (Figure 4). Most individuals of the geckos *L. klugei*, *H. agrius*, and *G. geckoides* were recorded in the dry season (Figure 4). Even the rainy season showing a higher richness and abundance of individuals, the total diversity was the same for both seasons ($H' = 2.4$).

1. Habitat usage

The most used habitat by the lizard species was Areas with Rocky Formations (ARF), showing the greatest richness and the highest number of recorded individuals (Table 1). In total, 11 of the 14 observed species and 74% ($n = 491$) of the individual visual records made in this study happened in this habitat. On the other hand, the habitat of Herbaceous Vegetation in Open Area (HVOA) was the poorest, with just a single species, *A. cf. ocellifera*, and also the lowest number of individual visual records: 1.3% ($n = 9$) (Table 1).

The most generalist species in terms of habitat usage were *L. klugei* ($B_H = 3.69$), *G. geckoides* ($B_H = 3.55$) and *T. hispidus* ($B_H = 2.93$) (Table 2). The species with more restricted exigencies/fidelity in habitat usage, with $B_H = 1$, was *P. periosus*, followed by *P. pollicaris* with $B_H = 1.03$, and *T. semitaeniatus* with $B_H = 1.35$ (Table 2). No significant difference was identified in the niche amplitude of the species between seasons ($t = -1.401$; $gl = 7$; $p = 0.204$).

Most of the species pairs showed high niche overlaps in habitat usage (Table 3). The highest overlapping was confirmed for *P. periosus* and *P. pollicaris* ($\hat{O}_{ppe} \times \hat{O}_{ppo} = 0.999$), followed by the overlaps between each of these two species and *T. semitaeniatus* (Table 3). Low overlapping indexes were obtained between *A. cf. ocellifera* and *H. agrius*, and between *A. cf. ocellifera* and the species using mainly ARF (*P. periosus*, *P. pollicaris* and *T. semitaeniatus*)

Table 2. Space niche amplitude for habitat (B_H) and microhabitat (B_M) of the species of lizards ($n \geq 5$) in the ESEC Seridó, along the period of April to October, 2011.

Species	n	B_H	B_M
<i>T. semitaeniatus</i>	300	1.35	2.55
<i>P. periosus</i>	103	1	4.08
<i>T. hispidus</i>	89	2.93	5.37
<i>P. pollicaris</i>	61	1.03	4.08
<i>A. cf. ocellifera</i>	45	2.77	1.69
<i>L. klugei</i>	28	3.69	1.32
<i>H. agrius</i>	15	1.71	4.41
<i>G. geckoides</i>	8	3.55	1.6
<i>M. heathi</i>	5	2.77	1

(Table 3). A markedly low overlapping index was also obtained between *Mabuya heathi* and the following species: *P. pollicaris*, *T. semitaeniatus* and *H. agrius* (Table 3). Overlapping was null just between *M. heathi* and *P. periosus*.

2. Microhabitat usage

The highest numbers of species records happened in the microhabitats Soil with Herbaceous Vegetation (SHV), On Decomposing Log or Branch (ODLB) and Trees and Shrubs (TS), with the respective occurrence of seven, six and six species. The microhabitats Exposed Soil (ES), Stony Soil (SS) and Inside Decomposing Log or Branch (IDLB) were the poorest, with just three species found at each one. The microhabitat ES was used by *T. semitaeniatus*, *T. hispidus* and *Salvator merianae*; SS was used by *T. semitaeniatus*, *A. ameiva* and *Vanzosaura rubricauda*, and IDLB

Ecology of a lizard community in the semiarid of Brazil

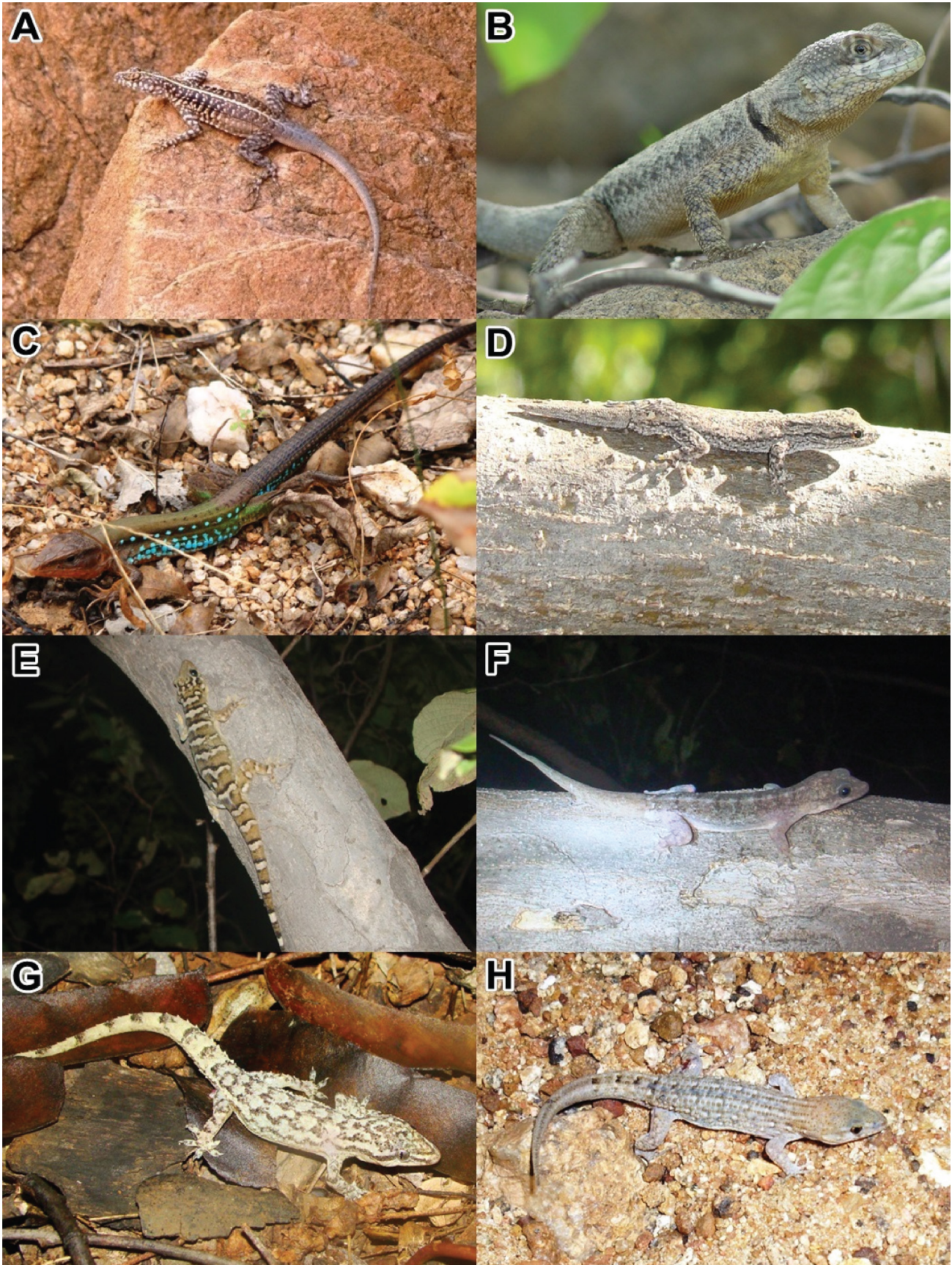


Figure 3. The eight most abundant lizard species in the Ecological Station of the Seridó (ESEC Seridó) in this study, along the period of April to October 2011. (A) *Tropidurus semitaeniatus*, (B) *T. hispidus*, (C) *Ameivula* cf. *ocellifera*, (D) *Ligodactylus klugei*, (E) *Phyllopezus periosus*, (F) *P. pollicaris*, (G) *Hemidactylus agrarius*, (H) *Gymnodactylus geckoides*.

Table 3. Overlapping values for spatial niche. Values above the traced diagonal correspond to habitat usage and values below the diagonal correspond to microhabitat usage, obtained for the lizard species ($n \geq 5$) of the Ecological Station of the Seridó (ESEC Seridó), along the period of April to October 2011. For both categories analyzed, the boldface values correspond to the highest overlapping indexes, while those in italics correspond to the lowest indexes. Acronyms represent the initials of the specific names, according to Table 1.

	<i>T.sem</i>	<i>P.per</i>	<i>T.his</i>	<i>P.pol</i>	<i>A. oce</i>	<i>L. klu</i>	<i>H. agr</i>	<i>G. gec</i>	<i>M. hea</i>
<i>T.sem</i>	-	0.994	0.881	0.994	<i>0.186</i>	0.697	0.981	0.54	<i>0.08</i>
<i>P.per</i>	0.750	-	0.827	0.999	<i>0.11</i>	0.618	0.961	0.471	<i>0</i>
<i>T.his</i>	0.712	0.639	-	0.83	0.396	0.947	0.941	0.734	0.429
<i>P.pol</i>	0.787	0.873	0.735	-	<i>0.125</i>	0.623	0.96	0.483	<i>0.011</i>
<i>A. oce</i>	<i>0.019</i>	<i>0</i>	0.209	0	-	0.569	<i>0.187</i>	0.767	0.715
<i>L. klu</i>	<i>0.072</i>	0.548	0.329	0.461	<i>0</i>	-	0.786	0.841	0.663
<i>H. agr</i>	0.378	0.274	0.744	0.468	<i>0.158</i>	0.092	-	0.556	<i>0.145</i>
<i>G. gec</i>	<i>0.008</i>	<i>0</i>	<i>0.115</i>	<i>0.03</i>	<i>0.11</i>	<i>0</i>	0.664	-	0.864
<i>M. hea</i>	<i>0.01</i>	<i>0</i>	<i>0.07</i>	<i>0</i>	0.926	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	-

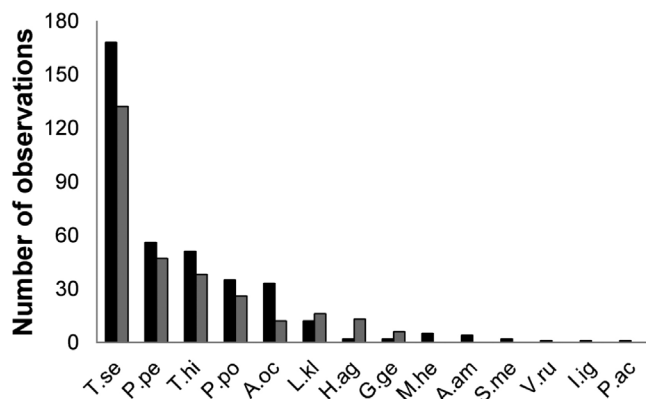


Figure 4. Absolute abundance of visual records of lizard species of the Ecological Station of the Seridó (ESEC Seridó), during the dry (grey bars) and rainy (black bars) seasons, along the period of April to October 2011. Acronyms represent the initials of the specific names, according to Table 1.

by *G. geckoides*, *H. agrius* and *P. pollicaris*. Rock Outcrop (RO) microhabitat was the one with the highest percentage of individuals (33.4%, $n = 222$), while Exposed Soil (ES) yielded the lowest number of records, just 0.7% ($n = 5$).

The most generalist species in terms of microhabitat usage were *T. hispidus* ($B_M = 5.37$), *H. agrius* ($B_M = 4.41$), *P. periosus* ($B_M = 4.08$) and *P. pollicaris* ($B_M = 4.08$) (Table 2). The most microhabitat usage-restricted species was *M. heathi* ($B_M = 1$), which occurred just in Soil with Herbaceous Vegetation (SHV), followed by *L. klugei* ($B_M = 1.32$), which used mainly Trees and Shrubs (TS), and by *A. cf. ocellifera* ($B_M = 1.69$) (Table 2), with most of its records happening in SHV. No significant difference was identified in the niche amplitude of the species between seasons ($t = 0.569$; $gl = 7$; $p = 0.587$).

An almost complete overlapping in microhabitat usage ($\emptyset = 0.926$) happened only between the pair of species using mostly SHV: *A. cf. ocellifera* and *M. heathi* ($\emptyset_{Ao \times Mh} = 0.926$), followed by the overlapping among the dominant species using mostly ARF (*P. pollicaris* X *P. periosus* X *T. semitaeniatus*) (Table 3) and the two more generalist species in terms of microhabitat usage: *H. agrius* and *T. hispidus* ($\emptyset_{Ha \times Th} = 0.744$). In most of the cases, overlapping was null or very low (Table 3).

3. Activity periods

Ten of the fourteen species composing this lizard assemblage have diurnal habits, with an activity period between 0800 h and 1700 h (Figure 5). The nocturnal species (*P. pollicaris*, *P. periosus*, *H. agrius*

and *G. geckoides*) showed an activity period between 1800 h and 0500 h (Figure 5); *G. geckoides* and *P. periosus* were also registered during the day, with *G. geckoides* being hidden, while *P. periosus* was active (see below).

Among the diurnal species, *L. klugei* ($B_T = 8.57$), *T. hispidus* ($B_T = 8.51$) and *T. semitaeniatus* ($B_T = 8.31$) were the species with a wider niche amplitude and showed wider and/or bimodal activity profiles (Figure 5A, B and D). These three species share the specificities of being recorded from the initial hours of observation, remaining active all day long, but with reduction of activity during the hottest hours. However, during the rainy season, *L. klugei* started activities later, around 1000 h, without any reduction of activity until the end of the day (Figure 5D). A relatively narrower niche amplitude value ($B_T = 4.60$), when compared with the tropidurids, was obtained for the teiid *A. cf. ocellifera*, reflecting an intermediate activity period (Figure 4C); this species started activities around 0800 h, reaching the highest number of appearances in the hottest hours and ending activities early, around 1400 h (Figure 5C). On the other hand, *M. heathi* presented the narrowest niche amplitude ($B_T = 1.8$) and showed a bimodal profile, during the initial and final hours of the day, corresponding to moderate temperatures (Figure 5E).

Among the nocturnal species, *P. periosus* ($B_T = 9.51$) and *P. pollicaris* ($B_T = 7.68$) were the ones with a wider activity period (Figure 5F and G). These species remained active during all the nocturnal observation period in both seasons. Furthermore, *P. periosus* was active not only at night; two individuals were found active at the end of the afternoon, between 1700h and 1800h (Figure 5G), and one individual was found active at 0900 h (not shown in Figure 4). An intermediate value for niche amplitude ($B_T = 5.26$) was obtained for *H. agrius*, with a very variable activity along the night and being recorded mainly during the dry season (Figure 4H). No significant difference was identified in the niche amplitude of the species between seasons ($t = 0.652$; $gl = 6$; $p = 0.539$).

The greatest overlapping in temporal niche happened between *T. hispidus* and *T. semitaeniatus* ($\emptyset_{Th \times Ts} = 0.938$), followed by *P. periosus* and *P. pollicaris* ($\emptyset_{Ppe \times Ppo} = 0.891$), and by *L. klugei* and the tropidurids ($\emptyset_{Lk \times Ts} = 0.898$ and $\emptyset_{Lk \times Th} = 0.795$). Null or markedly low overlapping indexes were obtained mostly between nocturnal and diurnal species.

4. Considerations about seasonal variation for sunny and/or shaded microhabitat usage

Variations in the usage profiles of sunny and shaded microhabitats were recorded for the most common diurnal species ($n \geq 10$). During the rainy season, tropidurids made use of sunny microhabitats along

Ecology of a lizard community in the semiarid of Brazil

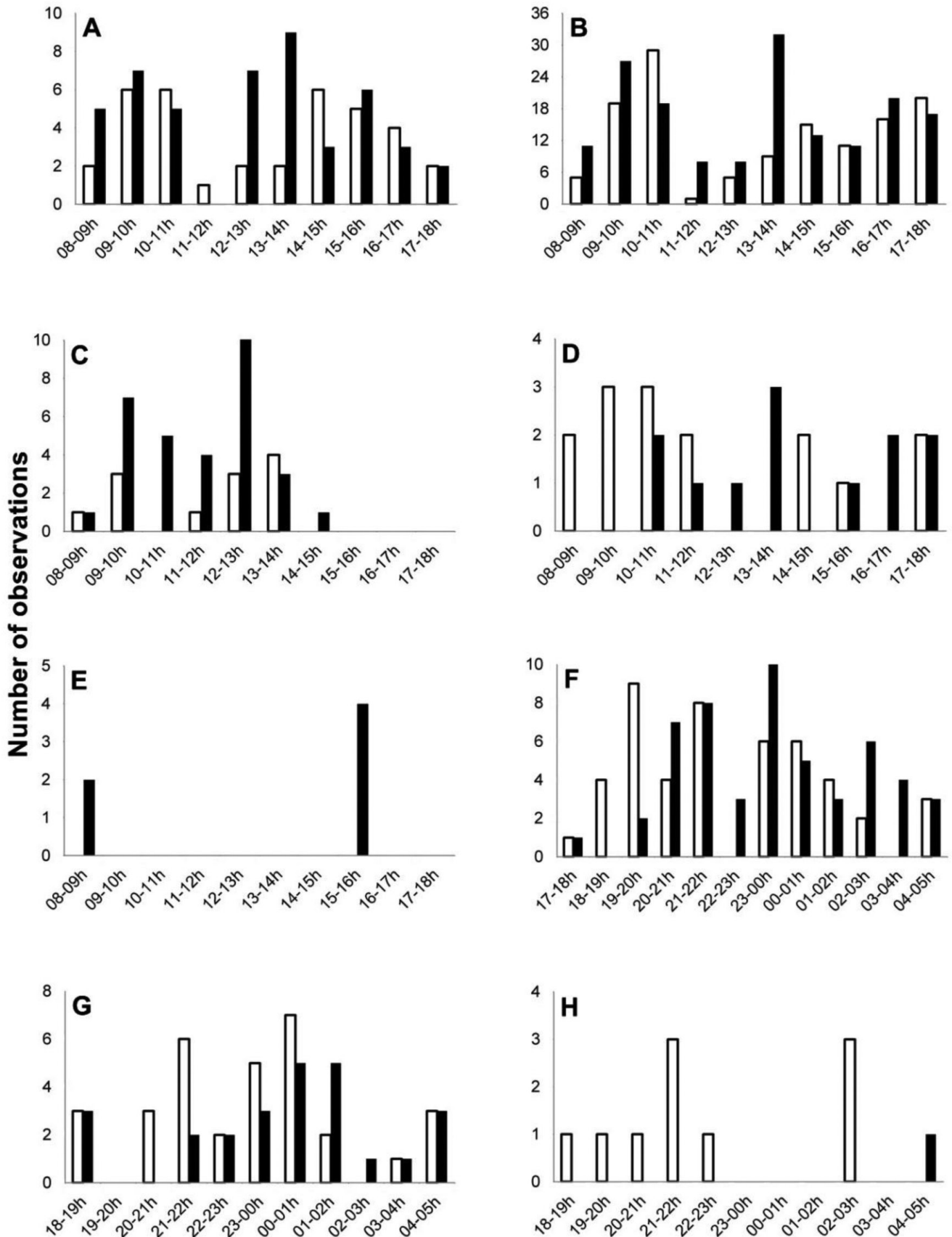


Figure 5. Activity periods of lizard species ($n \geq 5$) of the Ecological Station of the Seridó (ESEC Seridó), during the dry season (white bars) and rainy season (black bars), along the period of April to October 2011. Diurnal species: (A) *Tropidurus semitaeniatus*, (B) *T. hispidus*, (C) *Ameivula cf. ocellifera*, (D) *Ligodactylus klugei*, (E) *Mabuya heathi*. Nocturnal species: (F) *Phyllorpezus periosus*, (G) *P. pollicaris*, (H) *Hemidactylus agrius*.

Andrade, M.J.M. et al.

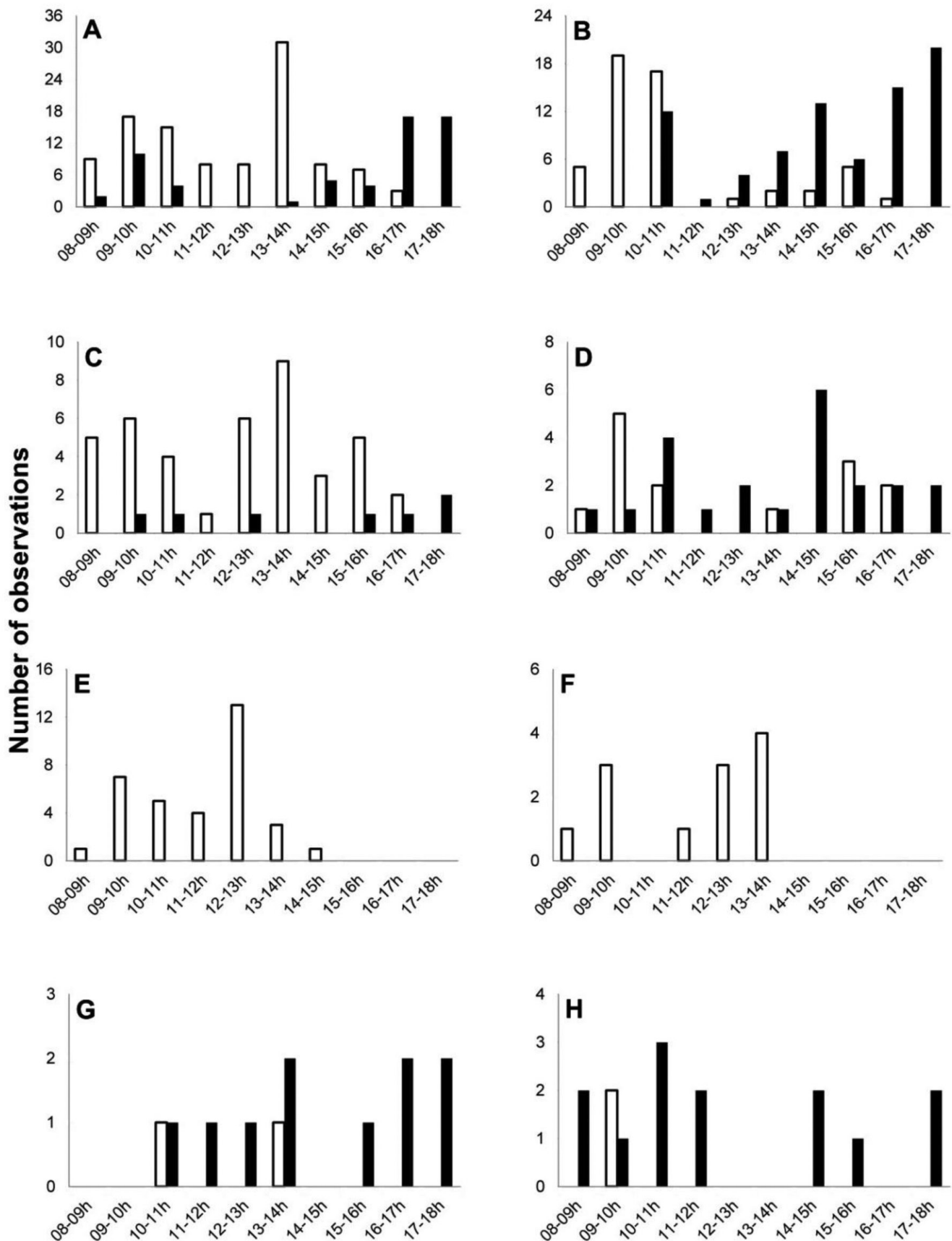


Figure 6. Usage of sunny (white bars) and shaded (black bars) microhabitats by *Tropidurus semitaeniatus* (A, B), *T. hispidus* (C, D), *Ameivula cf. ocellifera* (E, F) and *Ligodactylus klugei* (G, H) in the Ecological Station of the Seridó (ESEC Seridó), during the dry (A, C, E, G) and rainy (B, D, F, H) seasons.

all of the day (Figure 6A and C), while in the dry season they used mainly shaded microhabitats (Figure 6B and D). On the other hand, the profiles of light exposition of *A. cf. ocellifera* and *L. klugei* were similar along seasons; *A. cf. ocellifera* used just sunny microhabitats (Figure 6E and F), while *L. klugei* was recorded mainly from shaded environments (Figure 6G and H).

Discussion

Of the 16 species recorded by Freire et al. (2009) for the ESEC Seridó, just two (*Hemidactylus brasiliensis* e *Micrablepharus maximiliani*) were not found during this study performed in the same area. The longer sampling effort during the first work (several field excursions between 2002 and 2008) could have been a factor responsible for this difference. The richness of the lizard community of the ESEC Seridó is, therefore, similar to that found in other areas of Caatinga *sensu stricto* (Andrade-Lima 1981), considering that the richness of these areas oscillates between 10 and 19 species, depending on the locality (Vanzolini et al. 1980, Vitt 1995, Ribeiro & Freire 2011a, Moura et al. 2010, Garda et al. 2013).

The most frequent species in this study was *T. semitaeniatus*, which is a typical species of the Caatinga biome (Vitt 1995, Rodrigues 2003, Freire et al. 2009), but has also been registered in a transitional area between Caatinga and “campos rupestres” (rocky fields) (Menezes et al. 2011) and in the Atlantic Rainforest biome (Freire 2001). The second and third most abundant diurnal species (*T. hispidus* and *A. cf. ocellifera*) are common in the open formations of Brazil (Vitt 1995, Rodrigues 2003). *Ameivula cf. ocellifera* is a new species widely distributed in the Caatinga (F. Arias, pers. comm.), formerly treated as *A. ocellifera* in several studies (e.g. Vitt 1995, Ribeiro et al. 2011, Sales et al. 2012). These results agree with the data obtained by Kolodiuk (2005) for the ESEC Seridó, except for *A. cf. ocellifera* being more abundant than *T. hispidus* in that study, a fact that might have been the result of a more extensive sampling in the habitat of Herbaceous Vegetation in Open Area (HVOA). New information arising from this study is the presence of *L. klugei* among the most frequent species, confirming its predominance in open formations (Vitt 1995, Rodrigues 2003, Werneck et al. 2009).

The most frequent nocturnal species was *P. periosus*, endemic to the Caatinga and widely distributed across this biome at the present time, being found in the states of Alagoas, Pernambuco, Paraíba and Rio Grande do Norte (Freire et al. 2000, 2009). The second most frequent nocturnal species was *P. pollicaris*, a widespread species in the Caatinga (Vitt 1995, Rodrigues 1986, 2003). These results contradict those obtained by Maggi (2005), who indicated that *P. pollicaris* was much more abundant than *P. periosus*. It is probable that this difference could be related with differences in the physiognomy of the sampled areas.

The relatively common occurrence of *H. agrius* is a quite relevant novelty, as it was a rare species in other areas of the Caatinga (Vanzolini et al. 1980, Vitt 1995) and relictual in distribution (Rodrigues 2003). On the other hand, *H. mabouia*, which is a widespread invasive species in urban areas as well as in natural environments belonging to several different biomes, including the Caatinga (Vanzolini et al. 1980, Vitt 1986, 1995, Rodrigues 2003, Rocha et al. 2011), remains unrecorded from the ESEC Seridó (Freire et al. 2009 and this study), a fact worth to be further investigated.

Seasonality represented an important influence on the lizard assemblage of the ESEC, as most of the species showed a higher number of records during the rainy season and a decrease in the dry

season, thus confirming the results obtained by Kolodiuk et al. (2010), Ribeiro (2010) and Sales et al. (2011a). These authors suggested that this variation may be related to more pleasant temperatures and/or more food availability during the rainy season.

As for habitat usage, the highest richness and frequency of species in the Areas with Rocky Formations (ARF) may be related to the great abundance of this kind of areas in the ESEC Seridó (Freire et al. 2009, Ribeiro & Freire 2010), while the wide variety of available microhabitats, such as leaf litter and rock crevices, propitiate, mainly during the dry season, microhabitats with more pleasant temperatures (Mares et al. 1981).

Habitat usage by the most common species agrees with profiles already described for the ESEC Seridó by Kolodiuk (2005), Maggi (2005), Freire et al. (2009), Kolodiuk et al. (2009, 2010) and Ribeiro (2010), as these studies also showed *T. hispidus* as the most generalist species (Kolodiuk 2005, Ribeiro 2010) and *A. cf. ocellifera* occurring mostly in the Herbaceous Vegetation in Open Area (HVOA) (Kolodiuk 2005). The low values for niche amplitude recorded for *T. semitaeniatus*, *P. periosus* and *P. pollicaris* indicate specialization for the habitat of Areas with Rocky Formations (ARF). Other species lacking autoecological studies in the ESEC Seridó, such as *L. klugei* and *M. heathi*, showed high values of niche amplitude and, therefore, make part of the group of generalist species in terms of habitat usage, differing from the results achieved by Vitt (1995).

In spite of a considerable segregation between some pairs of species regarding habitat usage, there was high overlapping among the majority of the species of this assemblage. However, it is possible that divergences in other niche variables may exist, as sympatric species use to be segregated in at least one niche dimension like microhabitat, activity time and diet, or combinations of those variables (Vitt 1995, Werneck et al. 2009).

About microhabitat usage, this study showed that *T. semitaeniatus* was a strictly saxicolous species, *T. hispidus* was present in most of the microhabitats, and *A. cf. ocellifera* showed terrestrial habits, thus agreeing with the profiles outlined in previous studies performed in the ESEC Seridó (Kolodiuk 2005, Kolodiuk et al. 2009, 2010, Ribeiro 2010, Freire et al. 2009). The arboreal and terrestrial habits of *L. klugei* and *M. heathi*, respectively, confirmed profiles already described in other Caatinga site (Vitt 1995).

Phylllopezus periosus and *P. pollicaris* showed a high fidelity to the habitat of ARF and used the microhabitats of Rock Outcrop (RO), Crack of Rock Outcrop (CRO) and or On Boulder (OB), confirming their saxicolous character already stated in other works (Rodrigues 1986, Vitt 1995, Rodrigues 2003, Maggi 2005). However, the relatively common occurrence of both species in microhabitat categories associated to vegetation contradict the results of Maggi (2005), where just *P. pollicaris* made significant use of vegetation associated to the ARF habitat. In this case, the differences between the two studies may be related to methodological differences. Besides the rock outcrops, this study considered checking regularly the surrounding vegetation of the ARF habitat, where several records, mainly of *P. periosus*, were made, suggesting some degree of arboreal habits for this species. This suggestion is supported by *in loco* observations of trees, more than 5 meters away from the rock outcrops, where individuals were seen roosting more than 2 m above the ground (Figure 3E).

The low overlapping indexes for microhabitat usage, obtained for most of the species pairs, may be considered a relevant factor for the co-occurrence of the lizard species in the studied assemblage. For pairs of species showing high overlapping in this niche dimension, it is possible to infer probable dimensions where segregation occurs. In the case of the tropidurids, for example, the two species differ in

the vertical use of the rocky microhabitats, with *T. hispidus* using a larger vertical microhabitat range (Ribeiro 2010); in addition, the diet and foraging behavior of *T. hispidus* and *T. semitaeniatus* overlap under limiting conditions during the dry season, but are segregative factors that may contribute to the coexistence of these species in the wet season (Kolodiuk et al. 2010, Ribeiro & Freire 2011b). In the case of *P. periosus* and *P. pollicaris*, Maggi (2005) suggests that a difference in diet composition, enabled by differences in body size and foraging behavior between the two species, is the probable factor allowing the coexistence of them.

The activity periods of the dominant species reported in this study, where the tropidurids showed a wide activity period, being active all day long, with a reduction of activity during the hottest hours, while *A. cf. ocellifera* presented unimodal activity with a peak during the hottest hours of the day, also confirm data already described for the ESEC Seridó (Kolodiuk 2005, Maggi 2005, Freire et al. 2009, Ribeiro 2010, Ribeiro & Freire 2010), as well as some others performed in other areas of the Caatinga (Vitt 1995, Falcão 2006).

The activity profile recorded in this study for *L. klugei* differs in part with the profile described for other populations of this species in the Caatinga (e. g. Vitt 1995), because this species was active all day long in the ESEC Seridó. On the other hand, the bimodal profile exhibited by *M. heathi* in the ESEC, with activity during early morning and late afternoon, corroborates what was described in a study performed in the Cerrado (Sado et al. 2007) and in a study performed in the Atlantic Rainforest (Sales et al. 2009).

The seasonality of the ESEC Seridó affected the activity periods of diurnal lizards, corroborating previous results (Kolodiuk 2005, Kolodiuk et al. 2009, 2010, Ribeiro & Freire 2010, Ribeiro 2010). The lack of activity of the tropidurids and *L. klugei* in the hottest hours during the dry season may reflect, for example, the strong relation between environmental temperature and body temperature in these species, as all of them are ambush foragers (Rocha & Bergallo 1990, Vitt 1995). Preferential use of shaded environments by tropidurids during the dry season corroborated the results of Ribeiro & Freire (2010). *Lygodactylus klugei* used mainly shaded environments in both seasons, a trend also described by Vitt (1995). *Ameivula cf. ocellifera*, on the other hand, used in a preferential way sunny environments during both seasons, thus confirming the condition of an active forager needing to keep elevated body temperatures while active (Vitt 1995, Rocha et al. 2009, Menezes & Rocha 2011, Menezes et al. 2011).

Conclusion

The abundance of the species, and the profiles of time and space usage by the dominant species, corroborate long-term studies previously performed in the ESEC Seridó and suggest the existence of patterns in time and space usage in the lizard assemblage of this ESEC. Seasonal effects are remarkable and interfere mostly in the abundance of active individuals in the field and activity periods of the species. The overlapping in niche dimensions recorded for some pairs of species does not limit the co-occurrence of these, as they tend to be segregated in other variables like diet, activity periods, habitat and/or microhabitat.

Acknowledgments

We thank the Programa PELD/CNPq-Caatinga: Estrutura e Funcionamento (process nº 521134/01) for logistic support, and the administration and employees of the Estação Ecológica do Seridó – ESEC/IBAMA for allowing research and for the housing provided during the field work. MJM Andrade and EMX Freire received research grants from CNPq, and IBAMA issued the required permit (Permit 206/2006 and Process 02001.004294/03-15).

References

- ALBUQUERQUE U.P., ARAÚJO, E.L., EL-DEIR, A.C.A., LIMA, A.L.A., SOUTO, A., BEZERRA, B.M., FERRAZ, E.M.N., FREIRE, E.M.X., SAMPAIO, E.V.S.B., LAS-CASAS, F.M.G., MOURA, G.J.B., PEREIRA, G.A., MELO, J.G., RAMOS, M.A., RODAL, M.J.N., SCHIEL, N., LYRA-NEVES, R.M., ALVES, R.R.N., AZEVEDO-JÚNIOR, S.M., TELINO JÚNIOR, W.R. & SEVERI, W. 2012. Caatinga revisited: ecology and conservation of an important seasonal dry forest. *Sci. World J.* 2012:1-18. PMID:22919296 PMCid:PMC3415163. <http://dx.doi.org/10.1100/2012/205182>
- ANDRADE-LIMA, D. 1981. The caatingas dominium. *Rev. Bras. Bot.* 4(2):149-153.
- ARIAS, F., CARVALHO C.M., RODRIGUES, M.T. & ZAHER, H. 2011a. Two new species of *Cnemidophorus* (Squamata: Teiidae) from the Caatinga, northwest Brazil. *Zootaxa.* 2787:37-54.
- ARIAS, F., CARVALHO C.M., RODRIGUES, M.T. & ZAHER, H. 2011b. Two new species of *Cnemidophorus* (Squamata: Teiidae) of the *C. ocellifer* group, from Bahia, Brazil. *Zootaxa.* 3022:1-21.
- BORGES-NOJOSA, D.M & ARZABE, C. 2005. Diversidade de anfíbios e répteis em áreas prioritárias para a conservação da Caatinga. In *Análise das variações da biodiversidade do bioma caatinga: suporte a estratégias regionais de conservação* (F.S. Araújo, M.J.N. Rodal & M.R.V. Barbosa, orgs.). MMA, Brasília, p.227-241.
- FALCÃO, A.C.G.P. 2006. Uso de habitat e período de atividade de *Tropidurus* e *Cnemidophorus* na Caatinga em São João do Cariri, Paraíba. Monografia de graduação, Universidade Federal da Paraíba, Paraíba.
- FREIRE, E.M.X., FEIO, R.N. & POMBAL JUNIOR, J.P. 2000. Geographic Distribution. *Phyllopezus periosus*. *Herpetol. Rev.* 31:54.
- FREIRE, E.M.X. 2001. Composição, Taxonomia, Diversidade e considerações Zoogeográficas sobre a Fauna de Lagartos e Serpentes de Remanescentes da Mata Atlântica do Estado de Alagoas, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- FREIRE, E.M.X., SKUK, G.O.S., KOLODIUK, M.F., RIBEIRO, L.B., MAGGI, B.S., RODRIGUES, L.S., VIEIRA, W.L.S. & FALCÃO, A.C.G.P. 2009. Répteis das Caatingas do seridó do Rio Grande do Norte e do cariri da Paraíba: síntese do conhecimento atual e perspectivas. In *Recursos Naturais das Caatingas: Uma Visão Multidisciplinar* (E.M.X. Freire, org.). EdUFRN, Natal, p.51-84.
- GARDA, A.A., COSTA, T.B., SANTOS-SILVA, C.R., MESQUITA, D.O., FARIA, R.G., CONCEIÇÃO, B.M., SILVA, I.R.S., FERREIRA, A.S., ROCHA, S.M., PALMEIRA, C.N.S., RODRIGUES, R., FERRARI, S.F. & TORQUATO, S. 2013. Herpetofauna of protected areas in the Caatinga I: Raso da Catarina Ecological Station (Bahia, Brazil). *Check List* 9(2):405-414.
- KENNEY A.J. & C.J. KREBS. 2000. *Programs for Ecological Methodology*. 2. ed. University of British Columbia, Vancouver.
- KOLODIUK, M.F. 2005. Uso de habitats e período de atividade das espécies de lagartos dominantes da Caatinga da Estação Ecológica do Seridó, Rio Grande do Norte. Monografia de graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte.
- KOLODIUK, M.F., RIBEIRO, L.B. & FREIRE, E.M.X., 2009. The effects of seasonality on the foraging behavior of *Tropidurus hispidus* and *Tropidurus semitaeniatus* (Squamata, Tropiduridae) living in sympatry in the Caatinga of northeastern Brazil. *Zoologia* 26(3):581-585. <http://dx.doi.org/10.1590/S1984-46702009000300026>
- KOLODIUK, M.F., RIBEIRO, L.B. & FREIRE, E.M.X. 2010. Diet and foraging behavior of two species of *Tropidurus* (Squamata, Tropiduridae) in the Caatinga of northeastern Brazil. *S. Am. J. Herpetol.* 5(1):35-44. <http://dx.doi.org/10.2994/057.005.0104>
- LEAL, I.R., TABARELLI, M. & SILVA, J.M.C. 2003. Ecologia e conservação da caatinga: uma introdução ao desafio. In *Ecologia e Conservação da Caatinga* (I.R. Leal, M. Tabarelli & J.M.C. Silva, eds.). Ed. Universitária da UFPE, Recife, p.13-18.
- LEAL, I.R., SILVA, J.M.C., TABARELLI, M. & LACHER, T.E., JUNIOR. 2005. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. *Megadiversidade* 1:139-146.
- MAGURRAN, A.E. 1988. *Ecological Diversity and its Measurement*. Cambridge University Press, London. <http://dx.doi.org/10.1007/978-94-015-7358-0>

- MAGGI, B.S. 2005. Utilização de recursos, ecomorfometria e comportamento em duas espécies sintópicas de geconídeos (Squamata, Gekkonidae) na caatinga. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte.
- MARES, M.A., WILLIG, M.R., STREILEIN, K.E. & LACHER, T.E., Jr. 1981. The mammals of northeastern Brazil: a preliminary assessment. *Ann. Carnegie Mus.* 50:80-137.
- MENEZES, V.A. & ROCHA, C.F.D. 2011. Thermal ecology of five *Cnemidophorus* species (Squamata: Teiidae) in east coast of Brazil. *J. Thermal Biol.* 36:157-167. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtherbio.2011.03.004>
- MENEZES, V.A., VAN SLUYS, M., FONTES, A.F. & ROCHA, C.F.D. 2011. Living in a caatinga-rocky field transitional habitat: ecological aspects of the whiptail lizard *Cnemidophorus ocellifer* (Teiidae) in northeastern Brazil. *Zoologia* 28:8-16. <http://dx.doi.org/10.1590/S1984-46702011000100002>
- MOURA, G.J.B., FREIRE, E.M.X., SANTOS, E.M., MORAIS, Z.M.B., LINS, E.A.M., ANDRADE, E.V.E. & FERREIRA, J.D.C. 2010. Distribuição geográfica e caracterização ecológica dos répteis do estado de Pernambuco. In *Herpetofauna no Estado de Pernambuco* (G.J.B. Moura, E.M. Santos, M.A.B. Oliveira & M.C.C. Cabral, eds.). Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, p.227-288.
- PIANKA, E.R. 1973. The structure of lizard communities. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 4:53-74. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000413>
- RIBEIRO, L.B. 2010. Ecologia comportamental de *Tropidurus hispidus* e *Tropidurus semitaeniatus* (Squamata, Tropiduridae) em simpatria, em área de Caatinga do nordeste do Brasil. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte.
- RIBEIRO, L.B. & FREIRE, E.M.X. 2009a. *Tropidurus hispidus* (NCN). Frog predation. *Herpetol. Rev.* 40(2):228.
- RIBEIRO, L.B. & FREIRE, E.M.X. 2009b. *Tropidurus semitaeniatus* (NCN). Drinking behavior. *Herpetol. Rev.* 40(2):228-229.
- RIBEIRO, L.B. & FREIRE, E.M.X. 2010. Thermal ecology and thermoregulatory behavior of *Tropidurus hispidus* and *T. semitaeniatus* in a Caatinga area of northeastern Brazil. *Herpetol. J.* 20:201-208.
- RIBEIRO, L.B. & FREIRE, E.M.X. 2011a. Lagartos como bioindicadores: testando metodologia de avaliação da qualidade ambiental de caatingas e áreas florestadas. In *Múltiplos Olhares sobre o Semiárido Brasileiro: Perspectivas Interdisciplinares* (E.M.X. Freire, G.A. Cândido & P.V. Azevedo, orgs). EDUFERN, Natal, p.145-186.
- RIBEIRO, L.B. & FREIRE, E.M.X. 2011b. Trophic ecology and foraging behavior of *Tropidurus hispidus* and *Tropidurus semitaeniatus* (Squamata, Tropiduridae) in a caatinga area of northeastern Brazil. *Iheringia, Sér. Zool.* 101:225-232.
- RIBEIRO, L.B., GOGLIATH, M. & FREIRE, E.M.X. 2008. *Tropidurus semitaeniatus* (Squamata: Tropiduridae) as a seed disperser of the plant *Commiphora leptophloeos* (Burseraceae) in the Caatinga of northeastern Brazil. *Cuad. Herpetol.* 22(2): 91-94.
- RIBEIRO, L.B., KOLODIUK, M.F. & FREIRE, E.M.X. 2010. Ventral colored patches in *Tropidurus semitaeniatus* (Squamata, Tropiduridae): sexual dimorphism and association with reproductive cycle. *J. Herpetol.* 44(1):177-182. <http://dx.doi.org/10.1670/07-246.1>
- RIBEIRO, L.B., GOGLIATH, M., SALES, R.F.D. & FREIRE, E.M.X. 2011. Mating behavior and female accompaniment in the whiptail lizard *Cnemidophorus ocellifer* (Squamata, Teiidae) in the Caatinga region of northeastern Brazil. *Biota Neotrop.* 11(4):363-368. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032011000400031>
- RIBEIRO, L.B., SILVA, N.B. & FREIRE, E.M.X. 2012. Reproductive and fat body cycles of *Tropidurus hispidus* and *Tropidurus semitaeniatus* (Squamata: Tropiduridae) in a caatinga area of northeastern Brazil. *Ver. Chil. Hist. Nat.* 85: 307-320. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2012000300005>
- ROCHA, C.F.D. 1994. A ecologia de lagartos no Brasil: status e perspectivas. In *Herpetologia no Brasil I* (L.B. Nascimento, A.T. Bernardes & G.A. Cotta, eds). PUC/MG, Fundação Biodiversitas e Fundação Ezequiel Dias, Minas Gerais, p.35-57. PMID:8034556
- ROCHA, C.F.D. & BERGALLO, H.G. 1990. Thermal biology and flight distance of *Tropidurus oreadicus* (Sauria: Iguanidae) in an area of Amazonian Brazil. *Ethol. Ecol. Evol.* 2:263-268. <http://dx.doi.org/10.1080/08927014.1990.9525411>
- ROCHA, C.F.D., VAN SLUYS, M., VRCIBRADIC, D., KIEFER, M.C., MENEZES, V.A., SIQUEIRA, C.C. 2009. Comportamento de termorregulação em lagartos brasileiros. *Oecol. Bras.* 13:115-131.
- ROCHA, C.F.D., ANJOS, L.A. & BERGALLO, H.G. 2011. Conquering Brazil: the invasion by the exotic gekkonid lizard *Hemidactylus mabouia* (Squamata) in Brazilian natural environments. *Zoologia* 28(6):747-754. <http://dx.doi.org/10.1590/S1984-46702011000600007>
- RODRIGUES, M. T. 1986. Uma nova espécie do gênero *Phyllopezus* de Cabaceiras: Paraíba: Brasil; com comentários sobre a fauna de lagartos da área (Sauria Gekkonidae). *Pap. Avulsos Zool.* 36(20):237-250.
- RODRIGUES, M.T. 1996. Lizards, snakes and amphisbaenians from the Quaternary sand dunes of the middle Rio São Francisco, Bahia, Brazil. *J. Herpetol.* 30:513-523. <http://dx.doi.org/10.2307/1565694>
- RODRIGUES, M.T. 2003. Herpetofauna da Caatinga. In *Ecologia e Conservação da Caatinga* (I.R. Leal, M. Tabarelli & J.M.C. Silva, eds). Ed. Universitária da UFPE, Recife, p.489-540.
- RODRIGUES, M.T. 2005. Conservação dos répteis brasileiros: os desafios para um país megadiverso. *Megadiversidade.* 1:87-94.
- SADO, R.R., CARDOSO, R.M., OLIVEIRA, I., TOMATIELI, T.F. & COLLI, G.R. 2007. Padrão de atividade e termorregulação em lagartos do cerrado. In *Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil*, Caxambu, MG.
- SALES, R.F.D., LISBOA, C.M.C.A. & FREIRE, E.M.X. 2009. Répteis Squamata de remanescentes florestais do campus da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, Brasil. *Cuad. Herpetol.* 23:77-88. <http://dx.doi.org/10.2994/057.007.0204>
- SALES, R.F.D., RIBEIRO, L.B. & FREIRE, E.M.X. 2011a. Feeding ecology of *Ameiva ameiva* in a Caatinga area of northeastern Brazil. *Herpetol. J.* 21:199-207.
- SALES, R.F.D., RIBEIRO, L.B., JORGE, J.S. & FREIRE, E.M.X. 2011b. Habitat use, daily activity periods and thermal ecology of *Ameiva ameiva* (Squamata: Teiidae) in a caatinga area of northeastern Brazil. *Phyllomedusa* 10(2):165-176.
- SALES, R.F.D., RIBEIRO, L.B., JORGE, J.S. & FREIRE, E.M.X. 2012. Feeding habits and predator-prey size relationships in the whiptail lizard *Cnemidophorus ocellifer* (Teiidae) in the semiarid region of Brazil. *S. Am. J. Herpetol.* 7(2):149-156.
- SILVA, J.M.C., TABARELLI, M., FONSECA, M.T. & LINS, L.V. (orgs.). 2003. Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. MMA UFPE, Brasília.
- SIMPSON, E.H. 1949. Measurement of species diversity. *Nature.* 163:688. <http://dx.doi.org/10.1038/163688a0>
- VANZOLINI, P.E., RAMOS-COSTA, A.M.M. & VITT, L.J. 1980. Répteis das Caatingas. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro.
- VARELA-FREIRE, A.A. 2002. A Caatinga Hiperxerófila do Seridó: a sua Caracterização e Estratégias para sua Conservação. Academia de Ciências do Estado de São Paulo, São Paulo.
- VELLOSO, A.L., SAMPAIO, E.V.S.B. & PAREYN, F.G.C. 2002. Ecorregiões: Propostas para o Bioma Caatinga. Instituto de Conservação Ambiental The Nature Conservancy do Brasil, Recife.
- VITT, L.J. 1986. Reproductive tactics of sympatric gekkonid lizards with comment on the evolutionary and ecological consequences of invariant clutch size. *Copeia.* 3: 773-786.
- VITT, L.J. 1995. The ecology of tropical lizards in the Caatinga of northeast Brazil. *Occas. Pap. Okla. Mus. Nat. Hist.* 1:1-29.
- WERNECK, F.P., COLLI, G.R. & VITT, L.J. 2009. Determinants of assemblage structure in neotropical dry forest lizards. *Austral Ecol.* 34:97-115. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1442-9993.2008.01915.x>

Received 12/29/2012

Revised 08/21/2013

Accepted 09/20/2013

The influence of seasonality on fish life stages and residence in surf zones: a case of study in a tropical region

Fábio Magno da Silva Santana^{1,4,5}, William Severi², Caroline Vieira Feitosa³ & Maria Elisabeth de Araújo¹

¹Grupo de Ictiologia Marinha Tropical – IMAT, Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária, CEP 50670-901, Recife, PE, Brazil. <http://www.ufpe.br/docean>

²Laboratório de Ictiologia, Departamento de Pesca e Aquicultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife, PE, Brazil. <http://www.depaq.ufrpe.br>

³Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará – UFC, Av. da Abolição, 3207, Meireles, CEP 60165-081, Fortaleza, CE, Brazil. <http://www.labomar.ufc.br> - Grupo de Ictiologia Marinha Tropical – IMAT

⁴Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias, Escola Agrícola de Jundiá, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Rod. RN 160, Km 03, Distrito de Jundiá, CEP 59280-000, Macaíba, RN, Brazil. <http://www.eaj.ufrn.br/site/>

⁵Corresponding author: Fábio Magno da Silva Santana, e-mail: emaildefabio@uol.com.br

SANTANA, F.M.S., SEVERI, W., FEITOSA, C.V. & ARAÚJO, M.E. **The influence of seasonality on fish life stages and residence in surf zones: a case of study in a tropical region.** *Biota Neotrop.* (13)3: <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?article+bn03813032013>

Abstract: Resident fishes and their seasonal use of a surf zone were characterized and identified in the Jaguaribe beach, located on the Island of Itamaracá, state of Pernambuco, northeastern Brazil. Monthly tows (March 2006 to February 2007) with a beach seine net (20 m long, 1.5 m high, 5 mm mesh size) in different moon phases and periods of the day (day and night) were conducted. A total of 6,407 specimens, 35 families and 90 species were recorded. Seven species were considered as annual residents (*Anchoa tricolor*, *Anchoviella lepidentostole*, *Bairdiella ronchus*, *Larimus breviceps*, *Lycengraulis grossidens*, *Polydactylus virginicus* and *Pomadasy corvinaeformis*), three resident throughout the dry season (*Conodon nobilis*, *Lile piquitinga* and *Menticirrhus americanus*) and two resident species in the rainy period (*Cathorops spixii* and *Nicholsina usta*). Among these 12 species, concerning their life cycle, three of them (*A. tricolor*, *C. spixii* and *L. piquitinga*) showed only adult individuals, while *B. ronchus*, *M. americanus* and *N. usta* were the only species represented exclusively by juvenile in both seasons. The surf zone of Jaguaribe beach presents a considerable ecological importance as it encompasses a great diversity of fishes, including species considered rare for this ecosystem, as well as species which are resident annually or seasonally. The distribution pattern of species found in this study shows that the ichthyofauna of the surf zone in Jaguaribe beach is rich, mainly dominated by small-sized individuals including juveniles of several species, with the presence of some species most commonly found in neighboring environments, such as seagrass beds, estuaries and reefs. As an integrated component of interconnected environments in coastal areas of Pernambuco, and owing to its function in the life cycle of coastal fishes, the surf zone of Jaguaribe beach presents an apparently common ecological pattern for tropical sandy beaches.

Keywords: *ichthyofauna, Itamaracá, sandy beach, juvenile fish.*

SANTANA, F.M.S., SEVERI, W., FEITOSA, C.V. & ARAÚJO, M.E. **A influência da sazonalidade sobre os estágios de vida e residência de peixes em zonas de arrebentação: um estudo de caso em uma região tropical.** *Biota Neotrop.* (13)3: <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?article+bn03813032013>

Resumo: As espécies de peixes residentes e seu uso sazonal na zona de arrebentação foram caracterizados e identificados na praia de Jaguaribe, na Ilha de Itamaracá, estado de Pernambuco, nordeste do Brasil. As coletas foram mensais (março/2006 a fevereiro/2007), nas fases de lua nova e crescente, nos períodos diurno e noturno, com rede de arrasto do tipo picaré (20 m × 1,5 m × 5 mm), durante a baixa-mar. No total, foram coletados 6.407 exemplares pertencentes a 35 famílias e 90 espécies. Sete espécies foram consideradas residentes anuais (*Anchoa tricolor*, *Anchoviella lepidentostole*, *Bairdiella ronchus*, *Larimus breviceps*, *Lycengraulis grossidens*, *Polydactylus virginicus* e *Pomadasy corvinaeformis*), três residentes durante a estiagem (*Conodon nobilis*, *Lile piquitinga* e *Menticirrhus americanus*) e duas residentes na estação chuvosa (*Cathorops spixii* e *Nicholsina usta*). Das 12 espécies analisadas, quanto ao estágio de vida, três delas (*A. tricolor*, *C. spixii* e *L. piquitinga*) apresentaram apenas indivíduos adultos, enquanto *B. ronchus*, *M. americanus* e *N. usta* foram as únicas representadas exclusivamente por jovens nas duas estações. A zona de arrebentação da Praia de Jaguaribe possui considerável importância ecológica, uma vez que engloba uma grande diversidade de peixes, incluindo espécies consideradas raras para este ecossistema, bem como espécies que são residentes anual ou sazonalmente. O padrão de distribuição das espécies registradas neste estudo demonstra que a ictiofauna da zona de arrebentação da praia de Jaguaribe é rica, dominada principalmente por indivíduos de pequeno tamanho, incluindo a fase juvenil de várias espécies, com a presença de algumas encontradas comumente em ambientes adjacentes, como banco de fanerógamas, estuários e recifes. Como um componente de ambientes interconectados em áreas costeiras de Pernambuco e por sua função no ciclo de vida de peixes costeiros, a zona de arrebentação da praia de Jaguaribe apresenta um padrão ecológico aparentemente comum em praias arenosas tropicais.

Palavras-chave: *ictiofauna, Itamaracá, praias arenosas, peixes juvenis.*

Introduction

Coastal zones are areas of ecological transition sites that enable a connection between terrestrial and marine ecosystems, through genetic and biomass exchanges, characterizing them as dynamic and biologically diverse environments (Robertson & Lenanton 1984, Monteiro-Neto et al. 2008). Sandy beaches can occur in any type of coast subject to the availability and sufficient volume of sediments to be deposited by the waves above the sea level (Veloso & Neves 2009). Many marine species, such as most of Haemulidae and the juveniles of Carangidae, use these sites for different purposes (e.g. breeding, feeding, for shelter and migration) at different stages of their development (Blaber 2002).

Surf zones may be defined as dynamic environments, characterized by the turbulence and the high energy from waves, tides and currents motion (Romer 1990). They are considered as a part of the foreshore, which is the submerged portion of the beach profile, extending from the wave break line up to the lower border of the beach face. The kind of wave break depends on the declivity of the bottom and is produced by the destabilization of the waves originated with the reduction of depth (Veloso & Neves 2009).

Studies on the ichthyofauna have demonstrated the presence of many species in surf zones, mainly in the juvenile stage, highlighting its importance for these species in this stage of life cycle (Robertson & Lenanton 1984, Godefroid et al. 2001). However, feeding and also shelter are another important use of the surf zone area by fishes (Blaber & Blaber 1980, Lasiak 1984a, b, Whitfield 1996). Fish species living in these places are represented by active planktivores, detritivores, piscivores, beach nesters and migrants from adjacent ecosystems (Moyle & Cech 2000). The understanding of the trophic relationships between species, as well as the strategies, used to reduce mortality in early stages of their life cycle can be monitored by tracking the spatial and temporal variations of ichthyofauna in sandy environments (Pessanha & Araújo 2003, Falcão et al. 2006).

Despite the relevance of the recruitment of coastal fish, there are few studies on the composition of fish assemblages in surf zones, in comparison with other coastal habitats (Wilber et al. 2003). And there is a lot of doubt about the factors that influence and control temporal variations of these assemblages in such areas (Clark et al. 1996). In Brazilian waters, researches aimed to understand the ecological role of species that reside or temporarily inhabit this ecosystem. In northeastern Brazil, for example, it can be mentioned studies on the composition of the ichthyofauna of three sandy beaches of Maceió, Alagoas (Teixeira & Almeida 1998) and Jaguaribe Beach, Pernambuco (Lira & Teixeira 2008, Santana & Severi 2009). Nevertheless, there is no publication that compares the composition and temporal variation on the fish assemblage structure in the surf zone in relation to other coastal environments, distribution of their life stages, or identification of those that are residents. Actually, most of the coastal zone is heavily human populated (Beatley et al. 2002) and the surf zones hold an increasing encumbrance as the focal area of recreation and suffer pollution from nearby urban centers (Chant et al. 2008). Determining the degree, to which surf-zone assemblages vary temporally, as well as the knowledge on the ichthyofauna in coastal areas and its use at any time, may serve as parameters for further observations and gathering of diagnoses about these sites. These information will help scientists better understand about the ecology and dynamics of the fauna, which can be critical to coastal and ocean management.

The present study aimed to characterize the ichthyofauna of the surf zone in Jaguaribe beach, Itamaracá-PE, analyzing the day and night parameters, as well as moon phases, and identifying the resident species and their seasonal use.

Material and Methods

1. Study area

Jaguaribe beach (Figure 1) is located in the northern portion of Itamaracá island (Pernambuco) (07° 43' 08" and 07° 45' 32" S, 034° 50' 14" and 034° 51' 05" W). It constitutes a flat area at low altitude (30-60 m) with sharp drop near the coast. The adjacent coastal marine environment, locally called "inner sea", is sheltered by a reef line parallel to the shore, about 3-4 km from the beach front, with a profile perpendicular to it, with low declivity and maximum depth of 5 m, usually less than 2 m (Kempf 1970). The benthos are characterized by little active or dead coralline formations and encrusting coralline algae, sitting on sandstone foundation (Medeiros & Kjerfve 1993). It presents waves predominantly towards southeast, with the mainstream to the north (Santana & Severi 2009). Its substrate consists of sandy bottom with high content of calcium carbonate derived from the decomposition of the rock formation originated from coastal erosion, and sediment composed of quartz sand, shells of mollusks, foraminifera and fragments of *Halimeda* and *Lithothamnium* calcareous algae (Lopes 1999, Guerra et al. 2005). Extensive stands of seagrass beds *Halodule wrightii* are associated with mixed banks interspersed with *Caulerpa*, *Sargassum* and *Halimeda* (Kempf 1970).

2. Field collection

Collections were performed monthly between March 2006 and February 2007, at new and first quarter moons, encompassing spring and neap tides, in day and night periods, always at low tide. A beach seine net, 20 m long, 1.5 m high and 5 mm internode mesh, was used.

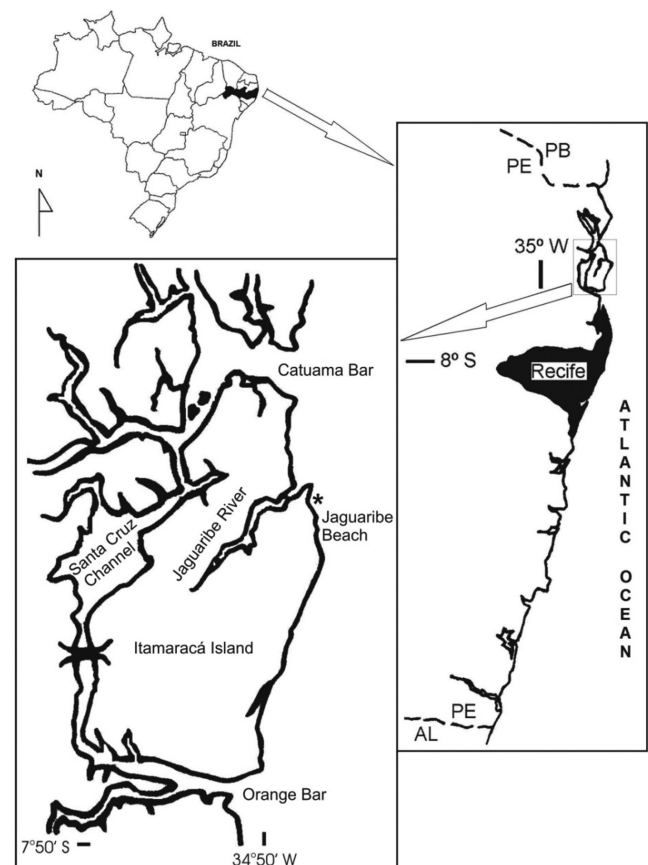


Figure 1. Map of Itamaracá Island location, on the northern coast of Pernambuco state, and indication of the collection site (*) in Jaguaribe beach.

Two manual trawling were made in day and night periods, totaling 8 trawling/month, each lasting about 10 minutes. Trawling was parallel to the coast and towards north, at depth inferior to 1.50 m, along a 25 m segment of beach strip (07° 43' 42.9" S, 034° 49' 32.1" W).

The specimens were fixed in 10% formalin and preserved in 70% ethanol. The taxonomic identification was based on Figueiredo (1977), Figueiredo & Menezes (1978, 1980, 2000), Menezes & Figueiredo (1980, 1985), Carpenter (2002a, b), Araújo et al. (2004) and Marceniuk (2005) and the classification of families according to Nelson (2006). The specimens were stored in the ichthyological collection at the Laboratory of Ichthyology, Department of Fisheries and Aquaculture, Federal Rural University of Pernambuco.

3. Rainy and dry seasons

Since the pluviometric distribution showed no well-defined pattern, the rainy season was considered as the months with rainfall exceeding 100 mm, being the remaining months regarded as dry season, according to the data obtained from Laboratório de Meteorologia de Pernambuco (Laboratório... 2011). During the study period, the rainy season was established including the months from March to August of 2006 and February of 2007, and the dry season from September 2006 to January 2007.

4. Data analysis

The abundance and frequency of occurrence for each fish species were based on the pooled samples from the two trawlings made in each collection, which were analyzed per period and tide, and later grouped for the analysis per month and season (dry and wet). The combined influence of tide and period of the day on data was evaluated per month and season. The Kolmogorov-Smirnov test ($P < 0.05$) was used to verify data normality. For normally distributed data, it was used the One-Way ANOVA and the Fisher's *post hoc* test ($P < 0.05$). When the data were not distributed normally, the nonparametric tests Mann-Whitney and Kruskal-Wallis ($P < 0.05$) were used, employing the Statistica software (Statsoft 2008).

The characterization of abundance and occurrence frequency of species was adapted from Garcia & Vieira (2001). It was considered abundant, in a certain season, the species that had a percentage of individuals (PN%) higher than the ratio $100/S$, where S is the number of species present in that season. The species that had an occurrence frequency (OF%) higher than 50% at that season were considered frequent. From this point, the species were classified and grouped according to their values of PN% and FO% in: (1) Abundant and frequent (AF) ($PN\% \geq 100/S$ and $FO\% \geq 50$); (2) Abundant and little frequent (ALF) ($PN\% \geq 100/S$ and $FO\% < 50$); (3) little abundant and frequent (LAF) ($PN\% < 100/S$ and $FO\% \geq 50$) and (4) little abundant and infrequent (LAI) ($PN\% < 100/S$ and $FO\% < 50$).

The abundant and frequent species (AF) were considered resident. Those that were AF both in the rainy and in the dry seasons were treated as annual resident (AR). Those which were abundant and frequent (AF), in only one of the seasons were considered resident in the dry (RD) or in the rainy season (RR), accordingly.

For the analysis of life stages and Bray-Curtis similarity, the resident species were also selected. Two phases of life were considered: juvenile and adult. To determine the age limit for adult phase, scatter plots were made with the cut corresponding to 25% of the maximum size of the species (Vazzoler et al. 1999), period at which the animal is presumably able to breed, therefore being considered an adult. Animals that were below this line were considered juvenile. The maximum size of each species (Lmax) was based on Figueiredo & Menezes (1978), Menezes & Figueiredo (1980, 1985) and Carpenter (2002a, b).

In the analysis of grouping between species, a matrix of Bray-Curtis similarity was elaborated and the data of monthly abundance were transformed by the fourth root. The results were expressed as a dendrogram, using the grouping by unweighted arithmetic mean (UPGMA), employing the PRIMER statistical package version 4.0 (Primer-E 2000).

Results

A total of 6,407 individuals were sampled belonging to 90 species and 35 families. The families, which are most representative in number of species, were Sciaenidae (10), Engraulidae, Haemulidae (9), Carangidae (8), Achiridae, Ariidae, Clupeidae, Gerreidae (4), and Cynoglossidae (3). These nine families represented about 62% of all species caught. The 15 most numerically abundant species amounted to almost 91% of total individuals. They were *Anchoviella lepidentostole*, *Bairdiella ronchus*, *Lycengraulis grossidens*, *Polydactylus virginicus*, *Larimus breviceps*, *Anchoa tricolor*, *Chirocentron bleekermanus*, *Pomadasy corvinaeformis*, *Stellifer stellifer*, *Stellifer rastrifer*, *Lile piquitinga*, *Conodon nobilis*, *Menticirrhus americanus*, *Pellona harroweri* and *Anchoa marinii* (Table 1)

Figure 2 illustrates the classification of the fish species caught in the surf zone regarding their abundance and frequency in the rainy and dry seasons and year-round. Only *A. tricolor*, *B. ronchus*, *L. breviceps* and *P. virginicus* showed 100% occurrence (Table 1). It is observed that the rarest and least abundant species correspond to nearly 70% of the fish sampled.

Between dry and rainy seasons the total number of fish did not differ significantly ($F = 1.39$, $p = 0.265$). Regarding daytime and nighttime collections the total number of fish was significantly different ($U = 11,500$, $p = 0.00048$) in the annual analysis, as well as in the dry ($F = 10.54$, $p = 0.012$) and in the rainy season ($U = 6,500$, $p = 0.02145$), with the highest number of fish being found during the day in all cases analyzed. In the analysis that groups moon-day data a significant difference in the total number of fish was found ($KW = 16.0337$, $p = 0.0011$). Daytime showed a higher number of fish (5078) compared to night time (1329) in crescent and new moons. Regarding seasonality of all species analyzed, seven were annual residents (*A. tricolor*, *A. lepidentostole*, *B. ronchus*, *L. breviceps*, *L. grossidens*, *P. virginicus* and *P. corvinaeformis*), three were resident probably only in the dry season (*C. nobilis*, *L. piquitinga* and *M.*

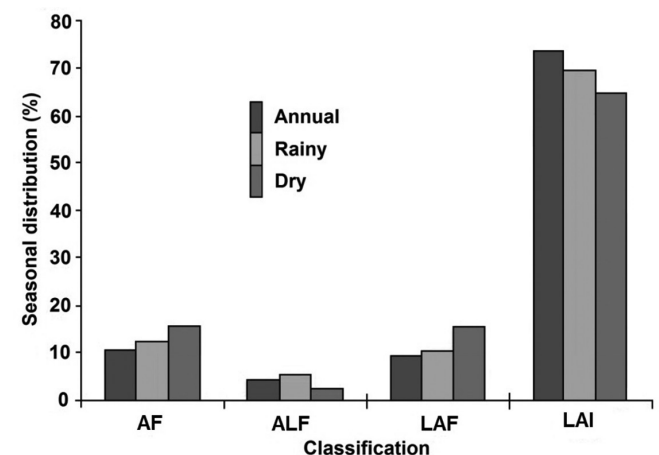


Figure 2. Seasonal distribution (in percentage) of the 6,407 specimens captured in the surf zone of Jaguaribe (PE) and classified as abundant and frequent (AF), abundant and little frequent (ALF), little abundant and frequent (LAF) and little abundant and little frequent (LAI).

Table 1. List of species collected in the surf zone of Jaguaribe beach (PE), from March 2006 to February 2007, presented in descending order of frequency of occurrence (%) (FO). Legends: n = abundance during rainy and dry seasons, PN = percentage of individuals in rainy and dry seasons, FO = frequency of occurrence during the rainy and dry seasons, C = constant during rainy and dry seasons, nC = abundance in the rainy season, PNC = percentage of individuals in rainy season, FOC = frequency of occurrence in rainy season, CC = constant in rainy season, nE = abundance in dry season, PNE = percentage of individuals in dry season, FOE = frequency of occurrence in dry season, CE = constant in dry season. Constancy classification: abundant and frequent (AF), abundant and little frequent (ALF), little abundant and frequent (LAF) and little abundant and infrequent (LAI).

Families (35)	Species (92)	n	PN(%)	FO(%)	C	nC	PNC(%)	FOC(%)	CC	nE	PNE(%)	FOE(%)	CE
Engraulidae	<i>Anchoa tricolor</i> (Spix & Agassiz, 1829)	244	3.81	100.00	AF	94	3.03	100	AF	150	4.53	100	AF
Sciaenidae	<i>Bairdiella ronchus</i> (Cuvier, 1830)	1192	18.60	100.00	AF	594	19.17	100	AF	598	18.08	100	AF
Sciaenidae	<i>Larimus breviceps</i> Cuvier, 1830	411	6.41	100.00	AF	294	9.49	100	AF	117	3.54	100	AF
Polynemidae	<i>Polydactylus virginicus</i> (Linnaeus, 1758)	573	8.94	100.00	AF	180	5.81	100	AF	393	11.88	100	AF
Engraulidae	<i>Anchoviella lepidentostole</i> (Fowler, 1911)	1532	23.91	91.67	AF	817	26.36	86	AF	715	21.61	100	AF
Sciaenidae	<i>Menticirrhus americanus</i> (Linnaeus, 1758)	84	1.31	91.67	AF	8	0.26	71	LAF	76	2.30	100	AF
Engraulidae	<i>Lycengraulis grossidens</i> (Agassiz, 1829)	735	11.47	83.33	AF	66	2.13	71	AF	669	20.22	100	AF
Haemulidae	<i>Conodon nobilis</i> (Linnaeus, 1758)	104	1.62	83.33	AF	30	0.97	86	LAF	74	2.24	80	AF
Haemulidae	<i>Pomadasys corvinaeformis</i> (Steindachner, 1868)	153	2.39	83.33	AF	93	3.00	71	AF	60	1.81	100	AF
Clupeidae	<i>Lile piquitinga</i> (Schreiner & Miranda Ribeiro, 1903)	111	1.73	58.33	AF	7	0.23	43	LAI	104	3.14	80	AF
Pristigasteridae	<i>Chirocentron bleekermani</i> (Poey, 1867)	196	3.06	41.67	ALF	133	4.29	43	ALF	63	1.90	40	ALF
Sciaenidae	<i>Stellifer rastrifer</i> (Jordan, 1889)	142	2.22	33.33	ALF	132	4.26	29	ALF	10	0.30	40	LAI
Sciaenidae	<i>Stellifer stellifer</i> (Bloch, 1790)	175	2.73	25.00	ALF	173	5.58	29	ALF	2	0.06	20	LAI
Pristigasteridae	<i>Pellona harroweri</i> (Fowler, 1917)	79	1.23	16.67	ALF	76	2.45	14	ALF	3	0.09	20	LAI
Engraulidae	<i>Anchoa marinii</i> Hildebrand, 1943	77	1.20	16.67	ALF	0	0.00	0	-	77	2.33	40	APF
Hemiramphidae	<i>Hyporhamphus roberti</i> (Valenciennes, 1847)	43	0.67	75.00	LAF	33	1.06	71	LAF	10	0.30	80	LAF
Hemiramphidae	<i>Hyporhamphus unifasciatus</i> (Ranzani, 1841)	24	0.37	75.00	LAF	16	0.52	71	LAF	8	0.24	80	LAF
Carangidae	<i>Trachinotus carolinus</i> (Linnaeus, 1766)	18	0.28	75.00	LAF	10	0.32	86	LAF	8	0.24	60	LAF
Achiridae	<i>Trinectes paulistanus</i> (Miranda Ribeiro, 1915)	34	0.53	75.00	LAF	13	0.42	71	LAF	21	0.63	80	LAF
Sciaenidae	<i>Menticirrhus littoralis</i> (Holbrook, 1847)	21	0.33	66.67	LAF	6	0.19	43	LAI	15	0.45	100	LAF
Ariidae	<i>Cathorops spixii</i> (Agassiz, 1829)	63	0.98	58.33	LAF	53	1.71	71	AF	10	0.30	40	LAI
Ophichthidae	<i>Myrichthys ocellatus</i> (Lesueur, 1825)	10	0.16	50.00	LAF	8	0.26	57	LAF	2	0.06	40	LAI
Engraulidae	<i>Anchovia clupeioides</i> (Swainson, 1839)	16	0.25	50.00	LAF	8	0.26	43	LAI	8	0.24	60	LAF
Atherinopsidae	<i>Atherinella brasiliensis</i> (Quoy & Gaimard, 1825)	13	0.20	50.00	LAF	4	0.13	29	LAI	9	0.27	80	LAF
Clupeidae	<i>Harengula clupeiola</i> (Cuvier, 1829)	14	0.22	41.67	LAI	8	0.26	43	LAI	6	0.18	40	LAI
Carangidae	<i>Trachinotus falcatus</i> (Forsskaal, 1755)	7	0.11	41.67	LAI	6	0.19	57	LAF	1	0.03	20	LAI
Labridae	<i>Nicholsina usta</i> (Valenciennes, 1840)	44	0.69	41.67	LAI	44	1.42	57	AF	0	0.00	0	-
Albulidae	<i>Albula vulpes</i> (Linnaeus, 1758)	14	0.22	33.33	LAI	9	0.29	14	LAI	5	0.15	60	LAF

The influence of seasonality on fish life stages and residence in surf zones

Table 1. Continued...

Families (35)	Species (92)	n	PN(%)	FO(%)	C	nC	PNC(%)	FOC(%)	CC	nE	PNE(%)	FOE(%)	CE
Mugilidae	<i>Mugil</i> sp.	14	0.22	33.33	LAI	13	0.42	43	LAI	1	0.03	20	LAI
Carangidae	<i>Selene vomer</i> (Linnaeus, 1758)	9	0.14	33.33	LAI	4	0.13	29	LAI	5	0.15	40	LAI
Achiridae	<i>Achirus lineatus</i> (Linnaeus, 1758)	5	0.08	33.33	LAI	2	0.06	29	LAI	3	0.09	40	LAI
Tetraodontidae	<i>Sphoeroides greeleyi</i> (Gilbert, 1785)	4	0.06	33.33	LAI	2	0.06	29	LAI	2	0.06	40	LAI
Narcinidae	<i>Narcine brasiliensis</i> (Olfers, 1831)	3	0.05	25.00	LAI	0	0.00	0	-	3	0.09	60	LAF
Engraulidae	<i>Anchoa januaria</i> (Steindachner, 1879)	30	0.47	25.00	LAI	15	0.48	14	LAI	15	0.45	40	LAI
Engraulidae	<i>Anchoa spinifer</i> (Valenciennes, 1848)	11	0.17	25.00	LAI	10	0.32	29	LAI	1	0.03	20	LAI
Ariidae	<i>Sciades herzbergii</i> (Bloch, 1794)	7	0.11	25.00	LAI	2	0.06	14	LAI	5	0.15	40	LAI
Belonidae	<i>Strongylura timucu</i> (Walbaum, 1792)	3	0.05	25.00	LAI	1	0.03	14	LAI	2	0.06	40	LAI
Epinephelinae	<i>Mycteroperca</i> sp.	8	0.12	25.00	LAI	5	0.16	14	LAI	3	0.09	40	LAI
Lutjanidae	<i>Lutjanus synagris</i> (Linnaeus, 1758)	15	0.23	25.00	LAI	15	0.48	43	LAI	0	0.00	0	-
Haemulidae	<i>Haemulon plumieri</i> (Lacepède, 1801)	6	0.09	25.00	LAI	6	0.19	43	LAI	0	0.00	0	-
Haemulidae	<i>Haemulon steindachneri</i> (Jordan & Gilbert, 1882)	12	0.19	25.00	LAI	12	0.39	43	LAI	0	0.00	0	-
Labridae	<i>Cryptotomus roseus</i> Cope, 1871	4	0.06	25.00	LAI	3	0.10	29	LAI	1	0.03	20	LAI
Paralichthyidae	<i>Citharichthys arenaceus</i> Everman & Marsh, 1900	3	0.05	25.00	LAI	0	0.00	0	-	3	0.09	40	LAI
Engraulidae	<i>Anchoa lyolepis</i> (Evermann & Marsh, 1900)	5	0.08	16.67	LAI	4	0.13	14	LAI	1	0.03	20	LAI
Ariidae	<i>Sciades</i> sp.	2	0.03	16.67	LAI	2	0.06	29	LAI	0	0.00	0	-
Atherinopsidae	<i>Membras cf. dissimilis</i> (Carvalho, 1956)	6	0.09	16.67	LAI	2	0.06	14	LAI	4	0.12	20	LAI
Scorpaenidae	<i>Scorpaena plumieri</i> Bloch, 1789	3	0.05	16.67	LAI	3	0.10	29	LAI	0	0.00	0	-
Triglidae	<i>Prionotus punctatus</i> (Bloch, 1793)	2	0.03	16.67	LAI	1	0.03	14	LAI	1	0.03	20	LAI
Centropomidae	<i>Centropomus undecimalis</i> (Bloch, 1796)	5	0.08	16.67	LAI	0	0.00	0	-	5	0.15	40	LAI
Carangidae	<i>Caranx latus</i> Agassiz, 1831	3	0.05	16.67	LAI	1	0.03	14	LAI	2	0.06	20	LAI
Haemulidae	<i>Haemulon parra</i> (Desmarest, 1823)	18	0.28	16.67	LAI	18	0.58	29	LAI	0	0.00	0	-
Paralichthyidae	<i>Etropus crossotus</i> Jordan e Gilbert, 1882	2	0.03	16.67	LAI	2	0.06	14	LAI	0	0.00	0	-
Clupeidae	<i>Ophistonema oglinum</i> (Lesueur, 1818)	1	0.02	8.33	LAI	0	0.00	0	-	1	0.03	20	LAI
Engraulidae	<i>Anchoa filifera</i> (Fowler, 1915)	4	0.06	8.33	LAI	4	0.13	14	LAI	0	0.00	0	-
Ariidae	<i>Aspistor luniscutis</i> (Valenciennes, 1840)	1	0.02	8.33	LAI	1	0.03	14	LAI	0	0.00	0	-
Batrachoididae	<i>Thalassophryne nattereri</i> Steindachner, 1876	1	0.02	8.33	LAI	1	0.03	14	LAI	0	0.00	0	-
Holocentridae	<i>Holocentrus adscensionis</i> (Osbeck, 1765)	2	0.03	8.33	LAI	0	0.00	0	-	2	0.06	20	LAI
Syngnathidae	<i>Microphis brachyurus</i> <i>brachyurus</i> (Bleeker, 1853)	1	0.02	8.33	LAI	1	0.03	14	LAI	0	0.00	0	-
Syngnathidae	<i>Syngnathus pelagicus</i> Linnaeus, 1758	6	0.09	8.33	LAI	0	0.00	0	-	6	0.18	20	LAI

Table 1. Continued...

Families (35)	Species (92)	n	PN(%)	FO(%)	C	nC	PNC(%)	FOC(%)	CC	nE	PNE(%)	FOE(%)	CE
Epinephelinae	<i>Alphestes afer</i> (Bloch, 1793)	1	0.02	8.33	LAI	1	0.03	14	LAI	0	0.00	0	-
Mugilidae	<i>Mugil liza</i> Valenciennes, 1836	1	0.02	8.33	LAI	0	0.00	0	-	1	0.03	20	LAI
Carangidae	<i>Carangoides bartholomaei</i> (Cuvier, 1833)	1	0.02	8.33	LAI	1	0.03	14	LAI	0	0.00	0	-
Carangidae	<i>Carangoides chrysos</i> (Mitchill, 1815)	1	0.02	8.33	LAI	0	0.00	0	-	1	0.03	20	LAI
Carangidae	<i>Chloroscombrus chrysurus</i> (Linnaeus, 1766)	1	0.02	8.33	LAI	1	0.03	14	LAI	0	0.00	0	-
Carangidae	<i>Selene setapinnis</i> (Mitchill, 1815)	2	0.03	8.33	LAI	0	0.00	0	-	2	0.06	20	LAI
Lutjanidae	<i>Ocyurus chrysurus</i> (Bloch, 1791)	5	0.08	8.33	LAI	5	0.16	14	LAI	0	0.00	0	-
Gerreidae	<i>Eucinostomus argenteus</i> Bairde Girard, 1855	1	0.02	8.33	LAI	0	0.00	0	-	1	0.03	20	LAI
Gerreidae	<i>Eucinostomus lefroyi</i> (Goode, 1874)	3	0.05	8.33	LAI	3	0.10	14	LAI	0	0.00	0	-
Gerreidae	<i>Eucinostomus melanopterus</i> (Bleeker, 1863)	1	0.02	8.33	LAI	1	0.03	14	LAI	0	0.00	0	-
Gerreidae	<i>Eugerres brasilianus</i> (Valenciennes, 1830)	1	0.02	8.33	LAI	1	0.03	14	LAI	0	0.00	0	-
Haemulidae	<i>Genyatremus luteus</i> (Bloch, 1790)	1	0.02	8.33	LAI	0	0.00	0	-	1	0.03	20	LAI
Haemulidae	<i>Haemulon aurolineatum</i> Cuvier, 1830	12	0.18	8.33	LAI	12	0.39	14	LAI	0	0.00	0	-
Haemulidae	<i>Haemulon</i> sp.	6	0.09	8.33	LAI	6	0.19	14	LAI	0	0.00	0	-
Haemulidae	<i>Haemulon squamipinna</i> (Rocha & Rosa, 1999)	13	0.20	8.33	LAI	13	0.41	14	LAI	0	0.00	0	-
Sparidae	<i>Archosargus probatocephalus</i> (Walbaum, 1792)	1	0.02	8.33	LAI	1	0.03	14	LAI	0	0.00	0	-
Sciaenidae	<i>Isopisthus parvipinnis</i> (Cuvier, 1830)	1	0.02	8.33	LAI	0	0.00	0	-	1	0.03	20	LAI
Sciaenidae	<i>Stellifer brasiliensis</i> (Schultz, 1945)	1	0.02	8.33	LAI	1	0.03	14	LAI	0	0.00	0	-
Sciaenidae	<i>Stellifer</i> sp.	1	0.02	8.33	LAI	0	0.00	0	-	1	0.03	20	LAI
Ephippidiidae	<i>Chaetodipterus faber</i> (Broussonet, 1782)	2	0.03	8.33	LAI	0	0.00	0	-	2	0.06	20	LAI
Sphyrnidae	<i>Sphyaena barracuda</i> (Walbaum, 1792)	1	0.02	8.33	LAI	1	0.03	14	LAI	0	0.00	0	-
Trichiuridae	<i>Trichiurus lepturus</i> Linnaeus, 1758	1	0.02	8.33	LAI	0	0.00	0	-	1	0.03	20	LAI
Scombridae	<i>Scomberomorus cavalla</i> (Cuvier, 1829)	1	0.02	8.33	LAI	1	0.03	14	LAI	0	0.00	0	-
Achiridae	<i>Achirus achirus</i> (Linnaeus, 1758)	1	0.02	8.33	LAI	1	0.03	14	LAI	0	0.00	0	-
Achiridae	<i>Trinectes microphthalmus</i> Chabanaud, 1928	1	0.02	8.33	LAI	0	0.00	0	-	1	0.03	20	LAI
Cynoglossidae	<i>Symphurus</i> sp.	1	0.02	8.33	LAI	0	0.00	0	-	1	0.03	20	LAI
Cynoglossidae	<i>Symphurus plagusia</i> (Bloch & Schneider, 1801)	1	0.02	8.33	LAI	1	0.03	14	LAI	0	0.00	0	-
Cynoglossidae	<i>Symphurus tessellatus</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	1	0.02	8.33	LAI	0	0.00	0	-	1	0.03	20	LAI
Tetraodontidae	<i>Sphoeroides spengleri</i> (Linnaeus, 1785)	4	0.06	8.33	LAI	4	0.13	14	LAI	0	0.00	0	-
Diodontidae	<i>Chilomycterus spinosus spinosus</i> (Linnaeus, 1758)	1	0.02	8.33	LAI	0	0.00	0	-	1	0.03	20	LAI
Total		6.407	100.00			3.099	100.00			3.308	100.00		

americanus) and two (*C. spixii* and *N. usta*) in the rainy season, and the latter one was recorded only in this season (Table 2).

Considering the life stage of species, three of them (*A. tricolor*, *C. spixii* and *L. piquitinga*) were recorded only in adulthood in both rainy and dry seasons. *Bairdiella ronchus*, *M. americanus* and *N. usta* were present only in juvenile stage. For the other species, the stages of life varied according to the season (Table 2).

The analysis of similarity between species originated two main groups separating the annual resident species (A) from the seasonal resident (B) ones, except for *P. corvinaeformis*, an annual resident, although it seems to have been gathered in the latter group for presenting a total abundance quite lower than that of annual resident species (Figure 3).

The grouping of annual resident species (A) was subdivided into two subgroups: one with a regular (A1) and another with an

irregular distribution in the seasons (A2). The subgroup with resident species with an irregular distribution has a subgroup (A3) formed by *L. grossidens* and *P. virginicus*, which, although being annual residents, presented their abundance peak during the dry season, while *A. tricolor* and *L. breviceps* (subgroup A4) did not show the same pattern (Figure 3).

Within the other group (B), *N. usta* and *C. spixii* (subgroup B1) were considered residents of the surf zone during the rainy season, whereas *L. piquitinga*, *M. americanus*, *C. nobilis* and *P. corvinaeformis* formed subgroup B2, containing only the dry season resident species, except for the annual resident *P. corvinaeformis*. The subgroup B3, included in the latter subgroup, encompasses *L. piquitinga* and *M. americanus* which were detached from subgroup B4 because they presented low number of individuals in the rainy season (Figure 3).

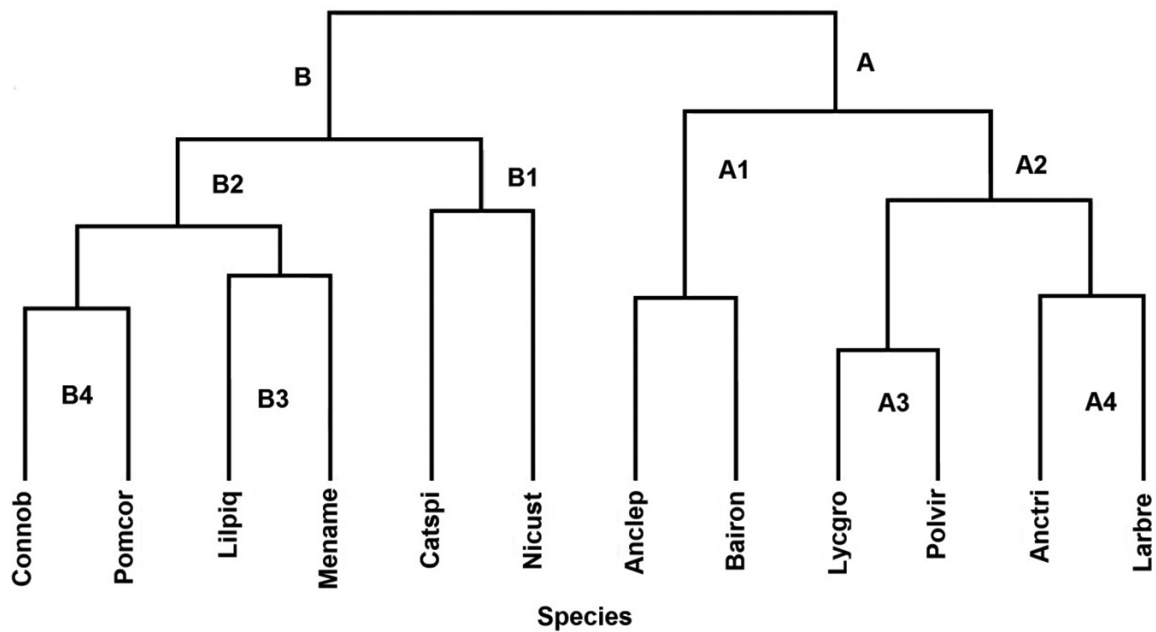


Figure 3. Dendrogram of the grouping of similarity between the species living in the surf zone in Jaguaribe beach, collected between March 2006 and February 2007. The abbreviations of the species are listed in Table 2.

Table 2. Life stage (J = juvenile, A = adult) per season (dry and rainy) of fish species in the surf zone of Jaguaribe beach, between March 2006 and February 2007. The resident species are indicated (RA = annual resident; RE = resident in the dry season; RC = resident in the rainy season).

Species	Abbreviation	Seasonal Residence		
		Rainy	Dry	
<i>Cathorops spixii</i>	Catspi	RC	A	A
<i>Nicholsina usta</i>	Nicust	RC	J	-
<i>Conodon nobilis</i>	Connob	RE	J, A	J, A
<i>Lile piquitinga</i>	Lilpiq	RE	A	A
<i>Menticirrhus americanus</i>	Mename	RE	J	J
<i>Anchoa tricolor</i>	Anctri	RA	A	A
<i>Anchoviella lepidentostole</i>	Anclep	RA	J, A	J, A
<i>Bairdiella ronchus</i>	Bairon	RA	J	J
<i>Larimus breviceps</i>	Larbre	RA	J, A	J, A
<i>Lycengraulis grossidens</i>	Lycgro	RA	A	J
<i>Polydactylus virginicus</i>	Polvir	RA	J, A	J, A
<i>Pomadasys corvinaeformis</i>	Pomcor	RA	J, A	J, A

Discussion

The number of families (35) and species found (90) was higher than the 15 families and 25 species found by Lira & Teixeira (2008) in this same beach. Although the same fishing gear was used in both studies (beach seine net), the differences between them seem to be related to divergences in net size and collecting period, both larger in our study. This research performed manual trawling and this is the best methodology when compared with trawling realized by motor boat, once the motor noise can drive off some individuals (Pereira et al. 2010).

The occurrence of rare species is constant in surf zones (Velooso & Neves 2009). Among those recorded in the present study, some stood out for their varied life habits: *Achirus achirus*, *Chilomycterus spinosus spinosus*, *Genyatremus luteus*, *Isophistus parvipinis*, *Stellifer brasiliensis*, *Thalassophyrne nattereri*, *Trichiurus lepturus*, *Ocyurus chrysurus*, *Selene setapinnis*, *Alphestes afer*, *Archosargus probatocephalus*, *Chaetodipterus faber*, *Carangoides bartholomaei*, *Carangoides chrysos*, *Holocentrus adscencionis*, *H. aurolineatum*, *H. squamipinna*, *Scomberomorus cavalla*, *Sphoeroides spengleri* and *Sphyraena barracuda*. It is also noteworthy mentioning that the latter eleven species are usually found near or associated to reefs, and have been recorded along reef formations off the southern coast of Pernambuco and northern coast of Alagoas states (Ferreira & Cava, 2001). However, the relative occurrence of reef fish species cited above were not discussed in this manuscript as these species were considered little abundant and infrequent (LAI). The exception was *N. usta*, because although it was rare, was classified as annual resident.

As most of the dominant species in the surf zone (*Anchoviella lepidentostole*, *Anchoa tricolor*, *Bairdiella ronchus*, *Larimus breviceps*, *Lycengraulis grossidens*) form shoals and have an annual occurrence, they seem to have contributed for the total number of individuals not having differed between the dry and rainy seasons. The number of individuals was higher during the day in both annual and seasonal analysis. During the day phytoplankton activity enables a greater supply of food thus attracting many consumer individuals. Being prominently shallow regions, surf zones concentrate an even greater amount of these microorganisms (Schlacher et al. 2008). Fish species with nocturnal habits are generally predators (Helfman et al. 2009), and are less abundant than low trophic level ones. Furthermore, many carnivorous or omnivorous species are planktivorous as juveniles (Helfman et al. 2009). Considering that the surf zone is dominated by juvenile or small individuals (Robertson & Lenaton 1984), the highest total abundance for the ichthyofauna is indeed expected at daytime, independent of moon phase. Besides, fishes alter their behavior between periods by a vertical migratory activity, which bring them from near the bottom during the day into midwater at night (Beamish 1966). Differences in fish fauna composition and abundance between periods of the day also have been attributed to foraging and predator avoidance strategies (Gibson et al. 1996, Félix-Hackradt et al. 2010). The ability to shoal and the role of dominant species in total abundance associated to differences in their use of interconnected habitats throughout the day, such as estuaries/mangroves (Faunce & Serafy 2006) and seagrass meadows (Parrish 1989) in the “inside sea”, may explain the predominant abundance reduction during night period in the study area.

Among the species analyzed, seven species were considered annual residents: *Anchoa tricolor*, *Anchoviella lepidentostole*, *Bairdiella ronchus*, *Conodon nobilis*, *Larimus breviceps*, *Lycengraulis grossidens*, *Polydactylus virginicus* and *Pomadasys corvinaeformis*, as they are abundant and frequent (AF) in both seasons. For *Anchoa tricolor* and *Larimus breviceps* the largest samples and individuals were captured at the end of the rainy season and early dry season.

Within Itamaracá ecosystem, *A. tricolor* is characterized as a marine dependent species, which means its uses estuarine waters for feeding or to accomplish a late phase of its reproductive cycle (Vasconcelos Filho & Oliveira 1999), and *Larimus breviceps* was also regarded as resident by Fagundes et al. (2007) in the surf zone of Santos Bay, São Paulo. It is probable that *Anchoa tricolor* inhabit the surf zone and spawn in the estuary, also used for nursery and recruitment phases (El-Deir 2005). *Larimus breviceps* might use this area as a nursery as well and when adult (late rainy season and early dry season) migrate to areas of greater depth known on the Island of Itamaracá as “outer sea”.

The species *Anchoviella lepidentostole* and *Bairdiella ronchus* were found in the surf zone during almost the whole period of the study, with the later one being represented mainly by juveniles. Both are common in ichthyofaunal surveys for this ecosystem in other areas of the Brazilian coast (Godefroid et al. 2004, Oliveira-Neto et al. 2008). However *A. lepidentostole* was not recorded on the assessment of ichthyofauna conducted with the same fishing gear on Jaguaribe beach (Lira & Teixeira 2008) and in the Channel of Santa Cruz (Vasconcelos Filho & Oliveira 1999), both located on Itamaracá Island. This might be due to the lower sampling effort evidenced in these studies in relation to the present one, since *A. lepidentostole* is commonly found in estuarine areas along the Brazilian coast (Paiva Filho et al. 1986, Paiva Filho & Giannini 1990, Chaves & Vendel 2008), including Pernambuco (Paiva & Araújo 2010). Concerning the use of estuaries, *A. lepidentostole* is a semi-anadromous fish and its arrival in the estuary is through shoals composed by older individuals, whereas the younger ones remain in the sea to feed and grow, entering the estuary later, when they reach sexual maturity (Camara et al. 2001). *B. ronchus* has been regularly recorded to breed in this ecosystem (Chaves & Bouchereau 2004). The surf zone is used as a feeding and growing ground (Santana & Severi 2009) by *A. lepidentostole*, as well as a nursery area by *B. ronchus*. This species is known to use different coastal habitats for completion of the reproductive cycle, such as mangroves, estuaries and adjacent coastal environments, as previously reported elsewhere (Chaves 1995, Castro et al. 1999). Due to the predominance of juveniles throughout the whole year, it can be stated that *Polydactylus virginicus* uses the surf zone as a nursery and growing place as the species cited above. Adults occurred in a smaller number and had two peaks, one at the beginning and another one at the end of the dry season. These might be the periods when they migrate to marine demersal regions, where they complete their life cycle. The individuals that live in demersal areas of some parts of the Brazilian coast (Souza & Chaves 2007, Moraes et al. 2009) have larger sizes than those found in this study.

Regarding the occurrence of life phases between seasons, a different pattern was observed in the resident species *Lycengraulis grossidens* and *Pomadasys corvinaeformis* in the study area. *L. grossidens* is a marine (Anacleto & Gomes 2006) and estuarine (Schifino et al. 2004) species, and is well distributed in the estuaries of Pernambuco (Paiva & Araújo 2010), including that of Jaguaribe river - Itamaracá (El-Deir 2005). In our study, only adult individuals were found in the rainy season and only juveniles in the dry season. In the estuary of Lagoa dos Patos (RS), eggs and larvae of this species are the most numerous and abundant ones among the collected species. They occur during the summer because water temperature, instead of salinity, presents a stronger influence on spawning (Anacleto & Gomes 2006).

During the rainy season in the northeastern region, adult fish might use the surf zone to feed and then migrate to the estuary at the end of this season. The recruitment in the surf zone occurs during the dry season. The opposite was recorded for *Pomadasys corvinaeformis*. This species inhabits demersal, marine and estuarine

areas (Cervigón 2003), with records for the Jaguaribe river estuary (El-Deir 2005), Itamaracá. Although juveniles prevailed during the rainy season, January represented the peak for this life phase, and the predominance of adults occurred during the dry season. The results of this study corroborate with those of Costa et al. (1995) on the coast of Ceará, which associated the abundance of the species with rainfall. However, Chaves (1998) disagreed with Costa et al. (1995) because the abundance of the species in Guaratuba Bay (PR) depended more on the reduction of water temperature rather than the pluviometric indicators. It is noteworthy the divergences between the climates of the two areas, given that there are only two seasons in northeast and four in south Brazil, which make difficult a direct ecological comparison.

In this study, five species showed seasonal residence: *Cathorops spixii*, *Conodon nobilis*, *Lile piquitinga*, *Menticirrhus americanus* and *Nicholsina usta*. *Cathorops spixii* and *N. usta* were considered resident of the rainy season. The first one is the most common catfish species on the Brazilian coast, preferably living in estuaries (Carvalho-Filho 1999). In the Channel of Santa Cruz, Itamaracá, this species is known to spend its entire life cycle in such environments, but it can also be found in coastal marine habitats and fresh waters (Vasconcelos Filho & Oliveira 1999). Its residence on the rainy season, corroborating with Lira & Teixeira (2008), was represented only by adult individuals in the surf zone, with a peak between May and July. According to Chalom et al. (2008), *C. spixii* is opportunistic, eating most of the available food in the environment, and shrimp being one of the most representative items of its diet. Therefore, the large amount of specimens found in the rainy season in Jaguaribe beach seems to be related to the high abundance of penaeid shrimp, also found during this season in the surf zone, in accordance with personal observations made throughout this research. Differing from *C. spixii*, *N. usta* is characteristic of coral reefs (Randall 1990), occurring in the surf zone exclusively in this season. Only juvenile individuals represented this species, with its peak in March and April. The species lives associated with marine phanerogam meadows (Arrivillaga & Baltz 1999, Ordoñez-López & García-Hernández 2005, Allen et al. 2006, Prado & Heck Junior 2011). Since there is no record of this species in the estuaries of Pernambuco (Paiva & Araújo 2010), and the surf zone of Jaguaribe beach is rich in *Halodule wrightii* marine phanerogam (Kempf 1970), the species possibly migrates from the reef areas to graze in the surf zone during its recruitment period.

Some species had higher frequency in a determinate season. These were the case of *Lile piquitinga* and *Menticirrhus americanus*. *Lile piquitinga* is a characteristic species of the Northeastern region (Figueiredo & Menezes 1978). It occurred in the surf zone of Jaguaribe beach, even though it was not registered in this site by Lira & Teixeira (2008). Considered as marine dependent on the Santa Cruz Channel estuary (Vasconcelos Filho & Oliveira 1999), it is widely found in the estuaries of Pernambuco (Paiva & Araújo 2010). In the surf zone, it was represented by adults and showed a well-defined seasonal pattern of occurrence, being frequent in the dry season, with its peak in December. In the Jaguaribe River estuary, this species was found in the rainy season (El-Deir 2005), suggesting that it is using the estuary in this season and the surf zone during the dry season, before migrating to deeper areas. Differently, *M. americanus*, represented only by juveniles, was little abundant, although frequent in the rainy season, and abundant and frequent during the dry season. The results of this study indicate the surf zone as a nursery area for this species, corroborating with Godefroid et al. (2001), who noted the presence of larvae and juveniles in Pontal do Sul beach (PR). Adults do not usually occur in the surf zone, but are regularly caught in deeper water (Souza & Chaves 2007). The species depends on the estuary to complete its reproductive cycle (Vasconcelos Filho & Oliveira

1999), and has been recorded in several estuaries of Pernambuco (Paiva & Araújo 2010). *M. americanus* possibly alternates the type of ecosystem used as nursery, according to the season of the year: the surf zone (dry period) and estuary (rainy period).

The haemulid *Conodon nobilis* was represented in both seasons, mainly by juvenile individuals, with its peak in January (end of the dry season). Adults of this species are commonly caught incidentally in demersal areas during shrimp fishing (Vianna et al. 2004, Souza & Chaves 2007), considering that juvenile individuals might use the surf zone as nursery, and the month of January being the recruitment period. In the region of Itamaracá, this species was considered as a visitor to the Santa Cruz Channel (Vasconcelos Filho & Oliveira 1999) and as frequent in Jaguaribe beach (Lira & Teixeira 2008), corroborating with the present study.

Although not being a resident species in either of the seasons, some species showed a defined pattern of occurrence, such as *Chirocentrodon bleekermanus*, *Hyporhamphus roberti*, *Stellifer rastriifer* and *Trinectes paulistanus*. *Chirocentrodon bleekermanus* presented a regular abundance in determinate months (July to October). It is a characteristic species of coastal areas (Carvalho-Filho 1999), but there are only two previous records for the coast of Pernambuco (Lira & Teixeira 2008, Santana et al. 2009). Adults might reach the surf zone in search for food, as they eat some fish and crustaceans (Corrêa et al. 2005), preys commonly found in this ecosystem. The time of higher incidence of *C. bleekermanus* coincided with the peak of juvenile Engraulidae and post-larvae of penaeid shrimp (personal observation) in this season (July-October). *Stellifer rastriifer* also prey on penaeid shrimp (Camargo & Isaac 2004), and has its peak of abundance coinciding with the time when the peak of such prey occurred (in August). This species occurs in coastal shallow waters (Carvalho-Filho 1999), characteristic of estuarine areas (Araújo et al. 2004), being registered in the Santa Cruz Channel (Vasconcelos Filho & Oliveira 1999). It is occasionally found in Jaguaribe beach (Lira & Teixeira 2008, Santana & Severi 2009). This species occurred from July to October, peaking in August, being represented by juvenile and adults. *Hyporhamphus roberti* was represented only by adults during the year of study, peaking in July. As this species occurs in estuarine areas (Carpenter 2002a), having been recorded in the estuary of Jaguaribe River (El-Deir 2005), it probably comes to shore to eat shrimps, which are abundant in the rainy season (personal note). Hiatt & Strasburg (1960) cited in Randall (1967) reported small fish and planktonic crustaceans as food items for fish of this genus. *Trinectes paulistanus* was little abundant in Jaguaribe beach, corroborating with Mendonça & Araújo (2002) that analyzed the temporal distribution of this species in Sepetiba Bay (RJ). It occurs in estuarine and marine environments (Figueiredo & Menezes 2000), being present in the northeastern coast (Araújo et al. 2004). Only the adults occupied the surf zone in both seasons (wet and dry). The occurrence of larvae and juveniles of this species is recorded in estuarine areas (Michele & Uieda 2007), whereas adults inhabit different areas, including shores (Godefroid et al. 2004). The species possibly uses the surf zone environment as an intermediary one between the Jaguaribe River estuary and the "outer sea".

Coastal marine systems are among the most ecologically and social-economically vital ones for the planet, therefore subject to the cumulative effects of global change, including climate change, increased population, pollutant discharge and eutrophication (Harvey et al. 2006, Rabalais et al. 2009). Thus, estuarine and coastal waters are potentially bound to biodiversity loss and community disruption, with unpredictable consequences on fish stocks and fishery sustainability, unless surf zones' role on coastal fishes' life cycle is better understood and incorporated in conservation practices and environmental management actions.

The surf zone of Jaguaribe beach presents an ecological importance as it encompasses a great diversity of fishes, including species considered rare for this ecosystem, as well as species which are resident annually or seasonally. The distribution patterns of species found in this study show that the ichthyofauna of the surf zone in Jaguaribe beach is rich, mainly dominated by small-sized individuals including juvenile phase of several species, with the presence of species most commonly found in neighboring environments, such as seagrass beds, estuaries and reefs. The role of surf zones as an integrated component of interconnected environments in coastal areas of Pernambuco, and their function in the life cycle of coastal fishes is probably a common ecological pattern for the beaches on tropical coastal.

Acknowledgments

The authors are grateful to Fundação Apolônio Salles de Desenvolvimento Educacional (FADURPE), for its essential logistical support for the accomplishment of this work; Fundação de Amparo à Ciência do Estado de Pernambuco (FACEPE), PELD and Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), for having granted a PhD scholarship to the former author, and a researcher scholarship to the latter; and Biologist Anailza Cristina, for her invaluable assistance during collection activities.

References

- ALLEN, T., JIMÉNEZ, M. & VILLAFRANCA, S. 2006. Estructura y categorías tróficas de peces asociados a praderas de *Thalassia testudinum* (Hydrocharitales, Hydrocharitaceae) en el golfo de Cariaco, Estado de Sucre, Venezuela. *Invest. Mar.* 34(2):125-136.
- ANACLETO, E.I. & GOMES, E.T. 2006. Relações tróficas no plâncton em um ambiente estuarino tropical: Lagoa dos Patos (RS), Brasil. *Saúde Amb. Rev.* 1(2):26-39.
- ARAÚJO, M.E., TEIXEIRA, J.M.C. & OLIVEIRA, A.M.E. 2004. Peixes estuarinos marinhos do nordeste brasileiro: Guia Ilustrado. Editora UFC, Fortaleza.
- ARRIVILLAGA, A. & BALTZ, D.M. 1999. Comparison of fishes and macroinvertebrates on seagrass and bare-sand sites on Guatemala's Atlantic Coast. *Bull. Mar. Sci.* 65(2):301-319.
- BEAMISH, F.W.H. 1966. Vertical migration by demersal fish in the Northwest Atlantic. *J. Fish. Res. Board Can.* 23:109-139. <http://dx.doi.org/10.1139/f66-009>
- BEATLEY, T., BROWER, D. J. & SCHWAB, A. K. 2002. An introduction to coastal zone management. 2nd ed. Island Press, 329p.
- BLABER, S.J.M. 2002. 'Fish in hot water': the challenges facing fish and fisheries research in tropical estuaries. *J. Fish Biol.* 61(A):1-20.
- BLABER, S.J.M. & BLABER, T.J. 1980. Factors affecting the distribution of juvenile estuarine and inshore fish. *J. Fish Biol.* 17:143-162. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8649.1980.tb02749.x>
- CAMARA, J.J.C., CERGOLE, M.C., CAMPOS, E.C. & BARBIERI, G. 2001. Estrutura populacional, crescimento, mortalidade e taxa de exploração do estoque de manjuba, *Anchoviella lepidontostole* (Pisces, Engraulidae), do rio Ribeira de Iguape, sudeste do estado de São Paulo, Brasil, durante o período de 1993 a 1996. *Bol. Inst. Pesca* 27(2):219-230.
- CAMARGO, M. & ISAAC, V. 2004. Food categories reconstruction and feeding consumption estimates for the Sciaenid *Macrodon ancylodon* (Bloch & Schneider), and the congeneric fishes *Stellifer rastrifer* (Jordan) and *Stellifer naso* (Jordan) (Pisces, Perciformes) in the Caeté Estuary, Northern Coast of Brazil. *Rev. Bras. Zool.* 21(1):85-89.
- CARPENTER, K.E. (ed.). 2002a. The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 2: Bony fishes part 1 (Acipenseridae to Grammatidae). FAO, Rome.
- CARPENTER, K.E. (ed.). 2002b. The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 3: Bony fishes part 2 (Ophistognathidae to Molidae), sea turtles and marine mammals. FAO, Rome.
- CARVALHO-FILHO, A. 1999. Peixes: costa brasileira. Melro, São Paulo.
- CASTRO, L.T., SANTOS-MARTINEZ, A. & ACERO, P.A. 1999. Reproducción de *Bairdiella ronchus* (Pisces: Sciaenidae) em la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe Colombiano. *Rev. Biol. Trop.* 47(3):1-7.
- CERVIGÓN, F. 1993. Los peces marinos de Venezuela. Volume 2. Fundación Científica Los Roques, Caracas.
- CHALOM, A., MUTO, E.Y. & SOARES, L.S.H. 2008. Variabilidade trófica na alimentação do bagre-amarelo *Cathorops spixii* (Agassiz, 1829) no litoral do estado de São Paulo. In Oceanografia e mudanças globais III Simpósio brasileiro de oceanografia (E.S. Braga, coord.). Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo, p.257-272.
- CHANT, R.J., WILKIN, J., WEIFENG, Z., CHOI, B., HUNTER, E., CASTELAO, R., GLENN, S., JURISA, J., SCHOFIELD, O., HOUGHTON, R., KOHUT, J., FRAZER, T.K. & MONLINE, M.A. 2008. Dispersal of the Hudson River Plume on the New York Bight. *Oceanography* 21(4):149-162. <http://dx.doi.org/10.5670/oceanog.2008.11>
- CHAVES, P.T.C. 1995. Atividade reprodutiva de *Bairdiella ronchus* (Cuvier) (Pisces, Sciaenidae) na Baía de Guaratuba, Paraná, Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 12(4):759-766.
- CHAVES, P.T.C. 1998. Estrutura populacional de *Pomadasys corvinaeformis* (Steindachner) (Teleostei, Haemulidae) na Baía de Guaratuba, Paraná, Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 15(1):203-209.
- CHAVES, P.T.C. & BOUCHEREAU, J.L. 2004. Trophic organization and functioning of fish population in the Bay of Guaratuba, Brazil, on the basis of a trophic contribution factor. *Acta Adriat.* 45(1):83-94.
- CHAVES, P.T. & VENDEL, A.L. 2008. Análise comparativa da alimentação de peixes (Teleostei) entre ambientes de marisma e de manguezal num estuário do sul do Brasil (Baía de Guaratuba, Paraná). *Rev. Bras. Zool.* 25(1):10-15.
- CLARK, B.M., BENETT, B.A. & LAMBERTH, S.J. 1996a. Factors affecting spatial variability in the seine net catches of fish in the surf zone of False Bay, South Africa. *Mar. Ecol., Prog. Ser.* 131:17-34.
- CORRÊA, C.E., CHAVES, P.T. & GUIMARÃES, P.R.B. 2005. Biology of *Chirocentrodon bleekermanus* (Poey, 1867) (Clupeiformes: Pristigasteridae) in a Continental Shelf Region of Southern Brazil. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 48(3):419-427.
- COSTA, P.S.R., SANTOS, M.A.M., ESPÍNOLA, M.F.A. & MONTEIRO-NETO, C. 1995. Biologia e biometria do coró, *Pomadasys corvinaeformis* (Steindachner) (Teleostei: Pomadasyidae), em Fortaleza, Ceará, Brasil. *Arq. Cienc. Mar.* 29(1-2):20-27.
- EL-DEIR, A.C.A. 2005. Composição e distribuição espaço-temporal de formas iniciais de peixes no estuário do rio Jaguaribe, Itamaracá, litoral norte de Pernambuco, Brasil. Tese de doutorado, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.
- FAGUNDES, L., TOMÁS, A.R.G., CASARINI, L.M., BUENO, E.F., LOPES, G.M., MACHADO, D.A.L., ROSA, R.A., BRAGA, A.C.A., CAMARGO, F.B.F., OBERG, I.M.F. & PELLEGRINI, S.O.P. 2007. A pesca de arrasto-de-praia na ilha de São Vicente, São Paulo, Brasil. *Série Relatórios Técnicos*, São Paulo, v.29, p.1-45.
- FALCÃO, M.G., SARPÊDONTI, V., SPACH, H.L., OTERO, M.E.B., QUEIROZ, G.M.L.N. & SANTOS, C. 2006. A ictiofauna em planícies de maré das Baías das Laranjeiras e de Paranaguá, Paraná, Brasil. *Rev. Bras. Zoocienc.* 8(2):125-138.
- FAUNCE, C.H. & SERAFY, J.E. 2006. Mangroves as fish habitat: 50 years of field studies. *Mar. Ecol., Prog. Ser.* 318:1-18
- FÉLIX-HACKRADT, F.C., SPACH, H.L., MORO, P.S., PICHLER, H.A., MAGGI, A.S., HOSTIM-SILVA, M. & HACKRADT, C.W. 2010. Diel and tidal variation in surf zone fish assemblages of a sheltered beach in southern Brazil. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 38(3):447-460.
- FERREIRA, B.P. & CAVA, F. 2001. Ictiofauna marinha da Apa Costa dos Corais: lista de espécies através de levantamento da pesca e observações subaquáticas. *Bol. Téc. Cient. CEPENE* 9:25-36.

- FIGUEIREDO, J.L. 1977. Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. I. Introdução. Cações, raias e quimeras. Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- FIGUEIREDO, J.L. & MENEZES, N.A. 1978. Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. II. Teleostei (1). Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- FIGUEIREDO, J.L. & MENEZES, N.A. 1980. Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. III. Teleostei (2). Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- FIGUEIREDO, J.L. & MENEZES, N.A. 2000. Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. VI. Teleostei (5). Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- GARCIA, A.M. & VIEIRA, J.P. 2001. O aumento da diversidade de peixes no estuário da Lagoa dos Patos durante o episódio El Niño 1997-1998. *Atlântica* 23:85-96.
- GIBSON, R.N., ROBB, L., BURROWS, M.T. & ANSELL, A.D. 1996. Tidal, diel and long term changes in the distribution of fishes on a Scottish sandy beach. *Mar. Ecol., Prog. Ser.* 130:1-17. <http://dx.doi.org/10.3354/meps130001>
- GODEFROID, R.S., SANTOS, C., HOFSTAETTER, M. & SPACH, H.L. 2001. Occurrence of Larvae and Juveniles of *Eucinostomus argenteus*, *Eucinostomus gula*, *Menticirrhus americanus*, *Menticirrhus littoralis*, *Umbrina coroides* and *Micropogonias furnieri* at Pontal do Sul beach, Paraná. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 44(4):411-418.
- GODEFROID, R.S., SPACH, H.L., SANTOS, C., MacLAREN, G. & SCHWARZ JUNIOR, R. 2004. Mudanças temporais na abundância e diversidade da fauna de peixes de um infralitoral raso de uma praia, sul do Brasil. *Iheringia, Zool.* 94(1):95-104. <http://dx.doi.org/10.1590/S0073-47212004000100017>
- GUERRA, N.C., KIANG, C.H. & SIAL, A.N. 2005. Carbonate cements in contemporaneous beachrocks, Jaguaribe beach, Itamaracá island, northeastern Brazil: petrographic, geochemical and isotopic aspects. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 77(2):343-352.
- HARVEY, C.D.G., HUGHES, A.R., HULTGREN, K.M., MINER, B.G., SORTE, C.J.B., THORNBER, C.S., RODRIGUEZ, L.F., TOMANEK, L. & WILLIAMS, S.L. 2006. The impacts of climate change in coastal marine systems. *Ecol. Lett.* 9:228-241. PMID:16958887. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00871.x>
- HELFMAN, G., COLLETTE, B.B., FACEY, D.E. & BOWEN, B. 2009. The diversity of fishes. *Biology, evolution and ecology*. 2nd ed. John Wiley & Sons, Willey-Blackwell.
- HIATT, R.W. & STRASBURG, D.W. 1960. Ecological relationships of the fish fauna on coral reefs of the Marshall Islands. *Ecol. Monogr.* 30(1):65-127.
- KEMPF, M. 1970. Nota Preliminar Sobre os Fundos Costeiros da Região de Itamaracá (Norte do Estado de Pernambuco, Brasil). *Trab. Oceanogr. Univ. PE* (9):95-110.
- LABORATÓRIO DE METEOROLOGIA DE PERNAMBUCO - LAMEPE. <http://www.itep.br/LAMEPE>. (último acesso em 20/06/2011).
- LASIAK, T.A. 1984a. Structural aspects of the surf-zone fish assemblage at King's beach Algoa Bay, South Africa: long-term fluctuations. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 18:459-483.
- LASIAK, T.A. 1984b. Structural aspects of the surf zone fish assemblage at King's Beach, Algoa Bay, South Africa: Short - term fluctuations. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 18(4):347-360.
- LIRA, A.K.F. & TEIXEIRA, S.F. 2008. Ictiofauna da Praia de Jaguaribe, Itamaracá, Pernambuco. *Iheringia, Zool.* 98(4):785-780.
- LOPES, P.R.D. 1999. Nota sobre a alimentação de *Albula vulpes* (Linnaeus, 1758) (Actinopterygii: Albulidae) na Praia de Jaguaribe (Ilha de Itamaracá), Pernambuco. *Stientibus* 20:15-22.
- MARCENIUK, A.P. 2005. Chave para identificação das espécies de bagres marinhos (Siluriformes, ariidae) da costa brasileira. *Bol. Inst. Pesca.* 31(2):89-101.
- MEDEIROS, C. & KJERFVE, B. 1993. Hydrology of a tropical estuarine system: Itamaracá, Brazil. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 36:495-515. <http://dx.doi.org/10.1006/ecss.1993.1030>
- MENDONÇA, P. & ARAÚJO, F.G. 2002. Composição das populações de linguados (Osteichthyes, Pleuronectiformes) da Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 19(2):339-347.
- MENEZES, N.A. & FIGUEIREDO, J.L. 1980. Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. IV. Teleostei (3). Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- MENEZES, N.A. & FIGUEIREDO, J.L. 1985. Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. IV. Teleostei (4). Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- MICHELE, O.D.A. & UIEDA, V.S. 2007. Diet of the ichthyofauna associated with marginal vegetation of a mangrove forest in southeastern Brazil. *Iheringia, Zool.* 9(4):486-497.
- MONTEIRO-NETO, C., TUBINO, R.A., MORAES, L.E.S., NETO, J.P.M., ESTEVES, G.V. & FORTES, W. L. 2008. Associações de peixes na região costeira de Itaipu, Niterói, RJ. *Iheringia, Zool.* 98(1):50-59. <http://dx.doi.org/10.1590/S0073-47212008000100007>
- MORAES, L.E., ROMERO, R.M., ROCHA, G.R.A. & MOURA, R.L. 2009. Ictiofauna demersal da plataforma continental interna ao largo de Ilhéus, Bahia, Brasil. *Biota neotrop.* 9(4): <http://www.biotaneotropica.org.br/v9n4/pt/abstract?inventory+bn01409042009> (último acesso em 31/08/2012)
- MOYLE, P.B. & CECH, J.J. 2000. *Fishes: an Introduction to Ichthyology*. 4th ed. Upper Saddle River, Prentice Hall.
- NELSON, J.S. 2006. *Fishes of the World*. 4th ed. John Wiley & Sons Inc., New York.
- OLIVEIRA-NETO, J.F., SPACH, H.L., SCHWARZ-JR, R. & PICHLER, H.A. 2008. Diel variation in fish assemblages in tidal creeks in southern Brazil. *J. Biol.* 68(1):37-43.
- ORDOÑEZ-LÓPEZ, U. & GARCÍA-HERNÁNDEZ, V.D. 2005. Ictiofauna juvenil associada a *Thalassia testudinum* en Laguna Yalahau, Quintana Roo. *Hidrobiológica* 15(2):195-204.
- PAIVA, A.C.G. & ARAÚJO, M.E. 2010. Environmental characterization and spatial distribution of fish fauna in estuaries in the state of Pernambuco, Brazil. *Trop. Oceanogr.* 38(1):1-46.
- PAIVA-FILHO, A.M., ZANI-TEIXEIRA, M.L. & KIHARA, P.K. 1986. Contribuição ao conhecimento da biologia da manjuba, *Anchoviella lepidentostole* (Fowler, 1911), no estuário de São Vicente, SP (Osteichthyes, Engraulidae). *Bol. Inst. Oceanogr.* 34(único):71-77.
- PAIVA-FILHO, A.M. & GIANNINI, F.B.R. 1990. A pesca da manjuba *Anchoviella lepidentostole* (Engraulidae) no estuário de São Vicente, SP. *Rel. Int. Inst. Oceanogr.* 29(1):1-6.
- PARRISH, J.D. 1989. Fish communities of interacting shallow water habitats in tropical oceanic regions. *Mar. Ecol., Prog. Ser.* 58: 143-160.
- PEREIRA, P.H.C., FERREIRA, B.P. & REZENDE, S.M. 2010. Community structure of the ichthyofauna associated with seagrass beds (*Halodule wrightii*) in Formoso River estuary - Pernambuco, Brazil. *An. Acad. Bras. Ciênc.* 82(3):617-628
- PESSANHA, A.L.M. & ARAÚJO, F.G. 2003. Spatial, temporal and diel variations of fish assemblages at two sandy beaches in the Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 57:1-12. [http://dx.doi.org/10.1016/S0272-7714\(02\)00411-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0272-7714(02)00411-0)
- PRADO, P. & HECK JUNIOR, K.L. 2011. Seagrass selection by omnivorous and herbivorous consumers: determining factors. *Mar. Ecol., Prog. Ser.* 429:45-55. <http://dx.doi.org/10.3354/meps09076>
- PRIMER-E. 2000. *Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research*. Plymouth: Plymouth Marine Laboratory.
- RABALAIS, N.N., TURNER, R., DÍAZ, R.J. & JUSTIC, D. 2009. Global change and eutrophication of coastal waters. *ICES J. Mar. Sci.* 66:1528-1537. <http://dx.doi.org/10.1093/icesjms/fsp047>
- RANDALL, J.E. 1967. Food habits of reef fishes of the West Indies. *Stud. Trop. Oceanogr.* 5:665-847.
- RANDALL, J.E. 1990. Scaridae. In Check-list of the fishes of the eastern tropical Atlantic (CLOFETA) (J.C. Quero, J.C. Hureau, C. Karrer, A. Post & L. Saldanha, eds.). JNICT, Lisbon; SEI, Paris; UNESCO, Paris, v.2, p.883-887.

- ROBERTSON, A.I. & LENANTON, R.C.J. 1984. Fish community structure and food chain dynamics in the surf-zone of sandy beaches: the role of detached macrophyte detritus. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 84:265-283. [http://dx.doi.org/10.1016/0022-0981\(84\)90185-0](http://dx.doi.org/10.1016/0022-0981(84)90185-0)
- ROMER, G.S. 1990. Surf zone fish community and species response to wave energy gradient. *J. Fish Biol.* 36:279-287. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8649.1990.tb05609.x>
- SANTANA, F.M.S. & SEVERI, W. 2009. Composição e estrutura da assembléia de peixes da zona de arrebentação da praia de Jaguaribe, Itamaracá - Pernambuco. *Bioikos* 23(1):3-17.
- SANTANA, F.M., SILVA-FALCÃO, E.C. & SEVERI, W. 2009. Ocorrência de *Chirocentron bleekermanus* (Teleostei; Pristigasteridae) na costa do estado de Pernambuco - Brasil. *Rev. Bras. Eng. Pesca* 4(1):144-154.
- SCHIFINO, L.C., FIALHO, C.B. & VERANI, J.R. 2004. Fish community composition, seasonality and abundance in Fortaleza Lagoon, Cidreira. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 47(5):755-763.
- SCHLACHER, T.A., SCHOEMAN, D.S., DUGAN, J., LASTRA, M., JONES, A., SCAPINI, F. & McLACHLAN, A. 2008. Sandy beach ecosystems: key features, sampling issues, management challenges and climate change impacts. *Mar. Ecol.* 29(1):70-90. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0485.2007.00204.x>
- SOUZA, L.M. & CHAVES, P.T. 2007. Atividade reprodutiva de peixes (Teleostei) e o defeso da pesca de arrasto no litoral norte de Santa Catarina, Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 24(4):1113-1121.
- STATSOFT. 2008. STATISTICA (data analysis software system), version 7.0. www.statsoft.com. Statsoft Inc., Tulsa.
- TEIXEIRA, R.L. & ALMEIDA, G.I. 1998. Composição da ictiofauna de três praias arenosas de Maceió-AL, Brasil. *Bol. Mus. Biol. Mello Leitão* 8:21-38.
- VASCONCELOS FILHO, A.L. & OLIVEIRA, A.M.E. 1999. Composição e ecologia da ictiofauna do canal de Santa Cruz (Itamaracá - PE, Brasil). *Trab. Oceanogr. Univ. PE* 27(1):101-113.
- VAZZOLER, A.E.M., SOARES, L.S.H. & CUNNINGHAM, P.M. 1999. Ictiofauna da Costa brasileira. In *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais* (R.C. Lowe McConnell, ed.). Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, p.424-467.
- VELOSO, V.G. & NEVES, G. 2009. Praias arenosas. In *Biologia Marinha* (R.C. Pereira & A. Soares-Gomes, eds.). Interciência, Rio de Janeiro, p.339-360.
- VIANNA, M., COSTA, F.E.S. & FERREIRA, C.N. 2004. Length-weight relationship of fish caught as by-catch by shrimp fishery in the southeastern coast of Brazil. *Bol. Inst. Pesca* 30(1):81-85.
- WHITFIELD, A.K. 1996. A review of estuarine ichthyology in South Africa over the past 50 years. *Trans. R. Soc. S.Afr.* 51:79-89. <http://dx.doi.org/10.1080/00359199609520601>
- WILBER, D.H., CLARK, D.G., BURLOS, M.H., RUBEN, H. & WILL, R.J. 2003. Spatial and temporal variability in surf zone fish assemblages on the coast of northern New Jersey. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 56:291-304. [http://dx.doi.org/10.1016/S0272-7714\(02\)00163-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0272-7714(02)00163-4)

Received 09/02/2012

Revised 08/17/2013

Accepted 09/17/2013

Characterization of plant growth-promoting bacteria inhabiting *Vriesea gigantea* Gaud. and *Tillandsia aeranthos* (Loiseleur) L.B. Smith (Bromeliaceae)

Adriana Giongo^{1,5}, Anelise Beneduzi², Kelsey Gano³, Luciano Kayser Vargas²,

Laura Utz¹ & Luciane Maria Pereira Passaglia⁴

¹Faculdade de Biociências, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – PUCRS, CEP 90619-900, Porto Alegre, RS, Brazil

²Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária – FEPAGRO, CEP 90130-060, Porto Alegre, RS, Brazil

³Department of Microbiology and Cell Science, University of Florida – UF, FL 32611, Gainesville, FL, USA

⁴Departamento de Genética, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, CEP 90040-060, Porto Alegre, RS, Brazil

⁵Corresponding author: Adriana Giongo, e-mail: adrianagiongo@gmail.com

GIONGO, A., BENEDUZI, A., GANO, K.A., VARGAS, L.K., UTZ, L.R.P. & PASSAGLIA, L.M.P. Characterization of plant growth-promoting bacteria inhabiting *Vriesea gigantea* Gaud. and *Tillandsia aeranthos* (Loiseleur) L.B. Smith (Bromeliaceae). *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?article+bn01413032013>

Abstract: Microorganisms that live inside and around a plant can supply it with essential substances, such as phytohormones and essential nutrients. The present investigation aimed to isolate and characterize the phyllosphere, the endophytic, and the water tank bacteria associated with *Vriesea gigantea* and *Tillandsia aeranthos*. The bacteria were tested for siderophore and indole-3-acetic acid (IAA) production, phosphate solubilization, and presence of the *nifH* gene. Genetic diversity of the bacterial isolates was evaluated by rep-PCR. Sixty-eight bacterial strains were isolated from 3 different microhabitats of *V. gigantea* and from 2 microhabitats of *T. aeranthos* bromeliad plants. Gram-positive, spore-forming bacilli comprised most bacterial isolates. All isolates produced IAA *in vitro* in presence of very low amounts of tryptophan. More than 70% of the evaluated bacteria presented the ability of siderophore production and phosphate solubilization, and possessed the *nifH* gene. It was not possible to distinguish well-defined groups of isolates based on the bromeliad species and microhabitat they inhabit using genetic characterization by rep-PCR. Water tanks presented the most abundant diversity compared with phyllosphere and endophytes, probably due to the high nutrient concentration, which promotes an ideal environment for complex microbial communities.

Keywords: bromeliads, PGPB, diazotrophic bacteria, water tank, siderophore, IAA.

GIONGO, A., BENEDUZI, A., GANO, K.A., VARGAS, L.K., UTZ, L.R.P. & PASSAGLIA, L.M.P. Caracterização de bactérias promotoras de crescimento vegetal em *Vriesea gigantea* Gaud. e *Tillandsia aeranthos* (Loiseleur) L.B. Smith (Bromeliaceae). *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?article+bn01413032013>

Resumo: Microrganismos que habitam o interior e a superfície podem fornecer substâncias essenciais ao crescimento das plantas, como fitormônios e nutrientes essenciais. O presente trabalho teve como objetivo isolar e caracterizar as bactérias da filosfera, do ambiente endofítico e a água de tanque associadas à *Vriesea gigantea* e *Tillandsia aeranthos*. As bactérias foram submetidas a testes de verificação de produção de sideróforos e de ácido indol acético (AIA), solubilização de fosfatos, e a presença do gene *nifH*. A diversidade genética dos isolados bacterianos foi analisada por rep-PCR. Sessenta e oito microrganismos foram isolados de 3 microambientes distintos de *V. gigantea* e de 2 microambientes de *T. aeranthos*. A maioria das bactérias isoladas foram bacilos formadores de esporos, gram-positivos. Todos os isolados produziram AIA *in vitro* na presença de quantidades pequenas de triptofano. Mais de 70% das bactérias analisadas produziram sideróforos, solubilizaram fosfatos e possuíam o gene *nifH*. Não foi possível distinguir grupos definidos de microrganismos baseados no microhabitat e na espécie de bromélia de onde foram isolados usando rep-PCR. A água do tanque apresentou maior diversidade microbiana quando comparada com a filosfera e o ambiente endofítico, provavelmente devido à alta concentração de nutrientes, que promove um ambiente favorável para o desenvolvimento de comunidades microbianas complexas.

Palavras-chave: bromélias, PGPB, bactérias diazotróficas, água de tanque, sideróforos, AIA.

Introduction

Bromeliaceae is a diversified family of plants with terrestrial or epiphytic habitats, encompassing about 2,900 described species (Holst & Luther 2004). The species *Vriesea gigantea* Gaud., in the subfamily Tillandsioideae, as well as other bromeliads, has a high ornamental value, thus is threatened of extinction in some regions of Brazil (Rio Grande do Sul 2006). *Tillandsia aeranthos* (Loiseleur) L.B. Smith, another member of the Tillandsioideae subfamily, is broadly distributed, occurring in upper rocks, rocky high walls, and in riparian forests (Cronquist 1981).

Bromeliads are remarkably tolerant and adaptable plants. They can be found along seashores subjected to salt sprays, or in extreme heat and drought deserts. Some are terrestrial, others are saxicolous, but most of them are epiphytes (Benzing 2000). Epiphytes form a highly diverse group of plants especially common in humid tropical forests (Benzing 1990). In those habitats characterized by a high absolute precipitation, their growth in tree crowns without a contact with the soil is equivalent to highly intermittent water and nutrient supply. A suite of anatomical, morphological, and physiological adaptations allows epiphytes to cope with this irregular resource supply. One example is the 'tank' presented in many bromeliads which is an impounding structure formed by overlapping leaf bases (such as *V. gigantea*). Tank bromeliads generally show low contents of nutrients (Stuntz & Zotz 2001), and grow very slowly even under near-optimal conditions (Hietz et al. 2002, Schmidt & Zotz 2002). These are typical features of stress-tolerant plants associated with nutrient-poor habitats (Grime 2001). In this group of plants, nutrient uptake capacities are normally tuned towards the capture of short pulses, and such a combination of high uptake of nutrients and slow potential growth frequently leads to an accumulation of reserves (Chapin 1980). Some bromeliads, such as *Tillandsia* spp., do not have tanks for water absorption. Instead, those plants have trichomes, specialized hairs adapted to absorb water in the surface of narrow leaves (Benzing 1990).

It is widely accepted that some microorganisms can improve plant health and nutrition. The term plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) was coined for the bacterial bio-control agents of rhizosphere (Kloepper et al. 1980) but some years later, the term plant growth promoting bacteria (PGPB) was proposed to encompass bacteria which enhance plant growth by other means (Bashan & Holguin 1998). PGPB are usually classified into two groups according to the way they benefit their host plant, directly or indirectly. The plant response to PGPB is a very complex phenomenon resulting from the combination of mechanisms that affect several aspects of mineral nutrition and root development (Cleyet-Marel et al. 2001, Mantelin & Touraine 2003). The exact mechanisms by which PGPB promotes plant growth are not totally understood (Glick 1995, Ahmad et al. 2006), although several studies already proved that these bacteria improve plant development by nitrogen fixation, phytohormone and siderophore production, mineral solubilization and disease control (Kloepper et al. 1992, Lippmann et al. 1995, Bashan & Holguin 1998, Barea et al. 2005, Inselsbacher et al. 2007). The ability of nitrogen fixation, for example, is an important PGPB characteristic mainly for epiphytic plants since these plants depend on foliar absorption of nutrients (Bashan et al. 2008). *Vriesea gigantea* has a water collector tank that contributes for its energy supply, as the water is favorable to organic matter decomposition (of leaves, flowers, seeds, small animal), and the microorganisms that live in the tank and on the leaf surfaces can supply the plant with many essential substances, such as phytohormones and proteins (Lindow & Brandl 2003).

Few studies have identified PGPB or other bacteria associated to bromeliad species (Tapia-Hernandez et al. 2000) and to the best of

our knowledge, none study has described or selected PGPB or other bacteria associated to these two species of bromeliads. For this reason, the aims of the present investigation were to isolate and characterize the phyllosphere, endophytic, and water tank bacteria associated with individuals of *V. gigantea* and *T. aeranthos* collected in southern Brazil. Those two species were chosen due to the morphological differences in the water uptake method: a water tank in *V. gigantea* and trichomes in *T. aeranthos*.

Material and Methods

1. Collection site

Bacterial community of *V. gigantea* and *T. aeranthos* was sampled in a native forest located in Viamão, Rio Grande do Sul, Brazil (30° 04' 52" S and 51° 01' 24" W). The region climate is classified by Köppen as Cfa, humid subtropical without dry season, with a raining fall about 1,300 mm per year (Mota 1951). A specimen of *V. gigantea* was cultivated in pots at the Campus do Vale gardens, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brazil (UFRGS), Porto Alegre, Rio Grande do Sul, (30° 04' 40" S and 51° 09' 00" W). Bacterial isolates were named as follow: *Vriesea* – Campus do Vale (VC), *Vriesea* – Viamão (VV) and *Tillandsia* – Viamão (TV).

2. Bacteria isolation and reference strains

Bacterial isolates associated with the sampled bromeliad were isolated from three different habitats: phyllosphere (p), water tank (w) and endophytes (e). Since *Tillandsia* lacks a water tank, bacteria were isolated only from the phyllosphere (p) and endophytically (e).

To isolate phyllosphere microorganisms, leaves were extracted from the plants and washed with 3 mL 0.85% NaCl saline solution. After that, 100 µL of each serial dilutions (10^{-1} to 10^{-4}) were carried out and were inoculated into 15 mL tubes containing 3mL NFb (Baldani & Dobereiner 1980), a selective nitrogen-free medium for Gram-negative nitrogen fixing bacteria, or Thiamine-Biotin (TB) medium (Seldin et al. 1983) used to isolate Gram-positive nitrogen fixing bacilli. Endophytic microorganisms were isolated from leaves surface sterilized for 5 min with 70% ethanol and cut in 10×10mm squares. These pieces were kept in constant agitation in 100mL flasks containing 50mL of sterile water for 30 min at 28 °C. Three milliliters of tank water was collected using a sterile pipette and diluted.

Serial dilutions were plated on NFb or TB agar without nitrogen. After incubation at 28 °C for 48 h in NFb, bacteria were purified through repetitive streaking (Vincent 1970). To isolate Gram-positive bacteria, suspensions were kept at 80 °C for 10 minutes and after that inoculated in plates containing the TB medium at room temperature for 7 days in anaerobiosis. All isolates were stored at -20 °C in 25% glycerol-TB broth for further analysis.

3. Indol-3-acetic acid production

The production of indole-3-acetic acid (IAA) by the isolates was evaluated according to Asghar et al. (2002). Briefly, bacterial strains were grown in King B broth (King et al. 1954) supplemented with 0.05 mg mL⁻¹ of tryptophan. After 48 h, bacterial cultures were centrifuged at 10,000 rpm for 5 min and 60 µL of their supernatants were placed into micro plates to react with 40 µL of Salkowski reagent (2 mL 0.5 M FeCl₃ + 98 mL 35% HClO₄) for 30 min. The mixture was left in the dark for 30 min at room temperature. The visualization of a red color in the mixture was considered a positive result (Asghar et al. 2002).

4. Siderophore production

The capacity of production of siderophore was tested in the isolates using liquid King B medium (King et al. 1954) supplemented

with a complex chromazul S [CAS/iron(III)/hexadecyl-trimethyl ammonium bromide], as described by Schwyn & Neilands (1987). One single drop of bacterium culture grown in King B broth for 48 h at 28 °C was then deposited in tryptone soy agar (TSA) plates and incubated for seven days at 28 °C. Bacteria that were able to produce siderophore grew and formed a yellow halo in the blue-green medium. It was recorded as siderophore production (+) or no siderophore production (–) in relation to the controls.

5. Phosphate solubilization

The method described by Sylvester-Bradley et al. (1982) was used to identify isolates able to solubilize phosphate. Bacteria were grown in glucose-yeast (GY) broth, containing 10 g of glucose, 2 g of yeast extract, and 15 g of agar per liter. Two other solutions were prepared separately, one containing 5 g of K_2HPO_4 in 50 mL of distilled water, and the other containing 10 g of $CaCl_2$ in 100 mL of distilled water. These solutions were added to one liter of GY medium just before pouring into Petri dishes, forming insoluble calcium phosphate that made the medium opaque. Bacterial isolates previously grown in NFb broth were dropped (10 μ L per culture) into the GY plates and incubated for seven days at 28 °C. Those isolates that formed visible clearing halos around their colonies were considered phosphate solubilizers.

6. *nifH* gene amplification

Bacterial cells were grown in LB medium (Sambrook & Russel 2001) or TB broth at 28 °C for 48h at 128 rpm. Total DNA was extracted from pure cultures as described by Giongo et al. (2007). Selected primers PolF and PolR (Poly et al. 2001) were used to amplify a 360-bp region of *nifH* as described previously (Giongo et al. 2007).

7. rep-PCR

Rep-PCR reactions were carried out using enterobacterial repetitive intergenic consensus primers ERIC1-R and ERIC-2 (De Bruijn 1992) and enterobacterial repetitive sequences (BOX A1) primer (Versalovic et al. 1994). The reactions were performed in a 25- μ L volume, containing 50 ng of DNA template, as described by Giongo et al. (2008). Fragments were visualized after electrophoresis on 1% agarose gel. All rep-PCR fingerprint patterns were converted into a two-dimensional binary matrix and analyzed by the Jaccard (*J*) coefficient. The matrix was analyzed by PAST—Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis (Hammer et al. 2001) and a dendrogram was built using the UPGMA algorithm (Nei 1987). To obtain a more detailed cluster analysis, the data of ERIC and BOX were combined.

Shannon diversity index (*H*) (Shannon & Weaver 1949) was estimated based on the number of isolates belonging to each group of profiles in rep-PCR dendrogram, considering a 70% of similarity in the cluster analysis (Alberton et al. 2006).

Besides the 68 isolates, four bacterial strains (*Bacillus* sp., *Burkholderia* sp., *Klebsiella* sp. and *Pseudomonas* sp.) available in the laboratory were submitted to the genotypic characterization.

Results and Discussion

The composition and PGBP traits of 68 bacterial strains isolated from three different microhabitats of *V. gigantea* and *T. aeranthos* bromeliad plants were evaluated. Twenty-three bacterial strains were isolated from *T. aeranthos*. Of these, 10 were isolated from the plant phyllosphere and 13 were endophyte bacteria. From *V. gigantea*, 45 bacterial strains were isolated, considering all samples (Table 1).

Gram-positive bacteria predominated in all the microhabitats studied. Most of them were spore-forming bacilli. The spore forming ability of these bacteria can increase the ability to survive in a limited environment added to the fact that bacilli are able to degrade complex biopolymers (Lindow & Brandl 2003). The predominance of Gram-positive isolates in the rhizosphere of several plants has been reported (Lucas-García et al. 2001).

In addition to Gram-positive bacilli, various microorganisms live around the plant tissue due to the rich nutrient availability, especially N and P (Glick 2003, Han et al. 2005). Although bacteria like *Rhizobium*, *Azotobacter* and *Azospirillum* enhance plant growth as a result of their ability to fix nitrogen, bacteria with mechanisms such as phytohormones production and other PGP activities can contribute to improve the ability of the host plant to live in extreme environments (Glick 1995, Bashan & Holguin 1998, Patten & Glick 1996, Asghar et al. 2002). All the isolates produced IAA *in vitro* in presence of very low amounts of tryptophan (Table 1). It will be important to explore the exact contribution of IAA production by those isolates in the bromeliad, although it is known that IAA alters root patterns and enhances nutrient absorption (Vargas et al. 2010).

Seventy-seven per cent of the isolates were able to produce siderophore in a medium provided with CAS (Table 1). Siderophore production may influence the plant growth by binding to the available form of Fe^{3+} . Through this process, iron is made unavailable to the phytopathogens in a process called induced systemic resistance (ISR), a plant-mediated, broad-spectrum resistance response activated by selected PGPB strains (Kloepper et al. 2004). At the same time, the siderophore protects the plant health (Siddiqui 2006). Press et al. (2001) reported that the catechol siderophore biosynthesis gene produced by *Serratia marcescens* is associated with resistance of cucumber against anthracnose.

Table 1. Morphological, physiological, and biochemical characteristics of the bacterial strains isolated from *Tillandsia* and *Vriesea* species in different microhabitats.

	<i>Tillandsia aeranthos</i>			<i>Vriesea gigantea</i>			
	phyllosphere (TV-p)	endophyte (TV-e)	water tank (VV-w)	phyllosphere (VV-p)	endophyte (VV-e)	water tank (VC-w)	phyllosphere (VC-p)
Gram-negative	3	4	3	2	3	6	3
Gram-positive	7(5)*	9(7)	3(3)	5(4)	5(2)	10(9)	5(4)
Siderophore production	10	8	4	7	5	13	6
IAA production	10	13	6	7	8	16	8
Phosphate solubilization	10	13	6	6	8	14	7
<i>nifH</i> gene	7	10	4	6	7	10	5
Total	10	13	6	7	8	16	8

*Parentheses represent number of Gram-positive spore-forming bacilli compared with the total Gram-positives.

More than 94% of the isolates showed the ability of phosphate solubilization (Table 1). This characteristic is particularly important in microhabitats where a low and irregular supply of nutrients demands an effective uptake mechanism (Winkler & Zotz 2009). The only four bacteria that lack this trait were isolated from the phyllosphere and the water tank of *Vriesea*.

The gene *nifH* is one of the most important genes in the biological nitrogen fixation system and encodes the nitrogenase reductase protein (Mortenson & Thornley 1979). Forty-nine bacteria (72%) presented *nifH* gene. Although the existence of the *nifH* gene does not necessarily represent effective nitrogenase activity, as this enzyme is regulated at both pre- and posttranslational levels (Dean & Jacobson 1992), its presence in the genome is evidence that the bacterium is a nitrogen-fixer. Analysis of the phyllosphere bacterial populations of *Tillandsia* species in mainland Mexico detected a single diazotrophic species, *Bacillus megaterium*, but only after a liquid enrichment of the entire leaf (Brighigna et al. 1992). Another study from Mexico identified *Pseudomonas stutzeri*, a nitrogen-fixing bacterium, isolated from the interior of the epiphyte *Tillandsia recurvata* (Puente & Bashan 1994). Pineapple plants were found to host *Acetobacter diazotrophicus*, isolated from inner tissues of surface sterilized roots, stems, and leaves of the bromeliad (Tapia-Hernandez et al. 2000). Most of the information about the nutrient uptake in epiphytic bromeliads is regarded as nitrogen uptake (Nyman et al. 1987, Endres & Mercier 2001, 2003). Inselsbacher et al. (2007) detailed uptake kinetics of various nitrogen compounds in the bromeliads tank of *V. gigantea*. In this case, NH_4^+ was found to be the most important N form for the N nutrition in this bromeliad.

The diversity among all the strains studied is shown in Figure 1. According to the dendrogram, two large groups (I and II) were observed with a similarity of 30%. Most of the isolates from water tank were clustered in Group I, where the strain *Bacillus* was also allocated. Group II was formed by 36 isolates mostly isolated from phylloplane and endophytic microorganisms clustered with the strains *Burkholderia*, *Klebsiella* and *Pseudomonas*. The vast number of rep-PCR profiles obtained suggested a high level of genetic diversity within populations. Although the isolates formed groups predominantly from the microhabitat they were isolated from, it was not possible to distinguish them based on the bromeliad they were obtained. Rep-PCR method has become a simple method to distinguish strains and to study their diversity in a variety of ecosystems, and it might be necessary to evaluate a larger number of bromeliad species to observe differences in the microbial genetic community living on them.

The Shannon diversity index was used to assess the diversity in the different microhabitats (Figure 2). Water tanks presented the most abundant diversity, followed by the phyllosphere and then by the endophytes. The water trapped in the tank has a high nutrient concentration, which promotes an ideal environment for complex microbial communities (Benzing et al. 1972). Although leaves have been considered a hostile environment to bacteria due the limitation of water and nutrient availability, and exposition to UV radiation (Lindow & Brandl 2003), 25 different bacteria were isolated from this microhabitat. Oppositely, a study about the carnivorous plant *Drosera villosa* suggested that that the diversity was higher in bacteria isolated from inside (endophytes) than from outside the plants (phylloplane) (Albino et al. 2006). They suggest that the hostile environment in the phylloplane limits bacterial growth.

There are few studies on the microbial diversity in Southern Brazilian bromeliaceous plants (Ambrosini et al. 2007), many of them describing yeast species (Landell et al. 2006, 2009, 2010, Mautone et al. 2010). Nevertheless, the present study emphasizes the high level of genetic diversity in bacterial populations in the

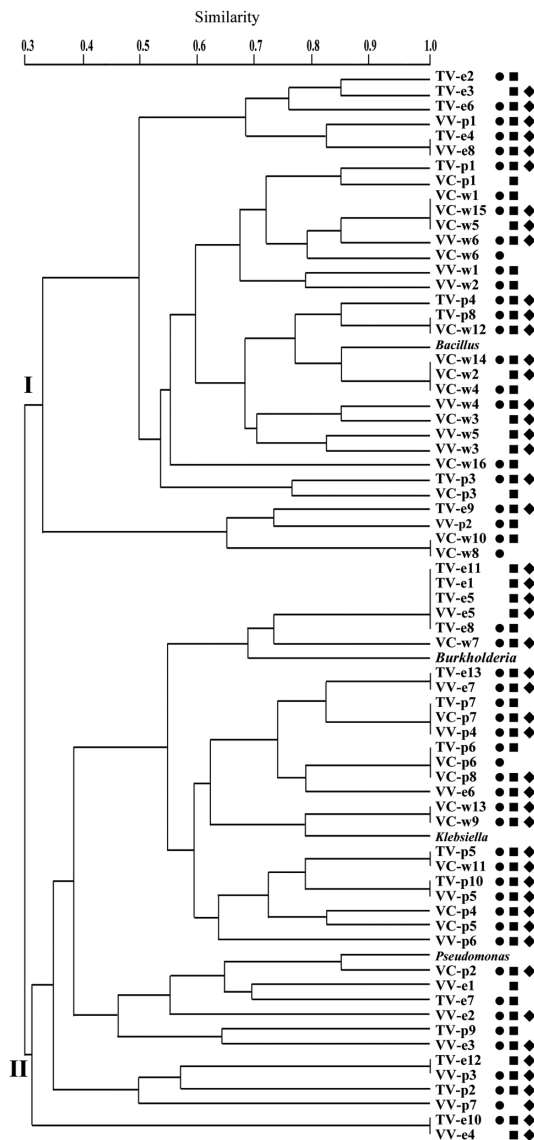


Figure 1. Dendrogram based on UPGMA cluster analysis using the rep-PCR data obtained from 68 isolates plus four known bacterial strains. Circle represents siderophore production, square represents phosphate solubilization and triangle represents the presence of *nifH* gene. Bacterial isolates were named as *Vriesea* – Campus do Vale (VC), *Vriesea* – Viamão (VV) and *Tillandsia* – Viamão (TV). Different habitats: phyllosphere (p), water tank (w) and endophytes (e).

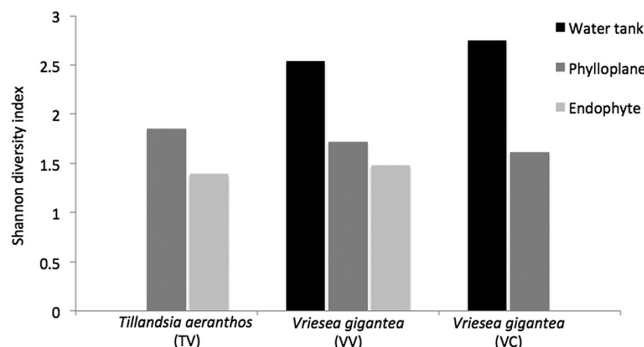


Figure 2. Shannon bacterial diversity index for the different microhabitats in *Tillandsia* and *Vriesea*. Bacterial isolates were named as *Vriesea* – Campus do Vale (VC), *Vriesea* – Viamão (VV) and *Tillandsia* – Viamão (TV).

studied bromeliads, corroborating the high level of diversity in morphology, physiology, and genetic properties. The understanding of the diversity of microorganisms inhabiting the phylloplane and the tanks of bromeliad species has both ecological and economic importance since this information could be useful in the management and conservation of the bromeliads themselves.

References

- AHMAD, F., AHMAD, I. & KHAN, M.S. 2006. Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. *Microbiol. Res.* 163:173-181. <http://dx.doi.org/10.1016/j.micres.2006.04.001>
- ALBERTON, O., KASCHUK, G. & HUNGRIA, M. 2006. Sampling effects on the assessment of genetic diversity of rhizobia associated with soybean and common bean. *Soil Biol. Biochem.* 38:1298-1307. <http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.08.018>
- ALBINO, U., SARIDAKIS, D.P., FERREIRA, M.C., HUNGRIA, M., VINUESA, P. & ANDRADE, G. 2006. High diversity of diazotrophic bacteria associated with the carnivorous plant *Drosera villosa* var *villosa* growing in oligotrophic habitats in Brazil. *Plant Soil* 287:199-207. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-006-9066-7>
- AMBROSINI, A., GIONGO, A., BENEDEZI, A., COBALCHINI, N., FRIEDRICH, L. & PASSAGLIA, L.M.P. 2007. Bactérias promotoras de crescimento vegetal em *Vriesea gigantea* Gaudichi (Bromeliaceae). *Braz. J. Biosciences* 5:1169-1170.
- ASGHAR, H.N., ZAHIR, Z.A., ARSHAD, M. & KHALIK, A. 2002. Relationship between *in vitro* production of auxins by rhizobacteria and their growth-promoting activities in *Brassica juncea* L. *Biol. Fertil. Soils* 35:231-237. <http://dx.doi.org/10.1007/s00374-002-0462-8>
- BALDANI, L.D. & DOBEREINER, J.R. 1980. Host plant specificity in the infection of cereals with *Azospirillum* spp. *Soil Biol. Biochem.* 12:434-444. [http://dx.doi.org/10.1016/0038-0717\(80\)90021-8](http://dx.doi.org/10.1016/0038-0717(80)90021-8)
- BAREA, J.M., POZO, M.J., AZCON, R. & AZCON-AGUILAR, C. 2005. Microbial co-operation in the rhizosphere. *J. Exp. Bot.* 56:1761-1778. <http://dx.doi.org/10.1093/jxb/eri197>
- BASHAN, Y. & HOLGUIN, G. 1998. Proposal for the division of plant growth-promoting rhizobacteria into two classifications: biocontrol-PGPB (plant growth-promoting bacteria) and PGPB. *Soil Biol. Biochem.* 30:1225-1228. [http://dx.doi.org/10.1016/S0038-0717\(97\)00187-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0038-0717(97)00187-9)
- BASHAN, Y., PUENTE, M.E., DE-BASHAN, L.E. & HERNANDEZ, J.P. 2008. Environmental uses of plant growth-promoting bacteria. *Plant-Microbe Interactions* 69-93.
- BENZING, D.H., DEER, J.A. & TITUS, J.E. 1972. The water chemistry of microcosms associated with the bromeliad *Aachmea bracteata*. *Am. Midl. Nat.* 87:60-70. <http://dx.doi.org/10.2307/2423881>
- BENZING, D.H. 1990. *Vascular epiphytes: general biology and related biota*. Cambridge University Press, Cambridge. <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511525438>
- BENZING, D.H. 2000. *Bromeliaceae: profile of an adaptive radiation*. Cambridge University Press, Cambridge. <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511565175>
- BRIGHIGNA, L., MONTAINI, P., FAVILLI, F. & TREJO, A.C. 1992. Role of the nitrogen-fixing bacterial microflora in the epiphytism of *Tillandsia* (Bromeliaceae). *Am. J. Bot.* 79:723-727. <http://dx.doi.org/10.2307/2444936>
- CHAPIN, F.S. 1980. The mineral nutrition of wild plants. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 11:233-260. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.es.11.110180.001313>
- CLEYET-MAREL, J-C., LARCHER, M., BERTRAND, H., RAPIOR, S. & PINOCHET, X. 2001. Plant growth enhancement by rhizobacteria. In *Nitrogen assimilation by plants: physiological, biochemical and molecular aspects* (J.F. Morot-Gaudry, ed.). Science Publishers, Plymouth, p.184-197.
- CRONQUIST, A. 1981. *An integrated system of classification of flowering plants*. Columbia University Press, New York.
- DE BRUIJN, F.J. 1992. Use of repetitive extragenic palindromic and enterobacterial repetitive intergenic consensus sequences and the polymerase chain reaction to fingerprint the genomes of *Rhizobium meliloti* isolates and other soil bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.* 58:2180-2187.
- DEAN, D.R. & JACOBSON, M.R. 1992. Biochemical genetics of nitrogenase. In *Biological nitrogen fixation* (G. Stacy, R.H. Burris, H.J. Evans, eds). Chapman and Hall, New York, p.763-834.
- ENDRES, I. & MERCIER, H. 2001. Influence of nitrogen forms on the growth and nitrogen metabolism of bromeliads. *J. Plant Nutr.* 24:29-42. <http://dx.doi.org/10.1081/PLN-100000310>
- ENDRES, I. & MERCIER, H. 2003. Amino acid uptake and profile in Bromeliads with different habits cultivated in vitro. *Plant Physiol. Biochem.* 41:181-187. [http://dx.doi.org/10.1016/S0981-9428\(02\)00025-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0981-9428(02)00025-6)
- GIONGO, A., AMBROSINI, A., FREIRE, J.R.J., BODANESE-ZANETTINI, M.H. & PASSAGLIA, L.M.P. 2007. Amplification of 16S rRNA gene sequences to differentiate two highly related bradyrhizobia species. *Pesq. Agropecu. Bras.* 42:1361-1364. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2007000900019>
- GIONGO, A., SILVEIRA, A.A., VARGAS, L.K., FREIRE, J.R.J., BODANESE-ZANETTINI, M.H. & PASSAGLIA, L.M.P. 2008. Evaluation of genetic diversity of bradyrhizobia strains nodulating Soybean [*Glycine Max* (L) Merrill] isolated from South Brazilian fields. *Appl. Soil Ecol.* 38:261-269. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2007.10.016>
- GLICK, B.R. 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. *Can. J. Microbiol.* 41:109-114. <http://dx.doi.org/10.1139/m95-015>
- GLICK, B.R. 2003. Phytoremediation: synergistic use of plants and bacteria to clean up the environment. *Biotechnol. Adv.* 21:383-393. [http://dx.doi.org/10.1016/S0734-9750\(03\)00055-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0734-9750(03)00055-7)
- GRIME, J.P. 2001. *Plant strategies, vegetative processes and ecosystem properties*. John Wiley & Sons, Chichester
- HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T. & RYAN, P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.
- HAN, W.X., FANG, J.Y., GUO, D.L. & ZHANG, Y. 2005. Leaf nitrogen and phosphorus stoichiometry across 753 terrestrial plant species in China. *New Phytol.* 168:377-385. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8137.2005.01530.x>
- HIETZ, P., AUSSERER, J. & SCHINDLER, G. 2002. Growth, maturation and survival of epiphytic bromeliads in a Mexican humid montane forest. *J. Trop. Ecol.* 18:177-191. <http://dx.doi.org/10.1017/S0266467402002122>
- HOLST, B.K. & LUTHER, H.E. 2004. Bromeliaceae (bromeliad family). In *Flowering plants of the Neotropics* (N. Smith, S.A. Mori, A. Henderson, D.W. Stevenson, S.V. Heald, eds). Princeton University Press, Princeton, p.418-421.
- INSELSBACHER, E., CAMBUI, C.A., RICHTER, A., STANGE, C.F., MERCIER, H. & WANEK, W. 2007. Microbial activities and foliar uptake of nitrogen in the epiphytic bromeliad *Vriesea gigantea*. *New Phytol.* 175:311-320. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8137.2007.02098.x>
- KING, E.O., WARD, M.K. & RANEY, D.E. 1954. Two simple media for the demonstration of pyocyanin and fluorescein. *J. Lab. Clin. Med.* 44:301-307.
- KLOEPPER, J.K., SCHIPPERS, B. & BAKKER, P.A.H.M. 1992. Proposed elimination of the term endorhizosphere. *Phytopathol.* 82:726-727.
- KLOEPPER, J.W., LEONG, J., TEINTZE, M. & SCHORTH, M.N. 1980. Enhanced plant growth by siderophores produced by plant growth promoting rhizobacteria. *Nature* 286:885-886. <http://dx.doi.org/10.1038/286885a0>
- KLOEPPER, J.W., RYU, C.M. & ZHANG, S. 2004. Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus* spp. *Phytopathol.* 94:1259-1266. <http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO.2004.94.11.1259>

- LANDELL, M.F., BILLODRE, R., RAMO, J.P., LEONCINI, O., VAINSTEIN, M.H. & VALENTE, P. 2010. *Candida aechmeae* sp. nov. and *Candida vrieseae* sp. nov., novel yeast species isolated from the phylloplane of bromeliads in Southern Brazil. *Int. J. Syst. Evol. Microb.* 60:244-248. <http://dx.doi.org/10.1099/ijms.0.011577-0>
- LANDELL, M.F., INACIO, J., FONSECA, A., VAINSTEIN, M.H. & VALENTE, P. 2009. *Cryptococcus bromeliarum* sp. nov., an orange-coloured basidiomycetous yeast isolated from bromeliads in Brazil. *Int. J. Syst. Evol. Microb.* 59:910-913. <http://dx.doi.org/10.1099/ijms.0.005652-0>
- LANDELL, M.F., MAUTONE, J.N. & VALENTE, P. 2006. Biodiversity of yeasts associated to bromeliads in Itapuã Park, Viamão RS. *Biociências* 14:144-149.
- LINDOW, S.E. & BRANDL, M.T. 2003. Microbiology of the phyllosphere. *Appl. Environ. Microb.* 69:1875-1883. <http://dx.doi.org/10.1128/AEM.69.4.1875-1883.2003>
- LIPPMANN, B., LEINHOS, V. & BERGMANN, H. 1995. Influence of auxin producing rhizobacteria on root morphology and nutrient accumulation of crops I Changes in root morphology and nutrient accumulation in maize (*Zea mays* L.) caused by inoculation with indole-3-acetic acid (IAA) producing *Pseudomonas* and *Acinetobacter* strains or IAA applied exogenously. *Angew. Bot.* 69:31-36.
- LUCAS-GARCÍA, J.A., PROBANZA, A., RAMOS, B. & GUTIERREZ-MANERO, F.J. 2001. Genetic variability of rhizobacteria from wild populations of four *Lupinus* species based on PCR-RAPDs. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 164:1-7. [http://dx.doi.org/10.1002/1522-2624\(200102\)164:1%3C1::AID-JPLN1%3E3.0.CO;2-L](http://dx.doi.org/10.1002/1522-2624(200102)164:1%3C1::AID-JPLN1%3E3.0.CO;2-L)
- MANTELIN, S. & TOURAINE, B. 2003. Plant growth-promoting bacteria and nitrate availability: impacts on root development and nitrate uptake. *J. Exp. Bot.* 55:27-34. <http://dx.doi.org/10.1093/jxb/erh010>
- MAUTONE, J.N., LANDELL, M.F., FUENTEFRIA, A.M. & VALENTE, P. 2010. Phylloplane yeasts as a source of industrially interesting enzymes. *Braz. J. Biosci.* 8:169-173.
- MORTERSON, L.E. & THORNLEY, R.N.F. 1979. Structure and function of nitrogenase. *Annu. Rev. Biochem.* 48:387-418. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.bi.48.070179.002131>
- MOTA, F.S. 1951. Estudos do clima do estado do Rio Grande do Sul, segundo o sistema de W Köppen. *Rev. Bras. Geog.* 13:275-284.
- NEI, M. 1987. *Molecular evolutionary genetics* Columbia University Press, New York.
- NYMAN, L.P., DAVIS, J.P., O'DELL, S.J., ARDITTI, J., STEPHENS, G.C. & BENZING, D.H. 1987. Active uptake of amino acids by an epiphytic vascular plant, *Tillandsia paucifolia* (Bromeliaceae). *Plant Physiol.* 83:681-684. <http://dx.doi.org/10.1104/pp.83.3.681>
- PATTEN, C.L. & GLICK, B.R. 1996. Bacterial biosynthesis of indole-3-acetic acid. *Can. J. Microbiol.* 42:207-220. <http://dx.doi.org/10.1139/m96-032>
- POLY, F., MONROZIER, L.J. & BALY, R. 2001. Improvement in RFLP procedure to study the community of nitrogen fixers in soil through the diversity of *nifH* gene. *Res. Microbiol.* 152:95-103. [http://dx.doi.org/10.1016/S0923-2508\(00\)01172-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0923-2508(00)01172-4)
- PRESS, C.M., LOPER, J.E. & KLOEPPER, J.W. 2001. Role of iron in rhizobacteria-mediated induced systemic resistance of cucumber. *Phytopathology* 91:593-598. <http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO.2001.91.6.593>
- PUENTE, M.E. & BASHAN, Y. 1994. The desert epiphyte *Tillandsia recurvata* harbors the nitrogen-fixing bacterium *Pseudomonas stutzeri*. *Can. J. Bot.* 72:406-408. <http://dx.doi.org/10.1139/b94-054>
- RIO GRANDE DO SUL. Secretaria Estadual do Meio Ambiente - SEMA. 2006. Lista das Espécies Ameaçadas de Extinção no Rio Grande do Sul. <http://www.sema.rs.gov.br/sema/html/pdf/especies-ameacadaspdf>
- SAMBROOK, J. & RUSSEL, D.W. 2001. *Molecular Cloning: a laboratory manual*. Cold Spring Harbor, New York.
- SCHMIDT, G. & ZOTZ, G. 2002. Inherently slow growth in two Caribbean epiphytic species: a demographic approach. *J. Veg. Sci.* 13:527-534. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1654-1103.2002.tb02079.x>
- SCHWYN, B. & NEILANDS, J.B. 1987. Universal chemical assay for the detection and determination of siderophores. *Anal. Biochem.* 160:47-56. [http://dx.doi.org/10.1016/0003-2697\(87\)90612-9](http://dx.doi.org/10.1016/0003-2697(87)90612-9)
- SELDIN, L., VAN ELSAS, J.D. & PENIDO, E.G.C. 1983. *Bacillus* nitrogen fixers from Brazilian soils. *Plant Soil* 70:243-255. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02374784>
- SHANNON, C.E. & WEAVER, W. 1949. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana.
- SIDDIQI, Z.A. 2006. PGPR: Prospective biocontrol agents of plant pathogens In *PGPR: Biocontrol and Biofertilization* (Z.A. Siddiqui, ed.). Springer, Netherlands, p.111-142. http://dx.doi.org/10.1007/1-4020-4152-7_4
- STUNTZ, S. & ZOTZ, G. 2001. Photosynthesis in vascular epiphytes – a survey of diverse taxonomical origin. *Flora* 196:32-141.
- SYLVESTER-BRADLEY, R., ASAKAWA, N., LA TORRACA, S., MAGALHAES, F.M.M., OLIVEIRA, L. & PEREIRA, R.M. 1982. Levantamento quantitativo de microrganismos solubilizadores de fosfatos na rizosfera de gramíneas e leguminosas forrageiras na Amazônia. *Acta Amaz.* 12:15-22.
- TAPIA-HERNANDEZ, A., BUSTILLOS-CRISTALES, M.R., JIMENEZ-SALGADO, T., CABALLERO-MELLADO, J. & FUENTES-RAMIREZ, L.E. 2000. Natural endophytic occurrence of *Acetobacter diazotrophicus* in pineapple plants. *Microb. Ecol.* 39:49-55. <http://dx.doi.org/10.1007/s002489900190>
- VARGAS, L.K., LISBOA, B.B., GIONGO, A., BENEDEZI, A. & PASSAGLIA, L.M.P. 2010. Potential of rhizobia as plant growth promoting rhizobacteria In *Microbes for legume* (M.S. Khan, A. Zaidi & J. Musarrat, eds). Improvement Springer, Netherlands. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-211-99753-6_7
- VERSALOVIC, J., SCHNEIDER, M., DE BRUIJN, F.J. & LUPSKI, J.R. 1994. Genomic fingerprinting of bacteria using repetitive sequence-based polymerase chain reaction. *Meth. Mol. Cel. Biol.* 5:25-40.
- VINCENT, J.M. 1970. *A manual for the practical study of root nodule bacteria*. Blackwell, Oxford.
- WINKLER, U. & ZOTZ, G. 2009. Highly efficient uptake of phosphorus in epiphytic bromeliads. *Ann. Bot.* 103:477-484. <http://dx.doi.org/10.1093/aob/mcn231>

Received 12/05/2012

Revised 07/24/2013

Accepted 07/29/2013

Guia ilustrado de Leguminosae Juss. arbóreas do Corredor de Biodiversidade Santa Maria – PR

Thaís Regina Marcon^{1,2}, Livia Godinho Temponi¹, Darlene Gris¹ & Andréa Maria Teixeira Fortes¹

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Rua Universitária, 2069, Jd. Universitário, CEP 85819-110, Cascavel, PR, Brasil

²Autor para correspondência: Thaís Regina Marcon, e-mail: thaisregina.marcon@gmail.com

MARCON, T.R., TEMPONI, L.G., GRIS, D. & FORTES, A.M.T. **Illustrated Guide of Arboreal Leguminosae Juss. in the Corredor de Biodiversidade Santa Maria – PR.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?identification-key+bn03313032013>

Abstract: Leguminosae represents one of the leading families in floristic and phytosociological studies. Such variety can lead to difficulties in identification, particularly in sterile sample collection. The aim of this study was to prepare an illustrated guide with tips from the field, as well as an identification key addressing the major vegetative diagnostic features of Leguminosae trees from the Corredor de Biodiversidade de Santa Maria, which binds the protection strip of Itaipu Lake to the Iguaçu National Park. This corridor brings together several remnants of the Floresta Estacional Semidecidual in south-western Paraná and reforested areas. Samples have been collected in different areas of the corridor, three forest remnants (Iguaçu National Park, the Legal Reserve of Fazenda São José, Private Reserve of Natural Heritage Fazenda Santa Maria), and two reforested areas (Range Dry and Range of Itaipu Lake Protection). Legumes collected were photographed in the field, with prosumer camera, recording morphological and vegetative stem rhytidome, staining the inner bark and/or sapwood, exudate, analysis of the format of the leaflets, the presence of spines, glands, extrafloral nectaries, hairiness, and when present, reproductive structures. The samples were identified and housed at Herbário da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNOP). Were found 29 species of Leguminosae, for which were designed with guide plates, illustrating the main diagnostic vegetative characteristics, as well as a dichotomous key to assist in the identification of Leguminosae species present in southwestern Paraná. The specimen features trunk as rhytidome, inner bark and/or sapwood, shape and color of the leaflets, presence of exudate, prickles, hairiness, extrafloral nectaries or glands were of great value in the field, which allowed the identification of species of Leguminosae of the Corredor de Biodiversidade Santa Maria.

Keywords: *identification guide, dichotomous key, Fabaceae, vegetative characters.*

MARCON, T.R., TEMPONI, L.G., GRIS, D. & FORTES, A.M.T. **Guia ilustrado de Leguminosae Juss. Arbóreas do Corredor de Biodiversidade Santa Maria – PR.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?identification-key+bn03313032013>

Resumo: Leguminosae representa uma das principais famílias em estudos florísticos e fitossociológicos. Tal riqueza pode ocasionar dificuldades na identificação, principalmente em coletas de amostras estéreis. O objetivo do presente estudo foi elaborar um guia ilustrado com dicas de campo, bem como uma chave de identificação, abordando as principais características vegetativas diagnósticas das Leguminosae arbóreas do Corredor de Biodiversidade de Santa Maria, o qual une a Faixa de Proteção do Lago de Itaipu ao Parque Nacional do Iguaçu. O corredor reúne vários remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual do sudoeste do Paraná e áreas reflorestadas. Foram coletadas amostras em diferentes áreas do corredor, sendo três remanescentes florestais (Parque Nacional do Iguaçu, Reserva Legal da Fazenda São José, Reserva Particular do Patrimônio Natural da Fazenda Santa Maria), e duas áreas reflorestadas (Faixa Seca e Faixa de Proteção do Lago de Itaipu). As Leguminosae coletadas foram fotografadas ainda em campo, com câmera semiprofissional, registrando aspectos morfológicos vegetativos como tronco, ritidoma, coloração da casca interna e/ou albúrnio, presença de exsudato, formato dos folíolos, presença de acúleos, glândulas, nectários extraflorais, indumento e, quando presentes, estruturas reprodutivas. As amostras foram identificadas e adicionadas ao Herbário da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNOP). Foram encontradas 29 espécies de Leguminosae, para as quais foi elaborado um guia com pranchas, ilustrando as principais características vegetativas diagnósticas, bem como uma chave dicotômica, a fim de auxiliar na identificação das espécies de Leguminosae presentes no sudoeste do Paraná. Características do tronco como ritidoma, casca interna e/ou albúrnio, formato e coloração dos folíolos, presença de exsudato, acúleos, indumento, nectários extraflorais ou glândulas foram de grande valia em campo, pois permitiram a identificação das espécies de Leguminosae do Corredor de Biodiversidade de Santa Maria.

Palavras-chave: *guia de identificação, chave dicotômica, Fabaceae, caracteres vegetativos.*

Introdução

A Mata Atlântica, se estendia originalmente por aproximadamente 1.300.000 km² em 17 estados do território brasileiro (Campanili & Schaffer 2010). Atualmente os remanescentes nativos estão reduzidos a cerca de 7,5% de sua cobertura original, principalmente distribuídos em pequenos fragmentos isolados um dos outros em estágios médios de sucessão (Ribeiro et al. 2009). Mesmo reduzida e muito fragmentada, estima-se que na Mata Atlântica existam cerca de 20.000 espécies vegetais, cerca de 47% das espécies existentes no Brasil (Forzza et al. 2013), incluindo diversas espécies endêmicas e ameaçadas de extinção. Essa riqueza é maior que a de alguns continentes (17.000 espécies na América do Norte e 12.500 na Europa) e por isso a região da Mata Atlântica é altamente prioritária para a conservação da biodiversidade mundial (Brasil 2013), sendo listada entre os 25 *hotspots* mundiais (Myers et al. 2000).

O bioma Mata Atlântica abriga três formações florestais, segundo Câmara (1991): Florestas Ombrófilas Densas, Florestas Estacionais Semidecíduais ou Decíduais e Florestas Ombrófilas Mistas. As áreas do Corredor de Biodiversidade Santa Maria tem como formação vegetal predominante a Floresta Estacional Semidecidual, que se desenvolve em clima tropical e subtropical, apresentando dois períodos anuais bem marcados por chuvas e secas (Constantino et al. 2003). Apresenta espécies com folhas decíduas, onde 20 a 50% das árvores perdem as folhas no período seco - IBGE (Instituto... 2012) o que torna, temporariamente, o interior da floresta mais claro, possibilitando maior proliferação de lianas (Câmara 1991, Ramos et al. 2008) e consequente aumento da biodiversidade local.

As formações florestais encontram-se isoladas e diante desse cenário, destacam-se os corredores de biodiversidade, os quais fazem a conectividade entre remanescentes de ecossistemas naturais, possibilitando a dispersão dos genes da flora e fauna, neutralizando o “efeito ilha”, o que pode comprometer a variabilidade genética das espécies (Odum & Barret 2008, Campanili & Schaffer 2010). Desta maneira estudos florísticos tanto de áreas preservadas, quanto de fragmentos florestais e corredores de biodiversidade são de suma importância para levantar dados e comparar a ocorrência das espécies em diferentes regiões.

Uma das mais representativas famílias botânicas em estudos florísticos de espécies arbóreas no bioma Mata Atlântica é Leguminosae (Marangon et al. 2003, Rolim et al. 2006, Valério et al. 2008, Jacomassa 2010, Eltink et al. 2011), a qual é cosmopolita e possui a maior riqueza de espécies e ocorrência em quase todas as formações vegetacionais existentes no Brasil (Lewis 1987, Lewis et al. 2005, Lima et al. 2013), mesmo em estudos florísticos de áreas urbanas (Pestana et al. 2011, Snak et al. 2012).

Tamanho diversidade de espécies e ocorrência podem ocasionar dificuldades na identificação dos táxons, especialmente, quando as estruturas reprodutivas não estão presentes. A baixa ocorrência de espécies em estado fértil é frequente durante a realização de trabalhos com vegetação nativa ao longo do ano. Talora & Morellato (2000) apontam que a floração de muitas espécies arbóreas de florestas tropicais não ocorre com tanta frequência, podendo dificultar a coleta de amostras com caracteres férteis, tradicionalmente utilizados na identificação de espécies vegetais.

Guias ilustrados e chaves dicotômicas de identificação, baseados em características morfológicas vegetativas, são de grande importância no meio científico, pois possibilitam a identificação das espécies em qualquer período do ano, sem a necessidade de estruturas férteis (Eltink et al. 2011). Destacam-se os estudos de Braz et al. (2004), Urbanetz et al. (2010), Eltink et al. (2011) registrados para Mata Atlântica.

Diante dessa importância, o trabalho teve como objetivo facilitar a identificação de Leguminosae arbóreas em campo, através da elaboração de um guia ilustrado e uma chave de identificação, abordando as características vegetativas diagnósticas das espécies dos fragmentos de Mata Atlântica do Corredor de Biodiversidade de Santa Maria.

Material e Métodos

1. Área de estudo

O levantamento florístico das espécies de Leguminosae foi realizado no Corredor de Biodiversidade de Santa Maria, o qual visa unir remanescentes de Mata Atlântica do sudoeste do Paraná através da conexão entre áreas governamentais e privadas, que acabaram sendo isoladas pela degradação ambiental - IBAMA (Instituto... 2010).

O Corredor está localizado no sudoeste do Paraná, entre os municípios de Santa Terezinha de Itaipu e São Miguel do Iguaçu. Este corredor tem por objetivo ligar a Faixa de Proteção do Lago de Itaipu ao Parque Nacional do Iguaçu (ParNa Iguaçu), com uma distância de 15 km entre estas áreas (Itaipu 2010).

O Corredor Santa Maria é formado pela união de fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual – IBGE (Instituto... 2012) em diferentes estádios sucessionais e áreas reflorestadas, como demonstrado na Figura 1, obtida com o programa ArcGIS 10 - ESRI (Environment... 2010). Em um dos extremos do corredor encontram-se o Parque Nacional do Iguaçu (PNI), sendo a amostragem realizada na área de junção com o corredor, nas coordenadas 25° 53' 20.41" S e 54° 29' 09.77"; seguido da Reserva Legal da Fazenda São José (FS), que possui característica de fragmento secundário, localizado nas coordenadas 25° 52' 51.28" S e 54° 33' 37.09" O de mata ciliar do Rio Apepu; a Reserva Particular do Patrimônio Natural da Fazenda Santa Maria (FT), a qual é uma floresta nativa madura que abrange um território de 242 ha, situada nas coordenadas 25° 49' 19.89" S e 54° 36' 00.55" O; e matas ciliares que margeiam o Rio Bonito (FI), consideradas como fragmentos iniciais, localizado nas coordenadas 25° 45' 88.06" S e 54° 35' 40.00" O, com aproximadamente 30 ha, e que sofreram intensa degradação e atualmente passam por um processo de recuperação florestal natural. Além destes fragmentos naturais, o corredor inclui uma área reflorestada em 2003, representada pela Faixa Seca, um fragmento reflorestado inicial (FRi) assim chamado por ser uma área reflorestada da largura de uma mata ciliar (60 m), mas não apresentar curso d'água em sua extensão de, aproximadamente, 4 km, localizado entre as coordenadas 25° 48' 24.34" S e 54° 35' 46.26" O e no outro extremo do corredor a mata ciliar do Lago de Itaipu (FRt), implantada em 1979 no entorno do reservatório, com 2,9 mil quilômetros de extensão e uma largura média de 217 m, entre as coordenadas 25° 40' 23.03" e 54° 39' 46.50".

2. Coleta e identificação das espécies

As coletas de Leguminosae arbóreas foram realizadas mensalmente, no período de um ano, entre julho de 2011 e julho de 2012, em 54 parcelas permanentes de 20 × 20 m, previamente marcadas para trabalhos de fitossociologia, distribuídas entre as seis áreas ao longo do Corredor de Biodiversidade Santa Maria, totalizando uma área amostral com cerca de 2,2 ha.

Analisou-se o tronco e o ritidoma de cada indivíduo, observando as características da casca externa, como aparência, presença ou ausência de acúleos ou lenticelas. Para observações da casca interna e/ou albúrnio, tanto no quesito coloração quanto presença de exsudato, foram feitos cortes tangenciais ao eixo longitudinal dos troncos de cada uma das espécies ilustradas.

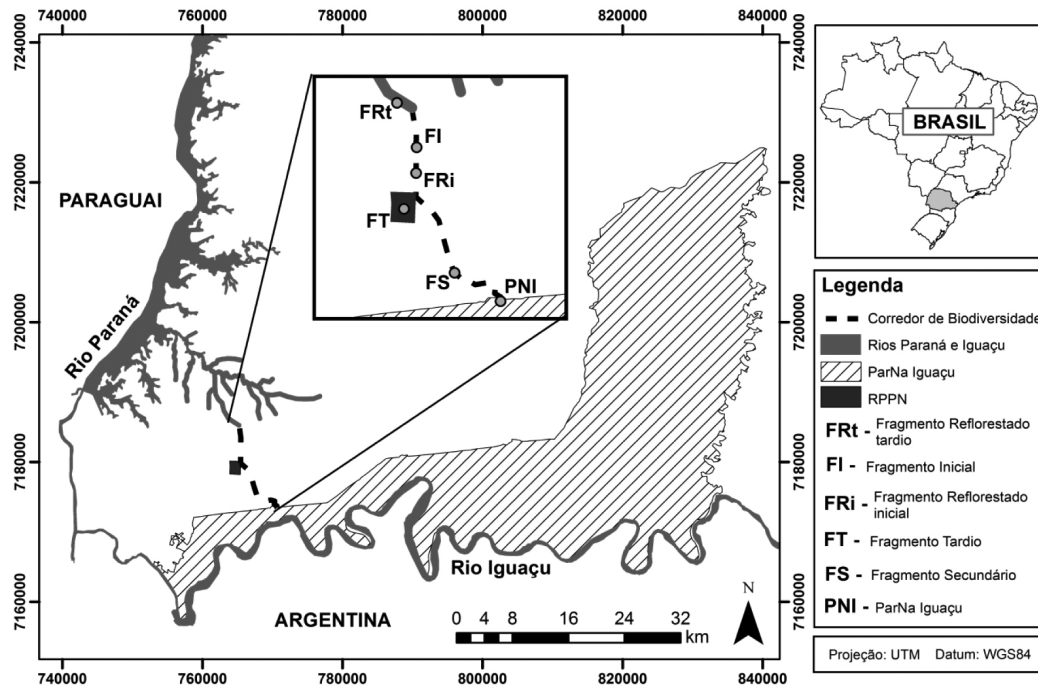


Figura 1. Área do Corredor de Biodiversidade Santa Maria, ligando a faixa de proteção na borda do Lago de Itaipu (FRt) ao Parque Nacional do Iguaçu (PNI). Fonte: ArcGIS 10 ESRI - (Environment... 2010).

Figure 1. Area of Corredor de Biodiversidade Santa Maria, connecting the protective strip on the edge of Lago de Itaipu (FRt) to the Parque Nacional do Iguaçu (PNI). Source: ArcGIS 10 ESRI - (Environment... 2010).

As amostras foram fotografadas com câmera semiprofissional Canon EOS Rebel T1i, ainda em campo, registrando características vegetativas das espécies, como ramos, folhas, folíolos, além de características diagnósticas, como glândulas, nectários extraflorais, acúleos, espinhos, indumento, entre outras. Para cada fotografia foi utilizada uma escala de tamanho, representada por régua escolar azul de 20 cm ou papel quadriculado em escala de 1 cm.

O guia de identificação das espécies foi construído através das fotografias realizadas em campo, as quais foram editadas no programa Corel PHOTO-PAINT X5 e montadas em prancha no programa CorelDRAW X5. Com análise de cada uma das espécies e seleção dos caracteres diagnósticos, uma chave de identificação foi elaborada, utilizando caracteres vegetativos de fácil observação e diagnósticos para cada uma das espécies.

Nas amostras férteis retrataram-se também os caracteres reprodutivos, flores e frutos, neste caso o material coletado foi preparado seguindo a metodologia de Bridson & Forman (2004), para incorporação no Herbário Estadual do Oeste do Paraná (UNOP).

As identificações das espécies basearam-se em chaves analíticas e consultas a bibliografias específicas (Barneby 1991, Sartori & Tozzi 2004, Carvalho 2003, 2006, Ramos et al. 2008, Silva & Tozzi 2012a, b), comparação das exsicatas em herbários e auxílio de especialistas, quando necessário.

A terminologia dos caracteres morfológicos gerais seguiram Gonçalves & Lorenzi (2011). Para morfologia e disposição dos folíolos utilizou-se Radford et al. (1974) e Ash et al. (1999). As características do tronco, ritidoma, casca interna e presença de exsudato foram classificadas segundo Ribeiro et al. (1999) e os nomes dos autores das espécies estão de acordo com a Lista de Espécies da Flora do Brasil (Lima et al. 2013) ou o *International Plant Name Index* - IPNI (International... 1999).

Resultados e Discussão

Foram observadas 29 espécies de Leguminosae na área de estudo, distribuídas em 24 gêneros, sendo apenas uma das espécies exótica do Brasil e 28 nativas. O número de espécies foi maior que o de outros levantamentos de arbóreas em Mata Atlântica, os quais listaram 11 espécies (Braz et al. 2004), cinco (Valério et al. 2008), 22 (Dionísio et al. 2010), 14 (Jacomassa 2010) e 16 espécies de Leguminosae (Eltink et al. 2011), comprovando a diversidade de ambientes na área estudada, além da eficiência do esforço amostral efetuado no presente estudo. Em áreas mais amplas, um número ainda maior (67) foi registrado apenas para espécies de Papilionoideae com diferentes hábitos de vida (Silva & Tozzi 2012a), refletindo a grande riqueza de espécies da família.

As espécies coletadas podem ser reconhecidas pela chave de identificação (Anexo 1), pelas dicas de campo da Tabela 1 e pelas Figuras 2-16, onde estão ilustradas as principais características morfológicas das espécies encontradas.

A maioria das espécies encontradas possuem tronco único, exceto *Mimosa bimucronata* (DC.) Kuntze que caracteriza-se pela capacidade de produzir diversos troncos, chamada assim de planta cespitosa (Ribeiro et al. 1999).

Quanto ao aspecto do tronco encontrado nas espécies coletadas, o circular teve maior ocorrência, porém para algumas espécies foram encontrados troncos com aspecto acanalado, quando a secção é irregular com depressões e elevações longitudinais encontrado em *Holocalyx balansae* Micheli (Figura 7g) e *Machaerium stipitatum* Vogel (Figura 11a), cristado definido por apresentar projeções longitudinais agudas na forma de cristas ou arestas, observado em *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* (Benth.) Altschul. (Figura 2a) e *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr. (Figura 13g).

Tabela 1. Lista das espécies de Leguminosae encontradas ao longo do Corredor de Biodiversidade de Santa Maria com seus respectivos nomes populares, números das fotos com as pranchas de cada espécie e características vegetativas diagnósticas, Cascavel – PR, 2012.**Table 1.** List of Leguminosae species found along the Corredor de Biodiversidade de Santa Maria with their popular names, numbers of photos with illustrated boards of each species and vegetative diagnostic characteristics, Cascavel - PR, 2012.

Espécie/ nome popular	Figura/ voucher	Dicas de campo
<i>Anadenanthera peregrina</i> var. <i>falcata</i> (Benth.) Altschul./ angico-do-cerrado	Figura 2a-f UNOP 7963	Tronco fortemente cristado com projeções em forma pontiagudas, casca interna laranja-amarelada, nectário extrafloral elíptico na base do pecíolo.
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr./ grápia	Figura 2g-k UNOP 6730	Ritidoma com depressões (cicatrizes arredondadas), casca interna com anéis laranja-rosado, ramo com folíolos alternos discolores, variando de oval, elíptico, oblongo a oboval, sendo os apicais maiores que os basais, face abaxial com nervura central amarela evidente.
<i>Bauhinia forficata</i> Link./ pata-de-vaca	Figura 3a-g UNOP 7326 UNOP 5458	Ritidoma com estrias ou sulcos rasos, folíolos discolores bilobados fundidos até próximo à região mediana da raque, face abaxial com nervuras evidentes, pares de acúleos na inserção dos ramos.
<i>Calliandra foliolosa</i> Benth./ quebra-foice	Figura 3h-o UNOP 7343	Casca interna com fibras de coloração rosa e esbranquiçada, ramos e folhas com indumento claro, estípulas foliáceas castanhas e com indumento.
<i>Cassia leptophylla</i> Vogel/ falso-barbatimão	Figura 4a-d UNOP 4846	Casca interna e alburno esbranquiçados, ramo com indumento, folhas imparipinadas, folíolos opostos elípticos concolores, com ápice agudo e base assimétrica, face abaxial com nervura central amarela evidente.
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf./ copaiba	Figura 4 e-j MBM 186785	Tronco jovem com ritidoma com estrias vermelhas e maduro com alburno esbranquiçado e exsudato vermelho, folíolos subopostos, apicais maiores que os basais, ápice arredondado, levemente retuso e base obtusa, glândulas translúcidas em forma de pontos no limbo.
<i>Dahlstedtia muehlbergiana</i> (Hassl.) M.J.Silva & A.M.G.Azevedo / timbó-graúdo	Figura 5a-f UNOP 7329	Ritidoma escamoso, casca interna amarelada, folíolos discolores com ápice acuminado e base obtusa a arredondada, face abaxial com nervuras centrais e laterais evidentes.
<i>Dalbergia frutescens</i> (Vell.) Britton/ rabo-de-bugio	Figura 5g-m UNOP 7952	Tronco reto, com hábito escandente, ritidoma rugoso, casca interna esbranquiçada, ramo escandente torcido, folíolos ovais a elípticos, ápice obtuso a acuminado e base obtusa, face adaxial lustrosa e abaxial opaca puberulenta.
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong/ timbaúva	Figura 6a-g UNOP 4879	Ritidoma com lenticelas, alburno rosado, nectários extraflorais arredondados entre os pares de folíolos levemente discolores, planta totalmente glabra.
<i>Erythrina falcata</i> Benth./ mulungu, corticeira	Figura 6h-l UNOP 7958	Ritidoma com sulcos profundos, par de nectários extraflorais na inserção dos folíolos, folíolos discolores, elípticos a oblongos, ápice acuminado e base arredondada, nervura central evidente na face abaxial, ramo com folhas trifolioladas.
<i>Gleditsia amorphoides</i> (Griseb.) Taub./ sucará	Figura 7a-f UNOP 7967	Ritidoma rugoso com lenticelas e espinhos ramificados e alburno esbranquiçado, três gemas acessórias axiais na inserção das folhas, ramo com folhas pinadas e bipinadas, folíolos com bordas crenadas, forma e tamanho irregulares, bordas crenadas.
<i>Holocalyx balansae</i> Micheli/ alecrim	Figura 7g-j UNOP 7964	Tronco acanalado com reentrâncias, casca interna rosada em indivíduo maduro e esbranquiçada em jovens, ramo com folhas pinadas, folíolos estreitamente elípticos com base assimétrica e nervura actinódroma.
<i>Inga marginata</i> Willd./ ingá-feijão	Figura 8a-g UNOP 7959	Casca interna rosada, folíolos elípticos, ápice acuminado e base aguda, raque alada com nectário extrafloral arredondado, entre os pares de folíolos glabros.
<i>Inga striata</i> Benth./ ingá-de-folha-peluda	Figura 8h-l UNOP 8120	Casca interna amarela-rosada, indumento castanho na raque alada e nas nervuras, uma nectário extrafloral arredondado entre cada par de folíolos, folíolos discolores, elíptico-ovado, ápice agudo e base obtusa, face abaxial mais clara com nervura evidente.
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit/ leucena	Figura 9a-g UNOP 4893	Ritidoma com lenticelas em linhas verticais, casca interna rosada e alburno fibroso amarelado, nectário extrafloral vistoso e arredondado na porção apical do pecíolo, folíolos discolores.
<i>Lonchocarpus cultratus</i> (Vell.) A.M.G.Azevedo & H.C.Lima / rabo-de-bugio	Figura 9h-l MBM 342286	Casca interna amarelada, folíolos opostos apicais elípticos e folíolos basais ovais, folíolos com ápice acuminado e discolores, face abaxial tomentosa com nervura central amarela evidente.
<i>Machaerium nycitans</i> (Vell.) Benth./ mau-vizinho	Figura 10a-f MBM 251208	Ritidoma com sulcos profundos sem desprendimento evidente, ramo com espinhos aos pares, indumento castanho nos folíolos alternos, raque e nervuras, folíolos oblongos com ápice e base arredondados.
<i>Machaerium paraguayense</i> Hassl./ farinha-seca	Figura 10g-k UNOP 7962	Ritidoma escamoso, casca interna rosa com exsudato vermelho, folíolos ovais, ápice acuminado e base arredondada, face abaxial com nervura central evidente.
<i>Machaerium stipitatum</i> Vogel/ sapuva	Figura 11a-f UNOP 4867	Tronco acanalado, ritidoma escamoso, casca interna marrom com exsudato vermelho e alburno branco, tronco jovem com casca interna vermelha e exsudato vermelho, folíolos apicais elípticos e basais ovais, ápice agudo a emarginado e base obtusa a aguda.

Tabela 1. Continuação...

Table 1. Continued...

Espécie/ nome popular	Figura/ voucher	Dicas de campo
<i>Mimosa bimucronata</i> (DC.) Kuntze/ maricá	Figura 11g-l UNOP 7956	Planta cespitosa, ritidoma com sulcos profundos, sem desprendimento evidente e com acúleos, casa interna esbranquiçada e fibrosa, ramo com estípula persistente, folhas bipinadas.
<i>Myroxylon peruiferum</i> L. f./ bálsamo	Figura 12a-e MBM 243563	Casca interna compacta branca, folíolos alternos elípticos a ovais, ápice emarginado e base arredondada, face abaxial com nervura central amarela evidente, das glândulas translúcidas em forma de traços no limbo.
<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan/ angico-da-mata	Figura 12f-k UNOP 7955	Ritidoma desprendendo-se em placas em indivíduo maduro, casca interna compacta rosada, nectário extrafloral elíptico na base do pecíolo.
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub./ canafistula	Figura 13a-f UNOP 7965	Ritidoma com sulcos profundos sem desprendimento evidente, casca interna rosa a avermelhada, indumento castanha na raque e em ramos jovens, estípula foliácea.
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F.Macbr./ pau-jacaré	Figura 13g-m UNOP 7299	Tronco cristado, ritidoma e com lâminas perpendiculares, casca interna esbranquiçada, ramo com acúleos, nectários extraflorais arredondados no início do pecíolo e no último par de folíolos.
<i>Poincianella pluviosa</i> (DC.) L.P. Queiroz/ sibipiruna	Figura 14a-g UNOP 4465	Tronco circular, ritidoma rugoso, casca interna esbranquiçada, gemas globosas com indumento castanho.
<i>Pterogyne nitens</i> Tul./ amendoim	Figura 15a-e MBM 257182	Ritidoma com lenticelas dispersas, albarno com estrias rosa-esbranquiçadas, folhas terminando em apêndice na raque, folíolos elípticos a oblongos, ápice arredondado e base obtusa, face abaxial com nervura central evidente.
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake/ guapuruvu	Figura 15f-k UNOP 7961	Ritidoma rugoso com cicatrizes horizontais da inserção das folhas, albarno rosado e estriado, ramos jovens clorofilados, folha com até 1m de comprimento, indumento viscoso nos ramos, raque e folíolos.
<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose/ monjoleiro	Figura 16a-h UNOP 8118	Ritidoma rugoso com acúleos, casca interna vermelha em indivíduos maduros e esbranquiçada em jovem, acúleos também presentes na raque, nectário extrafloral circular a oval na base do pecíolo e nectário extrafloral arredondado entre os pares de folíolos apicais.
<i>Senegalia recurva</i> (Benth.) Seigler & Ebinger/ angico-preto	Figura 16i-p UNOP 7966	Tronco circular com sulcos profundos e sem desprendimento evidente, casca interna compacta e esbranquiçada, acúleos nos ramos e na raque, um nectário extrafloral alongado no pecíolo e arredondado entre 3 a 6 pares de folíolos apicais.

O ritidoma liso não apresenta nenhuma forma de desprendimento, fissuras ou lenticelas e de maneira geral são exceções na floresta e nenhuma das espécies estudadas apresentou esse tipo de casca externa. Já o ritidoma rugoso apresenta anéis proeminentes que tornam a superfície acidentada e este é o tipo mais frequentemente encontrado, ocorrendo em *Dalbergia frutescens* (Vell.) Britton (Figura 5g), *Holocalyx balansae* Micheli (Figura 7g), *Inga marginata* Willd. (Figura 8a), *Inga striata* Benth. (Figura 8h), *Lonchocarpus cultratus* (Vell.) (Figura 9h), *Myroxylon peruiferum* L. f. (Figura 12a), *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan (Figura 12f) e *Poincianella pluviosa* (DC.) L. P. Queiroz (Figura 14a). O ritidoma pode ser ainda áspero, o qual possui fendas profundas e irregulares como observado em *Calliandra foliolosa* Benth. (Figura 3h) e *Cassia leptophylla* Vogel. (Figura 4a). Alguns ritidomas podem apresentar placas lenhosas grandes com desprendimento evidente, como observado no tronco maduro de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Figura 4g) ou com depressões ou cicatrizes arredondadas deixadas pelo desprendimento de placas como em *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr. (Figura 2g). Outros tipos de ritidoma são o laminado, marcado pelo desprendimento de lâminas finas ou o escamoso, que é coberto por placas irregulares de desprendimento, como é o caso de *Dahlstedtia muehlbergiana* (Hassl.) M.J.Silva & A.M.G.Azevedo (Figura 5a), *Machaerium paraguayense* Hassl. (Figura 10g) e *Machaerium stipitatum* Vogel (Figura 11a).

Os ritidomas sem desprendimento evidente podem ser ainda reticulados, quando o aspecto do tronco é definido por pequenos retículos quadrados aderidos ou fissurados (fendido ou estriado), quando o ritidoma possui sulcos longitudinais rasos ou estrias como é o caso de *Bauhinia forficata* Link. (Figura 3a) e o tronco

jovem de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Figura 4e) ou com sulcos profundos como observado em *Erythrina falcata* Benth. (Figura 6h), *Machaerium nyctitans* (Vell.) Benth. (Figura 10a), *Mimosa bimucronata* (DC.) Kuntze (Figura 11g), *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. (Spreng.) Taub. (Figura 13a) e *Senegalia recurva* (Benth.) Seigler & Ebinger (Figura 16i).

O ritidoma pode possuir lenticelas que podem ser dispersas, tipo característico em *Pterogyne nitens* Tul. (Figura 15a), em linhas horizontais como observado em *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Figura 6a) e *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake (Figura 15f) e em linhas verticais visto apenas em *Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Wit. (Figura 9a). Alguns ritidomas apresentam espinhos ou acúleos os como vistos em *Gleditsia amorphoides* (Griseb.) Taub. (Figura 7a) e *Senegalia polyphylla* (DC.) Britton & Rose (Figura 16a), respectivamente.

A coloração avermelhada da casca interna foi encontrada em espécies como *Machaerium stipitatum* Vogel (Figura 11b), *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan (Figura 12g), *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. (Figura 13b), *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake (Figura 15g) e em caules maduros de *Senegalia polyphylla* (DC.) Britton & Rose (Figura 16a), sendo um dos itens citado por Ramos et al. (2008) no guia de identificação para diferenciar as espécies.

O exsudato é um líquido que liberando quando a planta é cortada, frequentemente encontrado nas Leguminosae na forma de goma, a qual é uma substância composta de polissacarídeos, semelhante à resina, porém não possui odor e é solúvel em água (Ribeiro et al. 1999, Carvalho 2003, 2006, Ramos et al. 2008). As espécies *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr. (Figura 2h), *Copaifera langsdorffii*

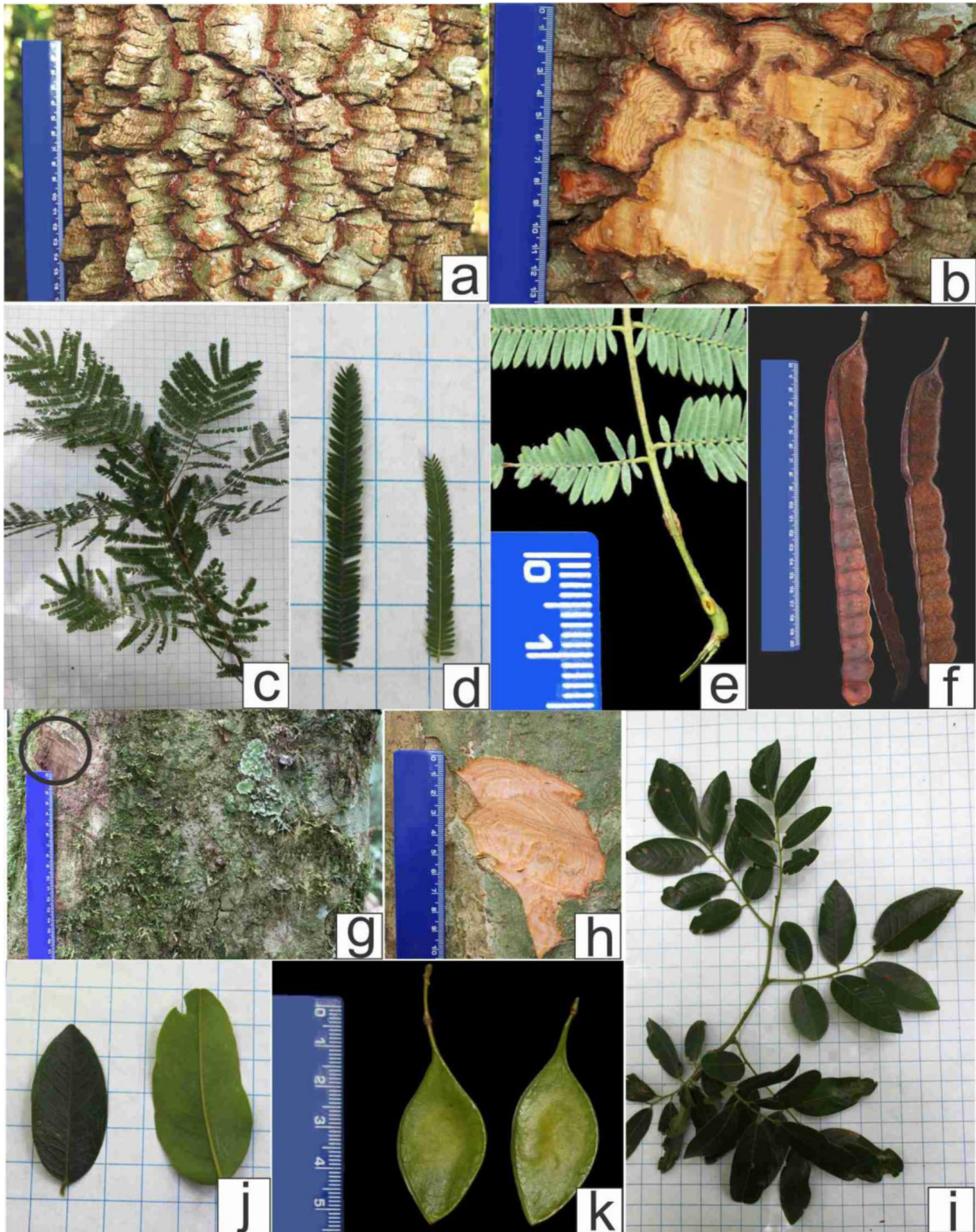


Figura 2. *Anadenanthera peregrina* var. *falcata*: a: tronco fortemente cristado com projeções agudas; b: casca interna compacta com coloração laranja-amarelada; c: ramo; d: folíolos face adaxial (esquerda) e face abaxial (direita); e: folha com nectário extrafloral elíptico na base do pecíolo; f: frutos. *Apuleia leiocarpa*: g: tronco circular, ritidoma com depressões (cicatriz arredondadas); h: casca interna com anéis laranja-rosado; i: ramo com folíolos variando de oval, elíptico, oblongo a oboval, sendo os apicais maiores que os basais; j: folíolos discolors, face adaxial (esquerda) e face abaxial (direita) com nervura central amarela evidente; k: fruto. Cascavel – PR, 2013.

Figure 2. *Anadenanthera peregrina* var. *falcata*: a trunk strongly crested with sharp projections b: yellowish-orange compact inner bark c: branch d: leaflets adaxial (left) and abaxial (right) e: sheet of elliptical extrafloral nectaries at the base of the petiole f: fruits. *Apuleia leiocarpa*: g: circular trunk, rhytidome with depressions (rounded scars) h: inner bark with pinkish orange rings; i: branch with leaflets ranging from oval, elliptical, oblong to oboval, being larger than the apical basal; j: discolor leaflets, adaxial (left) and abaxial (right) with yellow midrib evident; k: fruit. Cascavel – PR, 2013.

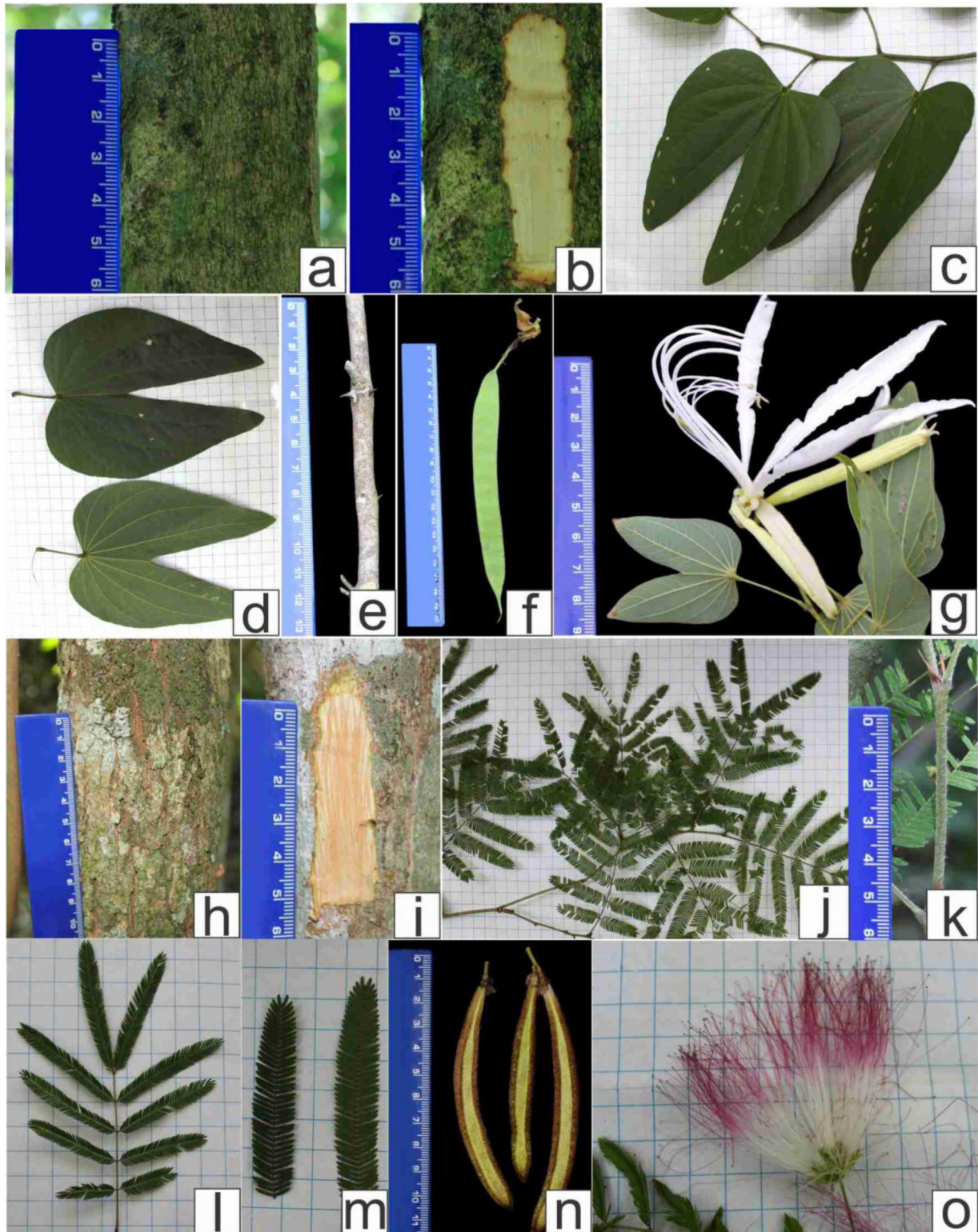


Figura 3. *Bauhinia forficata*: a: tronco circular, ritidoma com estrias ou sulcos rasos, sem desprendimento evidente; b: casca interna amarela fibrosa; c: parte do ramo; d: folíolos bilobados fundidos até próximo à região mediana da raque, discolors, ápice agudo e base cordata, face adaxial (acima) e face abaxial (abaixo) com nervuras evidentes; e: pares de acúleos na inserção dos ramos; f: fruto; g: ramo com flor. *Calliandra foliolosa*: h: tronco circular, ritidoma áspero; i: casca interna com fibras de coloração rosa e esbranquiçada; j: ramo; k: ramo com indumento claro e estípulas foliáceas com indumento castanho; l: folha bipinada; m: folíolos, face adaxial (esquerda) e abaxial (direita); n: fruto com indumento castanho; o: flor com numerosos estames. Cascavel – PR, 2013.

Figure 3. *Bauhinia forficata*: a: circular trunk, rhytidome with shallow grooves or striations, without apparent detachment b: yellow fibrous inner bark c: branch part d: fused leaflets bilobed to near the midline of the rachis, discolor, acute apex and base cordata, adaxial (above) and the abaxial (below) with ribs evident, 'and' pair of spines in the insertion of the branches f: product, g: bouquet with flower. *Calliandra foliolosa*: h: circular trunk, rough rhytidome; i: pink or whitened inner bark fibers j: branch k: hairiness branch with clear and stipules foliaceous with brown indument; l: bipinnate leaf; m: leaflets, face adaxial (left) and abaxial (right), n: fruit with brown indument, o: flower with numerous stamens. Cascavel – PR, 2013.

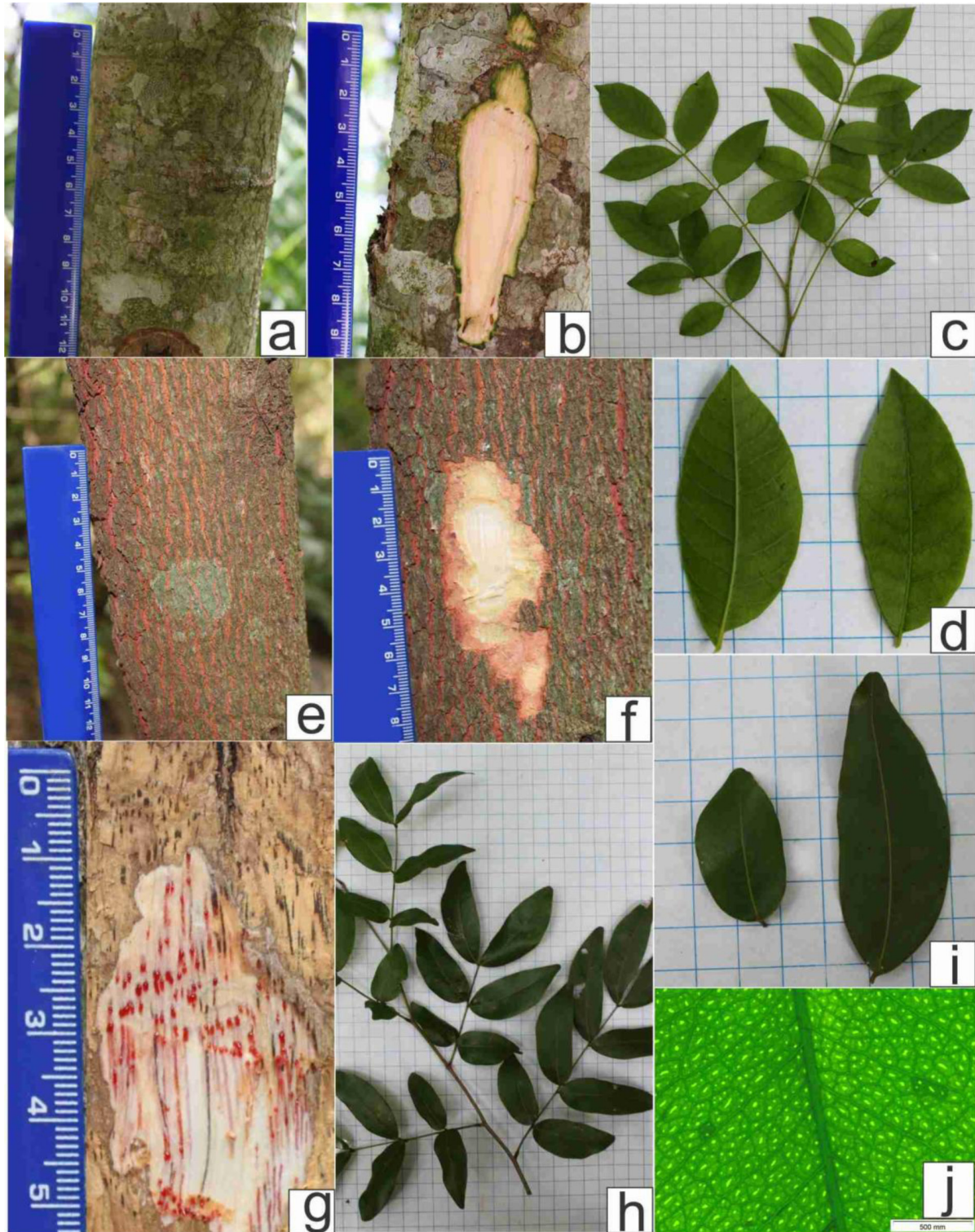


Figura 4. *Cassia leptophylla*: a: tronco circular, ritidoma áspero; b: casca interna e albarno esbranquiçados; c: ramo com indumento; d: folíolos elípticos concolores, com ápice agudo e base assimétrica, face abaxial (esquerda) com nervura central amarela evidente e face adaxial (direita). *Copaifera langsdorffii*: e: tronco jovem circular, ritidoma com estrias vermelhas; f: casca interna rosada compacta e albarno esbranquiçado; g: tronco maduro circular, ritidoma com placas lenhosas grandes, casca interna compacta e albarno do indivíduo maduro com exsudato vermelho; h: ramo com folíolos subopostos, apicais maiores que os basais; i: folíolos elípticos a oblongos, ápice arredondado, levemente retuso e base obtusa, face adaxial (esquerda) e face abaxial (direita); j: detalhe das glândulas translúcidas no limbo da folha. Cascavel – PR, 2013.

Figure 4. *Cassia leptophylla*: a: circular trunk, rough rhytidome b: whitened inner bark and sapwood c: branch with hairiness; d: concolores elliptical leaflets, with acute apex and asymmetric base, abaxial (left) with yellow midrib evident and adaxial (right). *Copaifera langsdorffii*: e: young circular trunk, rhytidome with red streaks f: pink compact inner bark and whitened sapwood g: mature circular trunk, rhytidome with large woody plates, compact inner bark and sapwood of mature guy with red exudate, h: branch; i: sub opposite sheet leaflets, larger apical to the basal j: elliptic to oblong leaflets, apex rounded, slightly retuse and obtuse base, adaxial (left) and abaxial (right); j: detail translucent glands in leaves. Cascavel – PR, 2013

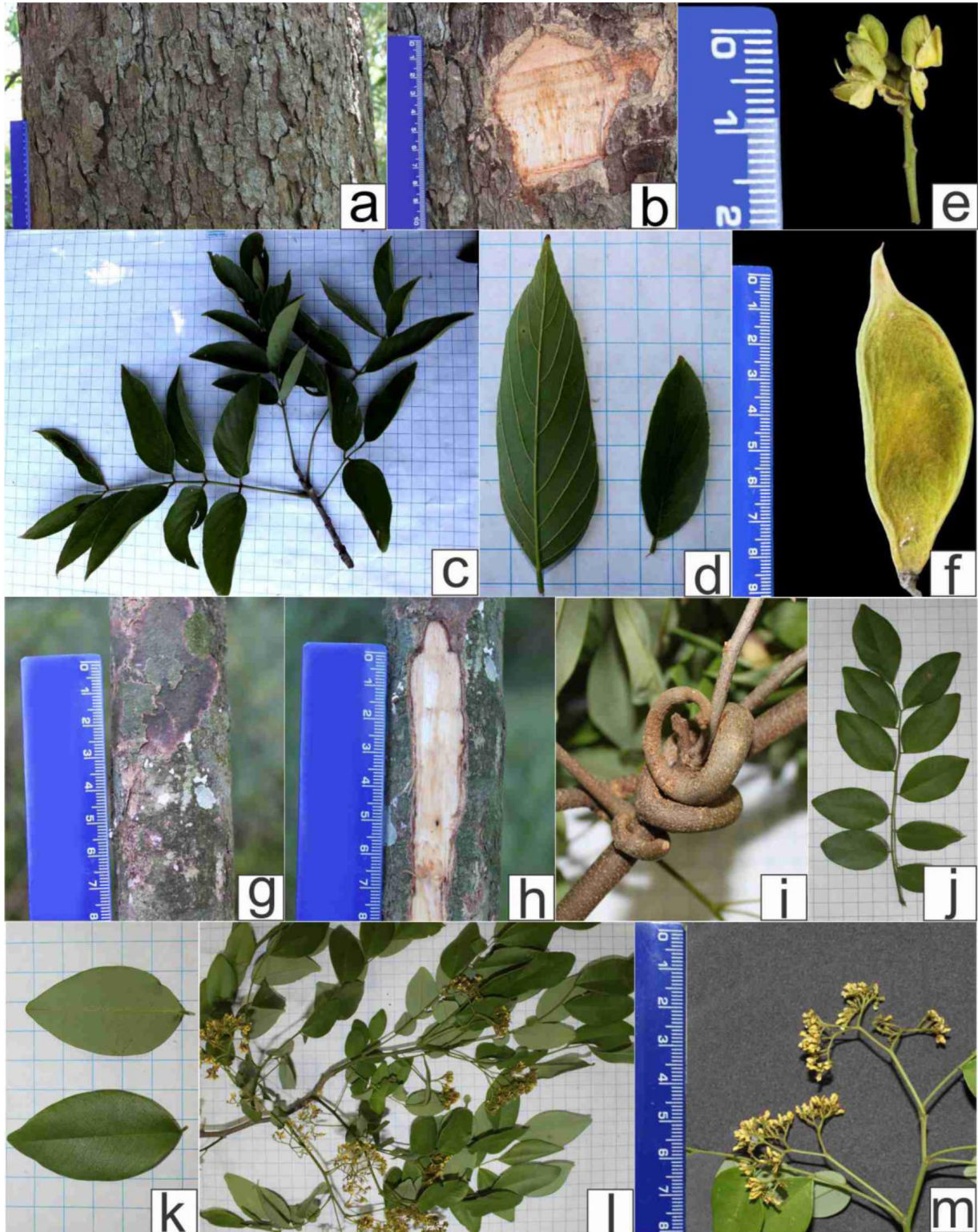


Figura 5. *Dahlstedtia muehlbergiana*: a: tronco circular, ritidoma escamoso; b: casca interna amarelada; c: ramo; d: folíolos discolores, variando de oval a elíptico, com ápice acuminado e base obtusa a arredondada, face abaxial (esquerda) com nervuras centrais e laterais evidentes e face adaxial (direita); e: flores amareladas; f: fruto com indumento castanho. *Dalbergia frutescens*: g: tronco reto, com hábito escandente, ritidoma rugoso; h: casca interna esbranquiçada; i: ramo escandente torcido; j: folha; k: folíolos ovais a elípticos, ápice obtuso a acuminado e base obtusos, face adaxial lustrosa (esquerda) e abaxial opaca, puberulenta (direita); l: ramo com inflorescências; m: inflorescências amarelas. Cascavel – PR, 2013.

Figure 5. *Dahlstedtia muehlbergiana*: a: circular trunk, scaly rhytidome; b: yellowish inner bark; c: branch; d: discolored leaflets, ranging from oval to elliptic, with acuminate apex and obtuse to rounded base, abaxial (left) with central ribs and apparent lateral and adaxial (right); e: yellowish flowers; f: fruit with brown indument. *Dalbergia frutescens*: g: straight trunk with scandent habit, rough rhytidome; h: whitened inner bark; i: scandent twined branch; j: leaf; k: ovate to elliptic leaflets, obtuse apex and obtuse to acuminate base, glossy adaxial (left) and opaque abaxial, hairy (right); l: branch with inflorescences; m: yellow inflorescences. Cascavel – PR, 2013.

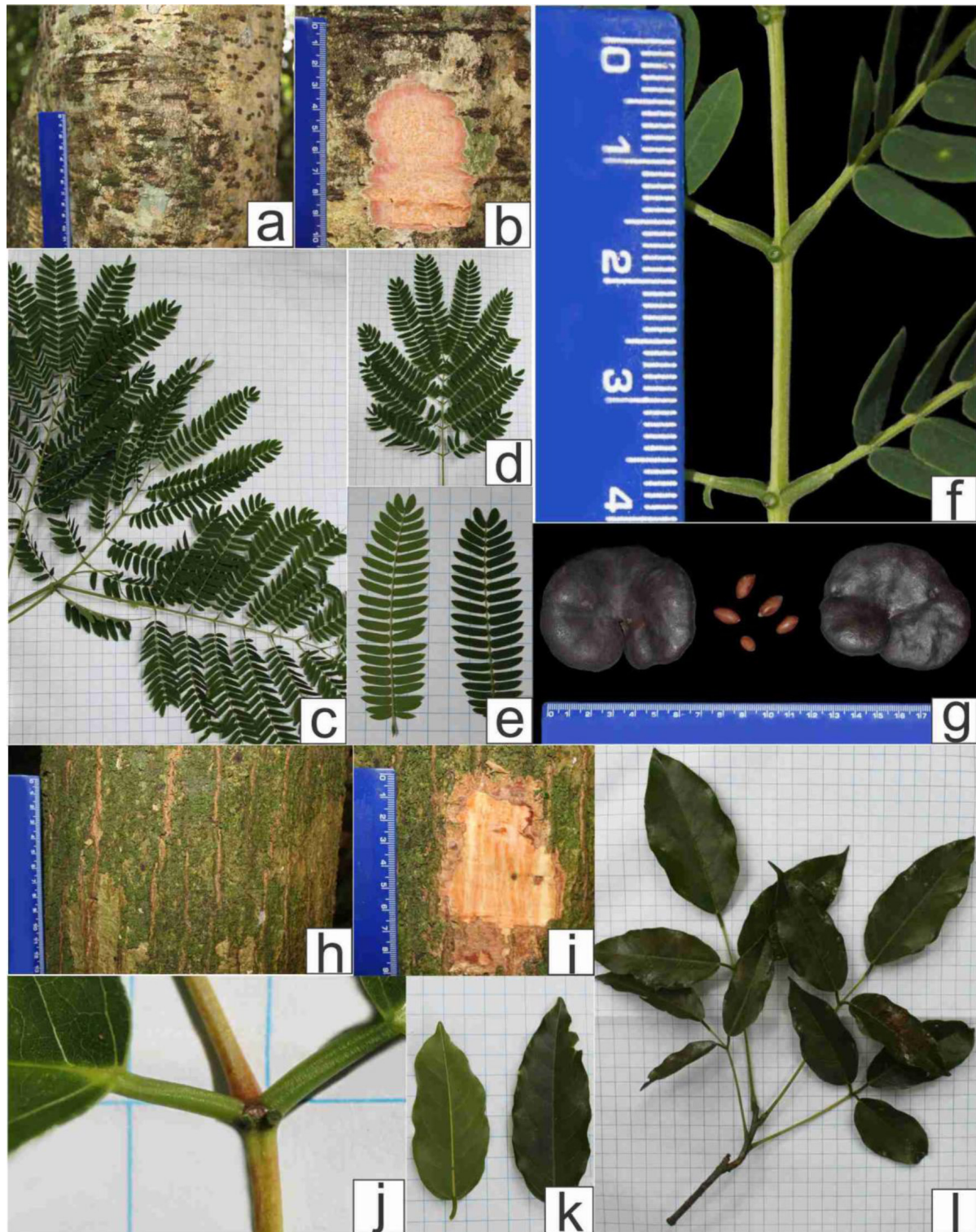


Figura 6. *Enterolobium contortisiliquum*: a: tronco circular, ritidoma com lenticelas horizontais; b: casca interna compacta rosada; c: ramo; d: folha bipinada; e: folíolos levemente discolors, face abaxial (esquerda) e face adaxial (direita); f: nectário extrafloral arredondado entre cada par de folíolos; g: frutos e sementes. *Erythrina falcata*: h: tronco circular, ritidoma com sulcos profundos e sem desprendimento evidente; i: casca interna suberosa e alburno com fibras de colorações distintas (esbranquiçada e laranjada); j: par de nectários extraflorais na inserção dos folíolos; k: folíolos discolors elípticos a oblongos, ápice agudo a acuminado e base arredondada, face abaxial (esquerda) mais clara com nervura central evidente e face adaxial (direita); l: ramo armado com folhas trifolioladas. Cascavel – PR, 2013.

Figure 6. *Enterolobium contortisiliquum*: a: circular trunk, rhytidome with horizontal lenticels b: pinkish compact inner bark pinkish c: branch d: bipinnate leaf: and, slightly discolor leaflets, abaxial (left) and adaxial (right) f: rounded extrafloral nectary between each pair of leaflets g: fruits and seeds. *Erythrina falcata*: h: circular trunk, rhytidome with deep furrows and without apparent detachment i: suberous inner bark and sapwood fibers with distinct colors (off-white, and orange juice); j: pair of extrafloral nectaries at the insertion of the leaflets; k: discolor elliptic to oblong leaflets, acute to acuminate apex and rounded base, abaxial (left) with lighter midrib evident and adaxial (right), l: branch armed with trifoliate leaves. Cascavel – PR, 2013.

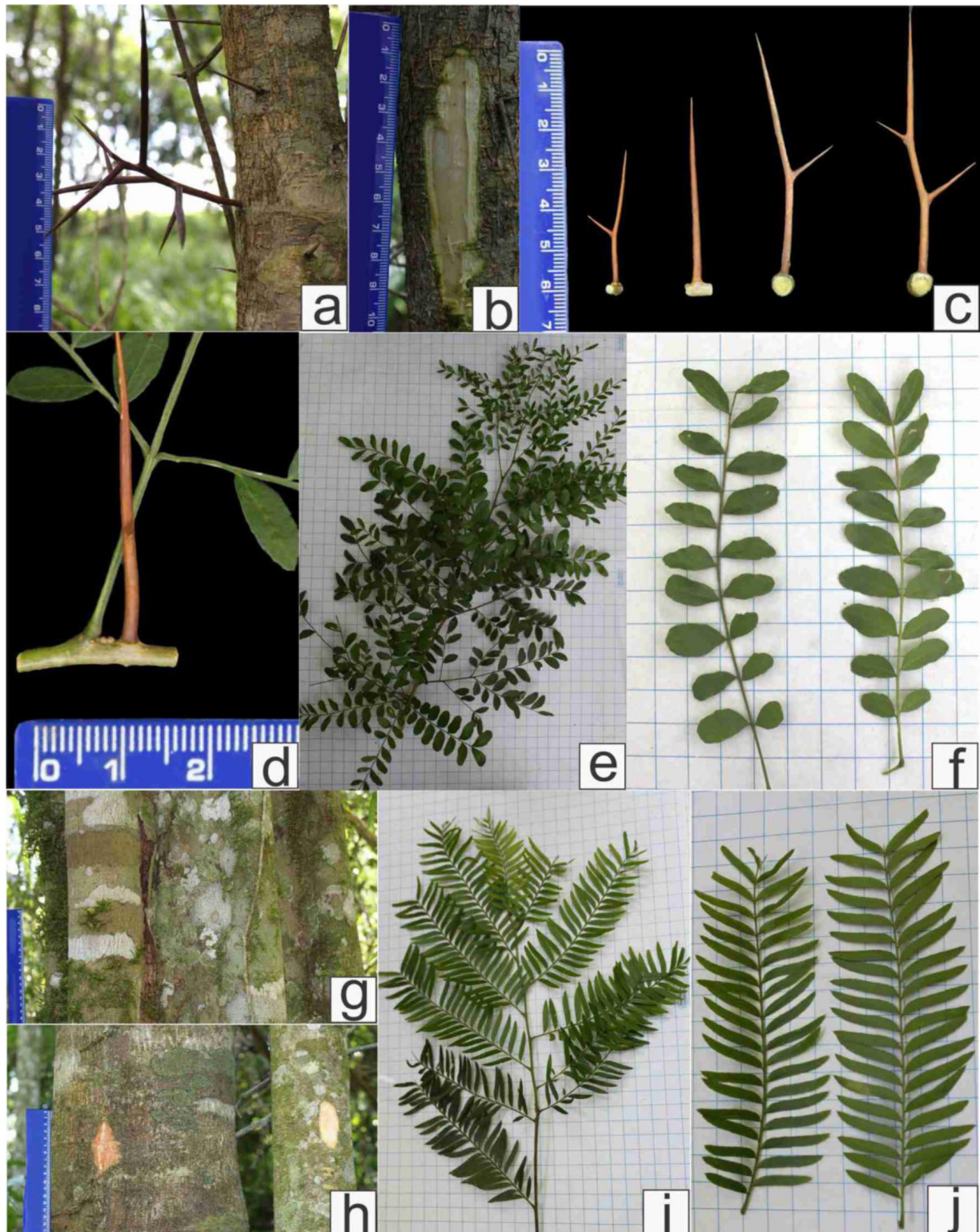


Figura 7. *Gleditsia amorphoides*: a: tronco circular, ritidoma rugoso com lenticelas e espinhos ramificados; b: casca interna compacta e alburo esbranquiçado; c: espinhos ramificados; d: três gemas acessórias axiais entre a inserção do pecíolo e os acúleos; e: ramo com folhas pinadas e bipinadas; f: folíolos face adaxial (esquerda) e face abaxial (direita) com forma e tamanho irregulares. *Holocalyx balansae*: g: tronco acanalado, com reentrâncias; h: ritidoma rugoso, casca interna rosada em indivíduo maduro e esbranquiçada em jovens; i: ramo com folhas pinadas, pecíolo com indumento; j: folíolos estreitamente elípticos, base assimétrica, ápice acuminado, face adaxial (esquerda) e abaxial (direita). Cascavel – PR, 2013.

Figure 7. *Gleditsia amorphoides*: a: circular trunk, rough rhytidome with lenticels and branched spines b: compact inner bark and whitened sapwood c: branched spines d: three ancillary axial Gems between the insertion of the petiole and thorns; e: branch with leaves pinnate and bipinnate; f: leaflets adaxial (left) and abaxial (right) with irregular shape and size. *Holocalyx balansae*: g: slotted, recessed trunk h: rough rhytidome, inner bark pinkish in individual mature and whitened in young, i: branch with pinnate leaves, petioles with hairiness; j: narrowly elliptic leaflets, asymmetrical base, acuminate apex, adaxial (left) and abaxial (right). Cascavel – PR, 2013.

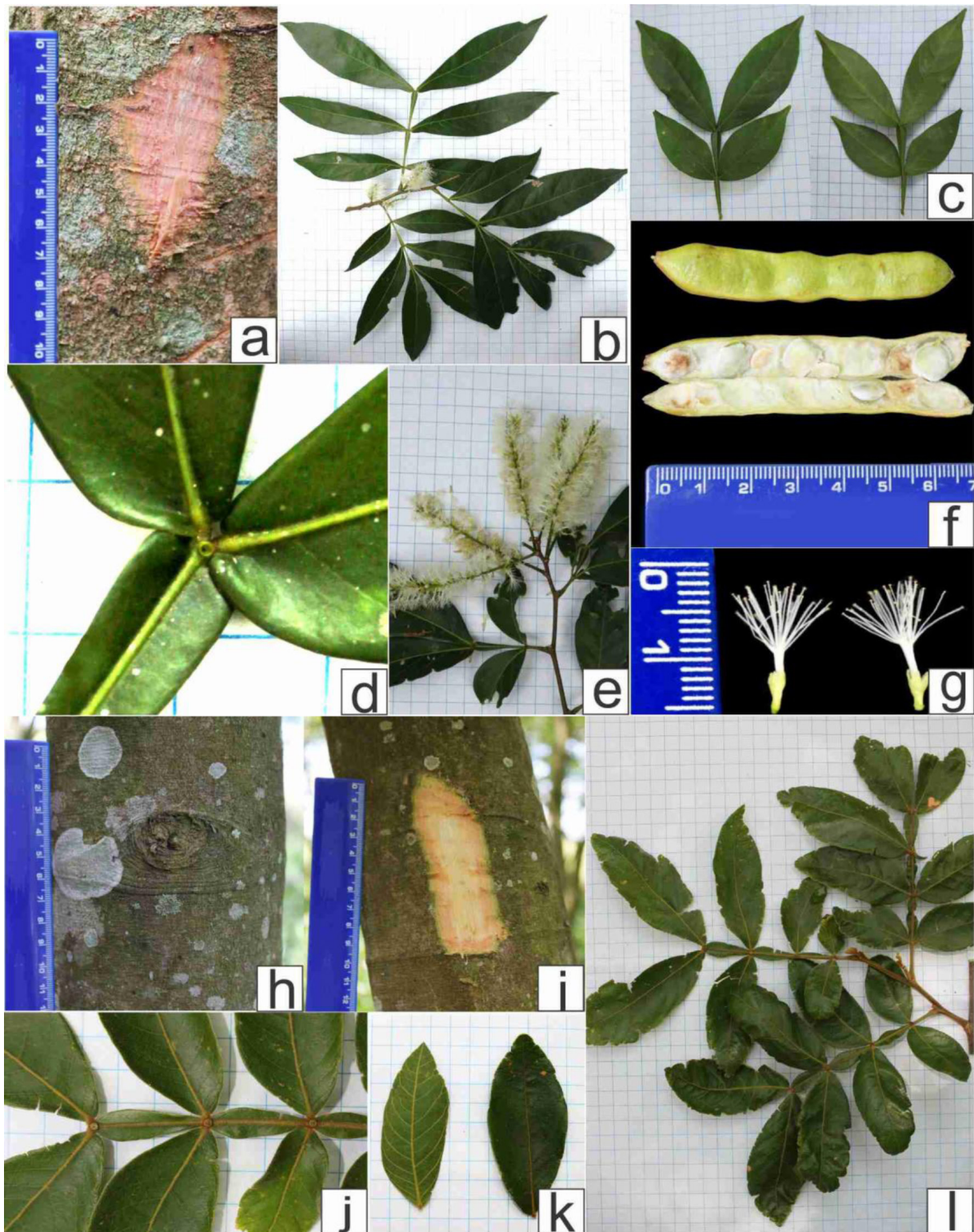


Figura 8. *Inga marginata*: a: tronco circular, ritidoma rugoso e casca interna rosada; b: ramo com flor; c: folíolos elípticos, ápice acuminado e base aguda, face adaxial (esquerda) e face abaxial (direita); d: raque alada com nectário extrafloral arredondado, entre os pares de folíolos; e: inflorescência; f: frutos; g: flores. *Inga striata*: h: tronco cilíndrico, ritidoma rugoso; i: casca interna compacta amarela-rosada; j: indumento castanho na raque alada e nas nervuras, uma nectário extrafloral arredondado entre cada par de folíolos; k: folíolos discolors, elíptico-ovado, ápice agudo e base obtusa, face abaxial (esquerda) mais clara com nervura evidente e face adaxial (direita); l: ramo. Cascavel – PR, 2013.

Figure 8. *Inga marginata*: a: circular trunk, rough rhytidome and pinkish inner bark b: branch with flower c: elliptic leaflets, acuminate apex and acute base, adaxial (left) and abaxial (right) d: winged rachis with rounded extrafloral nectary, between pairs of leaflets, and e: inflorescence f: fruits, flowers g: *Inga striata*: h: cylindrical trunk, rough rhytidome, i: pinkish-yellow compact inner bark j: brown indument on the winged rachis and the ribs, extrafloral nectary between each pair of rounded leaflets; k: discolor leaflets, elliptic-ovate, acute apex and obtuse base, abaxial (left) with lighter midrib evident and adaxial (right), l: branch. Cascavel – PR, 2013.

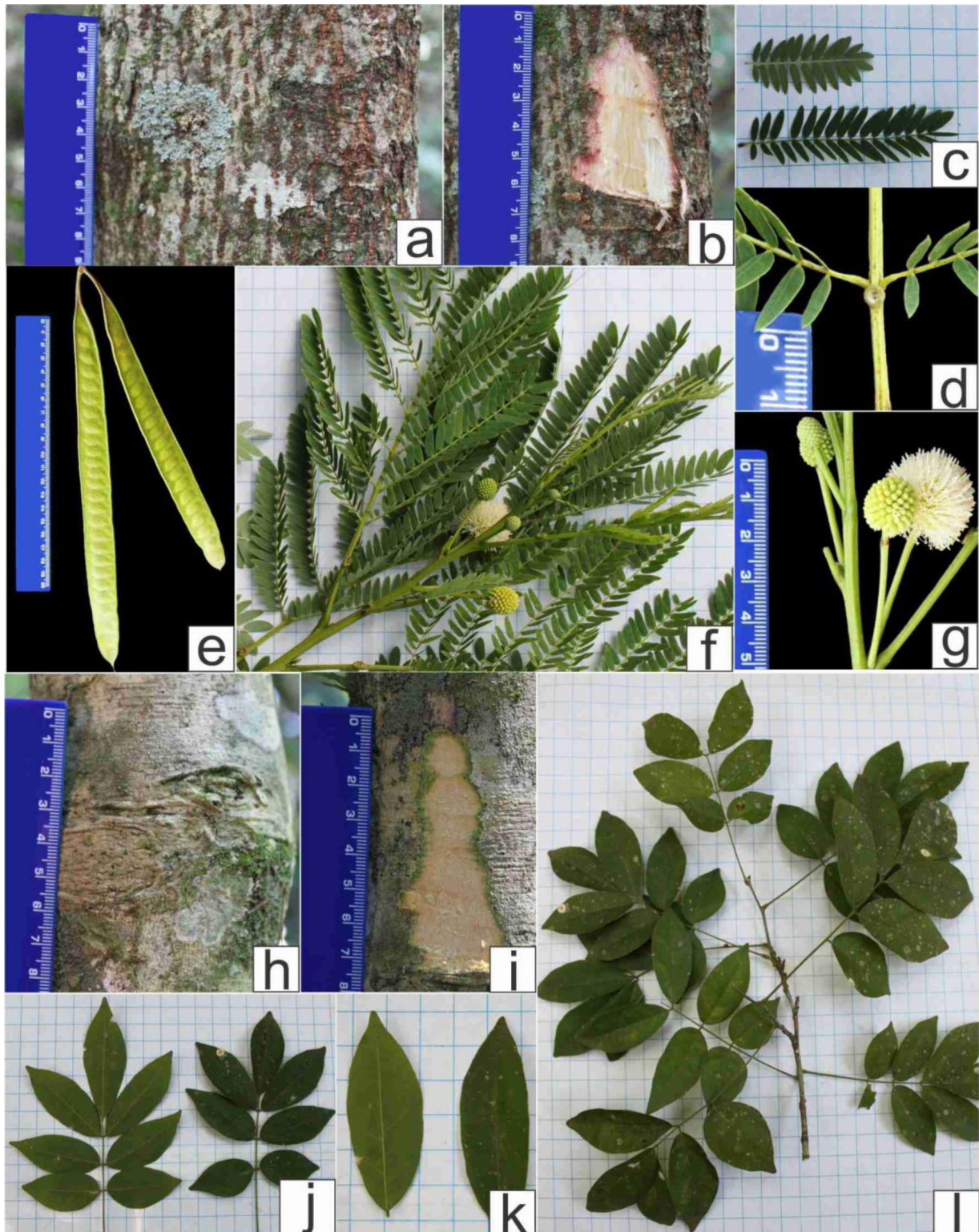


Figura 9. *Leucaena leucocephala*: a: tronco circular, ritidoma com lenticelas em linhas verticais; b: casca interna rosada e albúrbio fibroso amarelado; c: folíolos discolors, com variação de tamanho, face abaxial (esquerda) e face adaxial (direita); d: nectário extrafloral grande e arredondado na porção apical do pecíolo; e: frutos; f: ramo fértil com flor; g: flor e botões. *Lonchocarpus cultratus*: h: tronco circular, ritidoma rugoso; i: casca interna amarelada; j: folhas pinadas, face abaxial (esquerda) e adaxial (direita), folíolos apicais elípticos e folíolos basais ovais; k: folíolos com ápice acuminado e discolors, face abaxial tomentosa (esquerda) com nervura central amarela evidente e face adaxial (direita); l: ramo. Cascavel – PR, 2013.

Figure 9. *Leucaena leucocephala*: a: circular trunk , rhytidome with lenticels in vertical lines, b: pinkish inner bark and yellowish fibrous sapwood c: bipinnate compound sheet d: discolor leaflets , varying in size, abaxial (left) and adaxial (right) and: large and rounded extrafloral nectary in the apical portion of the petiole f: fruits; g: branch with fertile flowers; h: flower and buttons. *Lonchocarpus cultratus*: circular trunk, rough rhytidome b: yellowish inner bark c: branch d: pinnate leaves, the abaxial (left) and adaxial (right), apical leaflets elliptical and basal leaflets oval, and: leaflets with acuminate and discolor apex, face abaxial tomentosa (left) with yellow midrib evident and adaxial (right). Cascavel – PR, 2013.

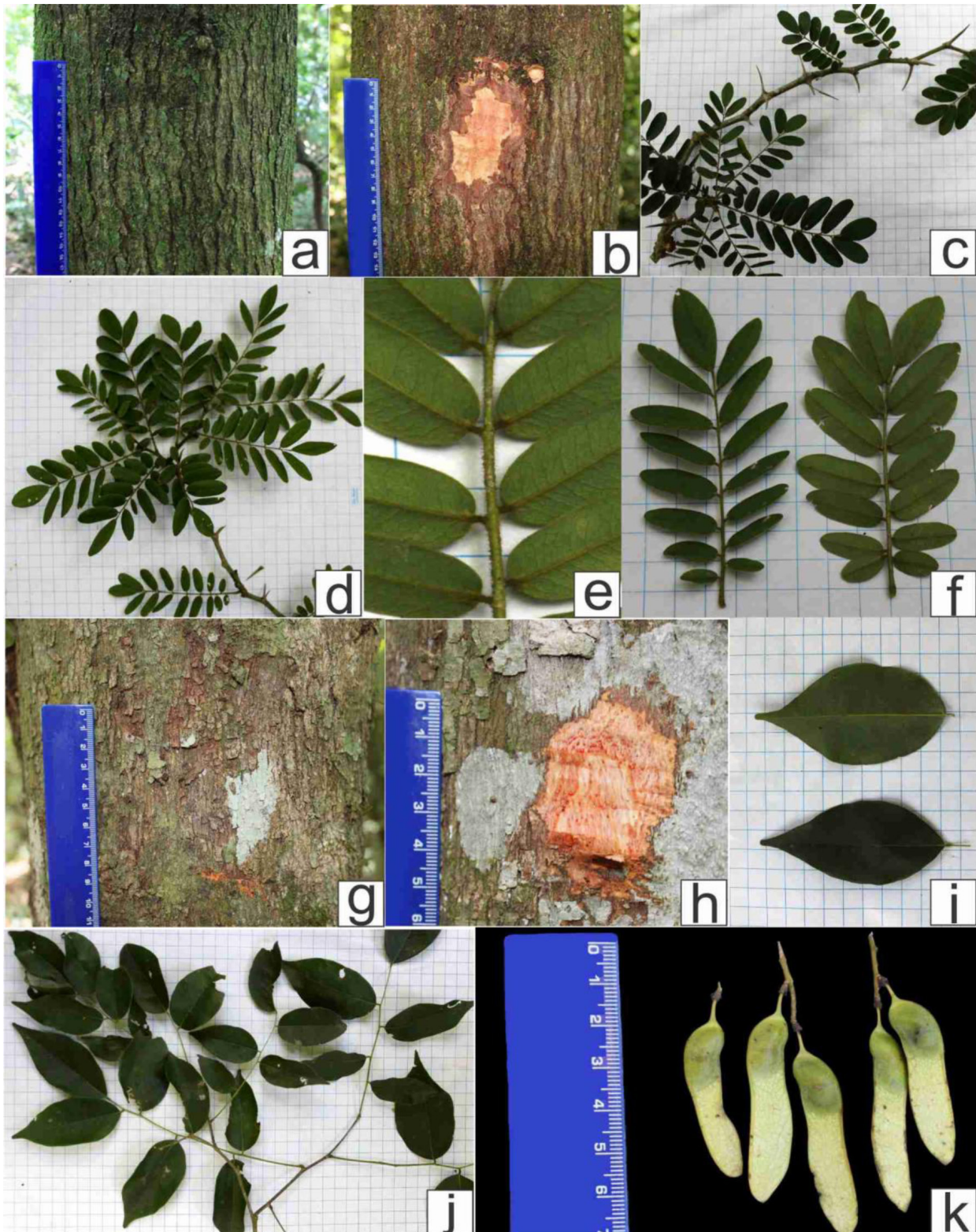


Figura 10. *Machaerium nyctitans*: a: tronco circular, ritidoma com sulcos profundos sem desprendimento evidente; b: casca interna compacta rosa-amarelada; c: ramo com espinhos longos aos pares; d: ramo com folhas; e: indumento castanho na raque e nas nervuras; f: folhas compostas, com folíolos geralmente oblongos, ápice e base arredondados, face adaxial (esquerda) e face abaxial com indumento (direita). *Machaerium paraguariense*: g: tronco circular, ritidoma escamoso; h: casca interna rosa com exsudato vermelho; i: folíolos ovais, ápice acuminado e base arredondada, face abaxial (acima) com nervura central amarela evidente e face adaxial (abaixo); j: ramo; k: frutos. Cascavel – PR, 2013.

Figure 10. *Machaerium nyctitans*: circular trunk, rhytidome with deep grooves without apparent detachment; b: yellowish-pink compact inner bark c: branch with long thorns in pairs; d: branch with leaves; e: brown indument on the rachis and the ribs f: compound leaves with leaflets usually oblong, apex and base rounded, adaxial (left) and abaxial surface with indument (right). *Machaerium paraguariense*: g: circular trunk, scaly rhytidome; h: pink inner bark with red exudate; i: ovate leaflets, acuminate apex and rounded base, abaxial (above) with yellow midrib evident and adaxial (below); j: branch k: fruits. Cascavel – PR, 2013.

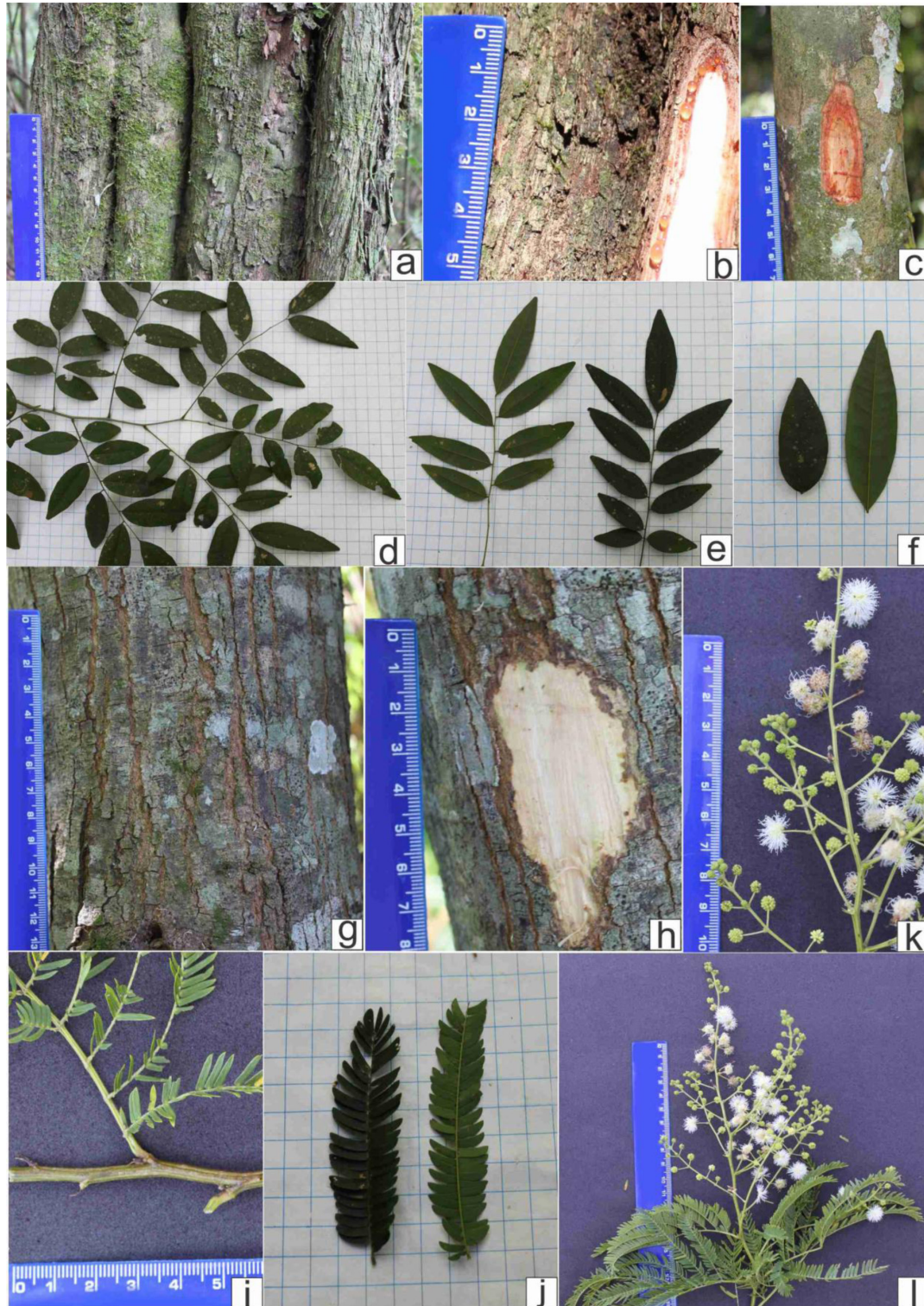


Figura 11. *Machaerium stipitatum*: a: tronco acanalado, ritidoma escamoso; b: casca interna marrom com exsudato vermelho e alborno branco; c: tronco circular de indivíduo jovem com casca interna vermelha e exsudato vermelho; d: ramo; e: folhas pinadas, face abaxial (esquerda) e face adaxial (direita), folíolos elípticos (apicais) a ovais (basais), ápice agudo a emarginado e base obtusa a aguda; f: folíolos levemente discolor, face adaxial (esquerda) e face abaxial (direita). *Mimosa bimucronata*: g: ritidoma com sulcos profundos, sem desprendimento evidente e com acúleos; h: casa interna esbranquiçada e fibrosa; i: ramo com estípula; j: folíolos levemente discolor, face adaxial (esquerda) e face abaxial (direita); k: detalhes das inflorescências cimosas; l: ramo fértil com flor alva. Cascavel – PR, 2013.

Figure 11. *Machaerium stipitatum*: a: slotted stem, squamous rhytidome b: brown inner bark with red exudate and white sapwood c: young circular trunk with red inner bark and red exudate d: branch; e: pinnate leaves, the abaxial (left) and adaxial (right), elliptical leaflets (apical) to oval (baseline), acute to emarginate apex and base obtuse to acute; f: leaflets slightly discolor, adaxial (left) and abaxial (right). *Mimosa bimucronata*: g: rhytidome with deep grooves without apparent detachment and prickles; h: whitish fibrous internal house; i: branch with stipules; j: leaflets slightly discolor, adaxial (left) and abaxial (right) k: details of inflorescences fluffy; l: fertile branch with alb flower. Cascavel – PR, 2013.

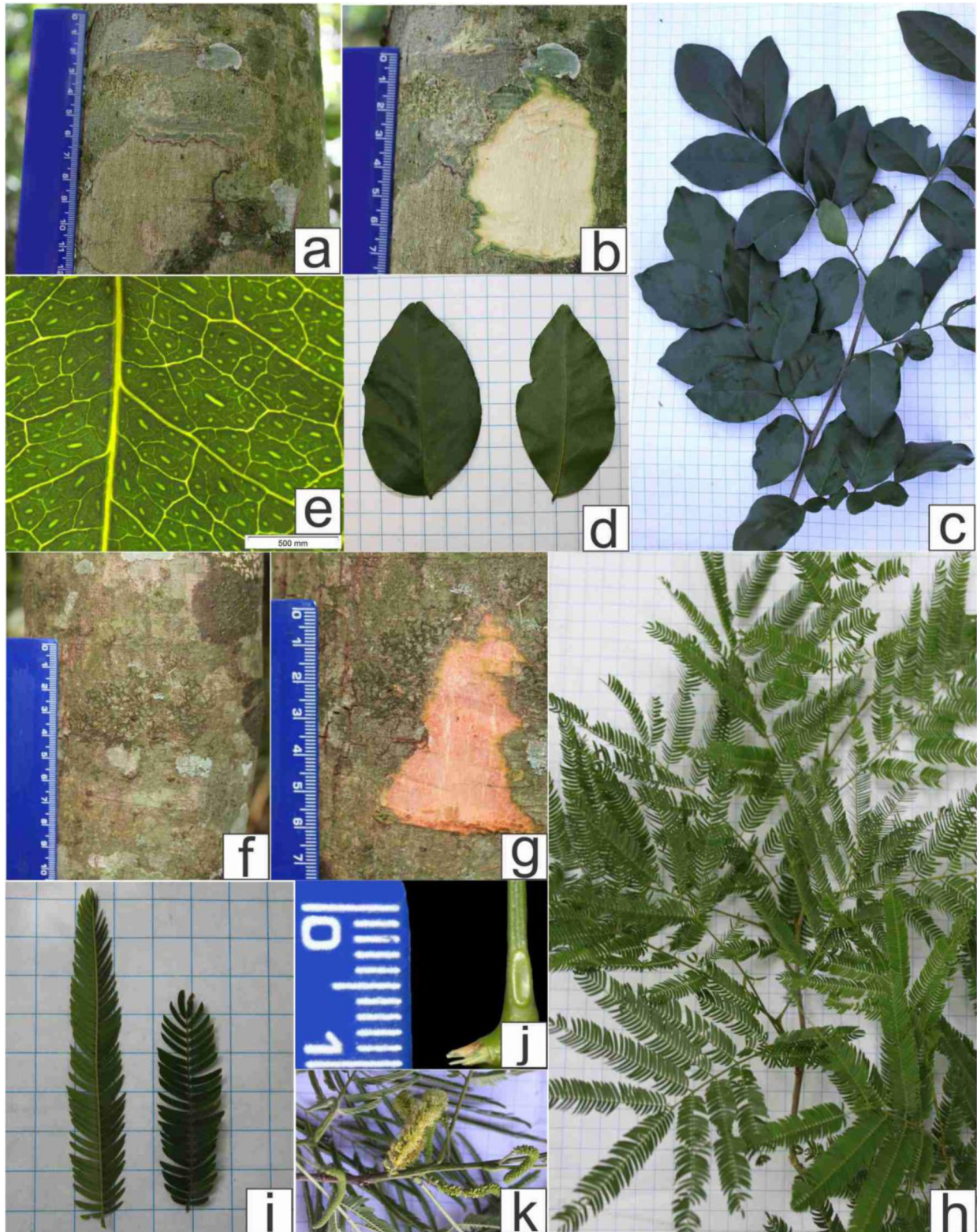


Figura 12. *Myroxylon peruiferum*: a: tronco circular, ritidoma rugoso; b: casca interna compacta branca; c: ramo folhas imparipinadas; d: folíolos elípticos a ovais, ápice emarginado e base arredondada, face adaxial (esquerda) e face abaxial (direita) com nervura central amarela evidente; e: detalhe das glândulas translúcidas em forma de traços no limbo. *Parapiptadenia rigida*: f: tronco circular, ritidoma rugoso, desprendendo-se em placas em indivíduos maduros; g: casca interna compacta rosada; h: ramo; i: folíolos, face abaxial (esquerda) e face adaxial (direita); j: nectário extrafloral na base do pecíolo; k: ramo com inflorescência em espiga. Cascavel – PR, 2013.

Figure 12. *Myroxylon peruiferum*: a: circular trunk, rough rhytidome; b: white compact inner bark; c: branch with imparipinnate leaves; d: ovate to elliptic leaflets, emarginated apex and rounded base, adaxial (left) and abaxial (right) with yellow central rib evident; e: detail of traced-shaped translucent glands in limbo. *Parapiptadenia rigida*: f: circular trunk, rough rhytidome, loosening up on plates in mature individuals; g: pinkish compact inner bark; h: branch; i: leaflets, abaxial (left) and adaxial (right); j: extrafloral nectary at the base of the petiole; k: branch with spike inflorescence. Cascavel – PR, 2013.

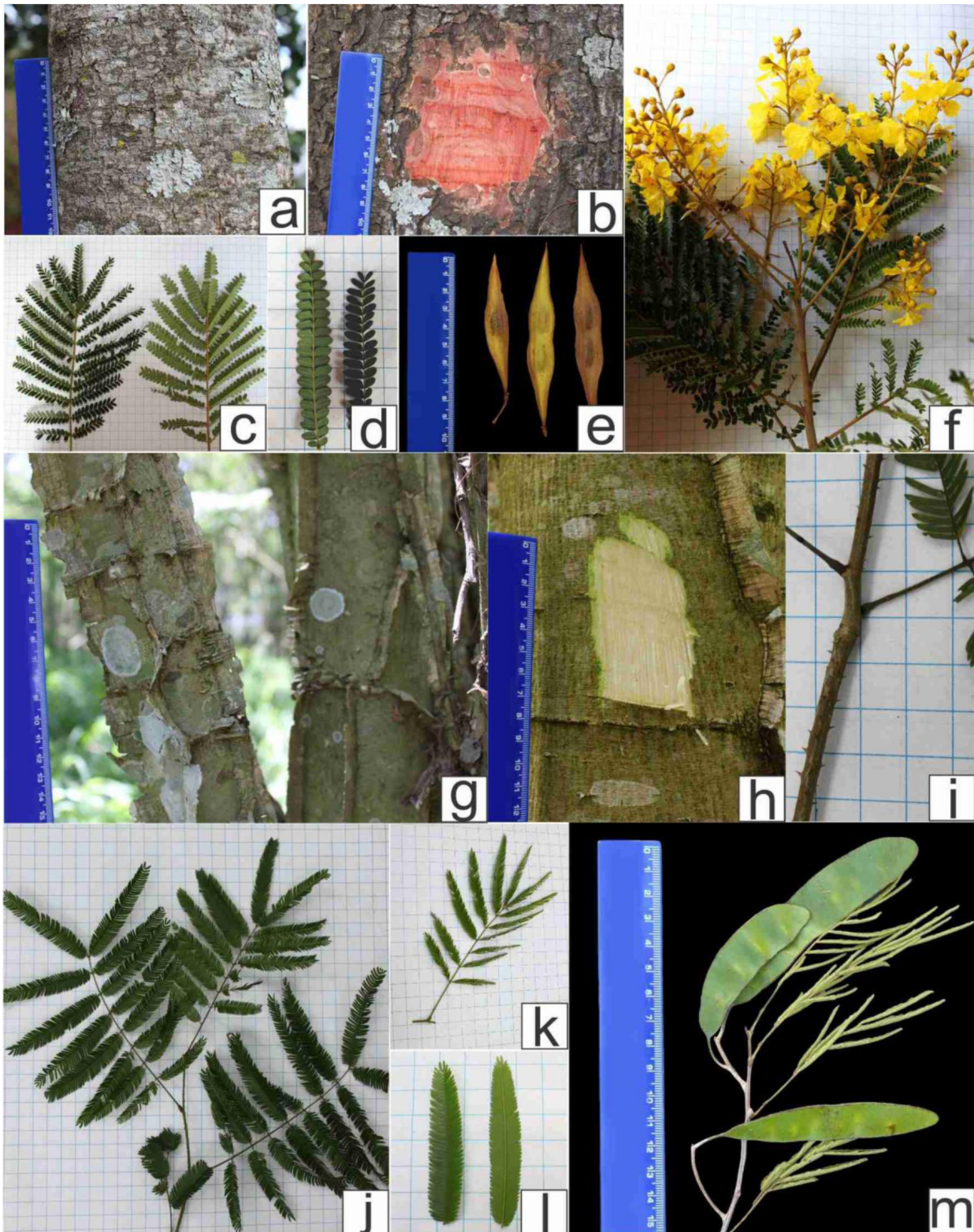


Figura 13. *Peltophorum dubium*: a: tronco circular, ritidoma com sulcos profundos sem desprendimento evidente; b: casca interna rosa a avermelhada; c: folhas bipinadas, face adaxial (esquerda) e face abaxial (direita); d: folíolos, face abaxial (esquerda) e face adaxial (direita); e: frutos com uma a duas sementes; f: ramo com indumento castanho, com estípula foliácea e flor amarela. *Piptadenia gonoacantha*: g: tronco cristado, ritidoma com lâminas perpendiculares; h: casca interna esbranquiçada; i: ramo com acúleos; j: ramo com folhas; k: folha bipinada; l: folíolos face adaxial (esquerda) e face abaxial (direita); m: ramo fértil com frutos imaturos. Cascavel – PR, 2013.

Figure 13. *Peltophorum dubium*: a: circular trunk, rhytidome with deep grooves without apparent detachment b: pink to reddish inner bark c: bipinnate leaves, adaxial (left) and abaxial (right) d: leaflets, abaxial (left) and adaxial (right) e: fruits with one to two seeds f: branch with brown indument, with stipules foliated and yellow flower. *Piptadenia gonoacantha*: g: crested trunk, rhytidome with perpendicular blades, h: whitened inner bark; i: branch with thorns; j: branch with leaves; k: bipinnate leaf, l: leaflets adaxial (left) and abaxial (right); m: fertile branch with unripe fruit. Cascavel – PR, 2013.

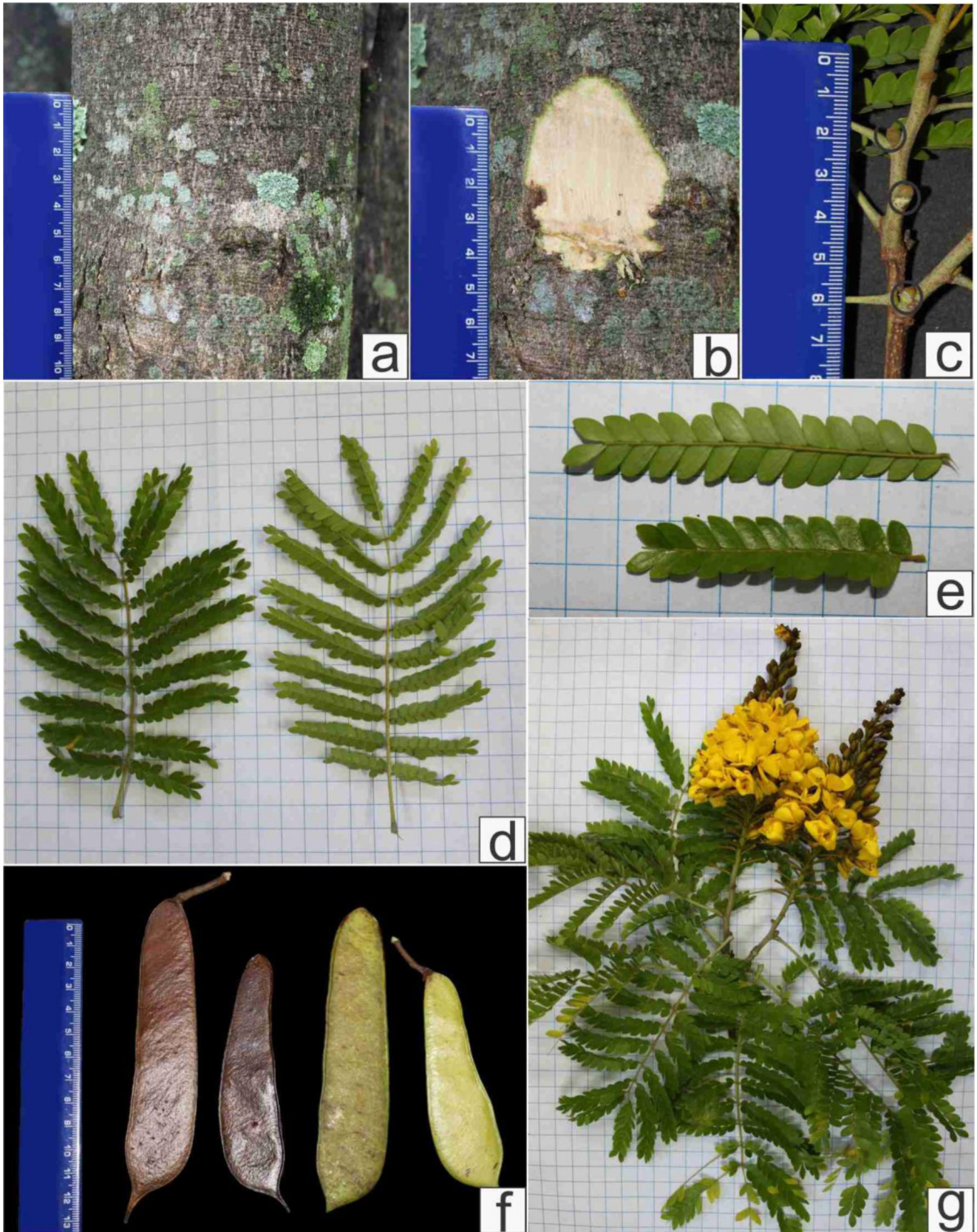


Figura 14. *Poincianella pluviosa*: a: tronco circular, ritidoma rugoso; b: casca interna compacta esbranquiçada; c: gema globosas, com indumento castanho; d: folhas face adaxial (esquerda) e face abaxial (direita); e: folíolos, face abaxial (acima) e face adaxial (abaixo); f: frutos; g: ramo fértil com inflorescência e flores amarelas. Cascavel – PR, 2013.

Figure 14. *Poincianella pluviosa*: circular trunk, rough rhytidome b: whitened compact inner bark c: globule yolk, with brown indument; d: leaf adaxial (left) and abaxial (right) and: leaflets, abaxial surface (above) and adaxial (below) f: fruits; g: fertile branch with inflorescence and yellow flowers. Cascavel – PR, 2013.

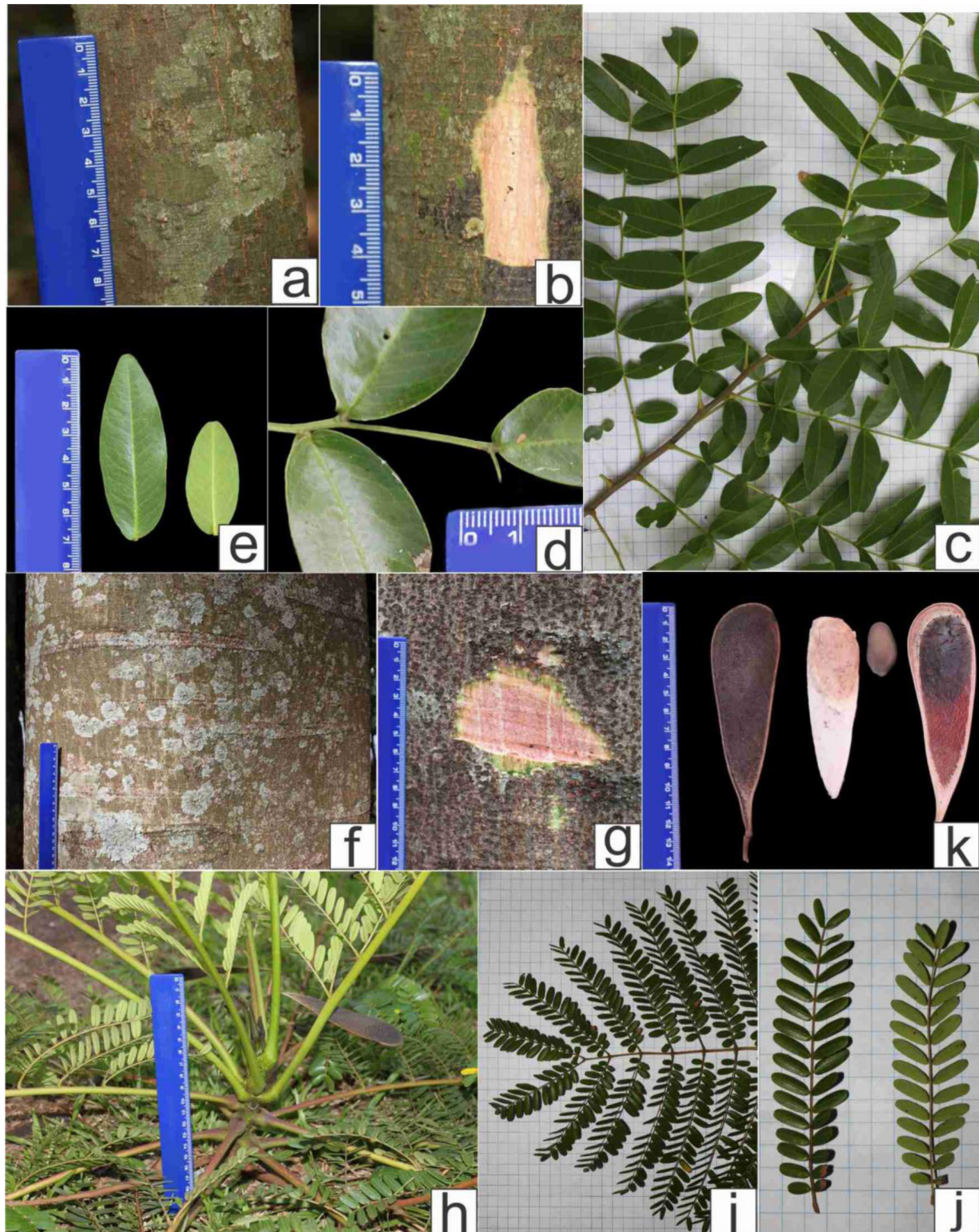


Figura 15. *Pterogyne nitens*: a: tronco circular, ritidoma com lenticelas dispersas; b: casca interna com estrias rosa-esbranquiçadas; c: ramo; d: folhas compostas terminando em apêndice; e: folíolos elípticos a oblongos, ápice arredondado e base obtusa, face adaxial (esquerda) e face abaxial (direita) com nervura central evidente. *Schizolobium parahyba*: f: tronco circular, ritidoma com lenticelas, cicatrizes horizontais da inserção das folhas; g: casca interna rosada e estriada; h: ramo com folhas bipinadas, ramos jovens clorofilados, indumento viscosa nos ramos e folíolos; i: parte da folha; j: folíolos, face adaxial (esquerda) e face abaxial (direita); k: fruto, endocarpo que envolve a semente, semente e parte interna do fruto. Cascavel – PR, 2013.

Figure 15. *Pterogyne nitens*: a: circular trunk, rhytidome with scattered lenticels b: inner bark with pink white streaked c: branch d: compound leaves ending in Appendix: and, elliptic to oblong leaflets, rounded apex, obtuse base, adaxial (left) and abaxial (right) with midrib evident. *Schizolobium parahyba*: f: circular trunk, rough rhytidome with lenticels, horizontal scars of outer leaves; g: pinkish striated inner bark; h: branch with bipinnate leaves, young branches chlorophyllous, stems and viscous hairiness leaflets; i: part of the sheet; j: adaxial (left) and abaxial (right) leaflets k: fruit, cored around the seed, seed and fruit internal part. Cascavel – PR, 2013.

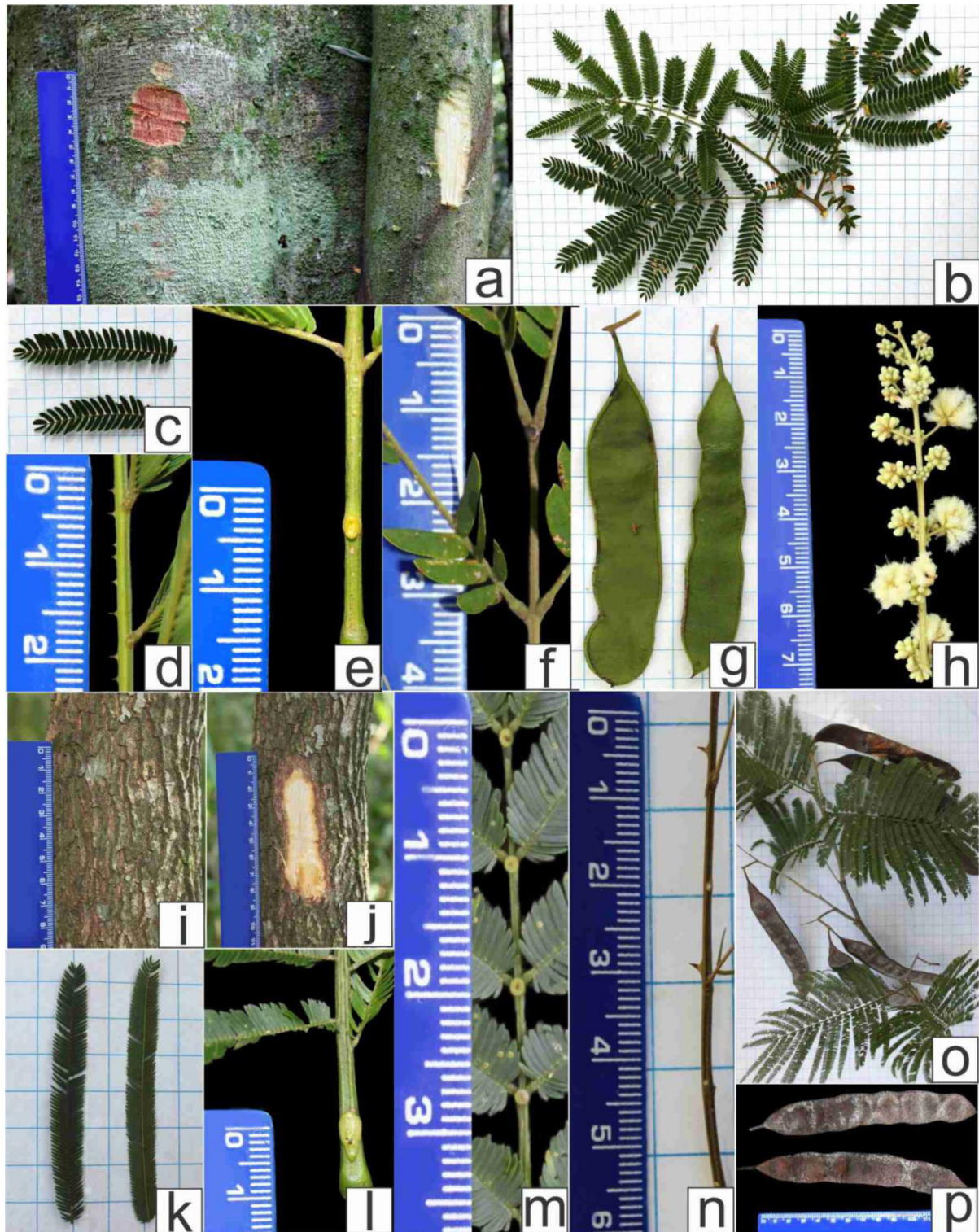


Figura 16. *Senegalia polyphylla*: a: caule circular, ritidoma com acúleos, casca interna vermelha em indivíduos maduros e esbranquiçada em jovem; b: ramo com folhas bipinadas com indumento; c: folíolos, face adaxial (abaixo) e face abaxial (acima) d: detalhe dos acúleos na raque; e: nectário extrafloral oval na base do pecíolo; f: nectário extrafloral arredondado entre os pares de folíolos apicais; g: frutos; h: inflorescência cimosa. *Senegalia recurva*: i: tronco circular, ritidoma com sulcos profundos e sem desprendimento evidente; j: casca interna compacta e esbranquiçada; k: folíolos, face adaxial (esquerda) e abaxial (direita); l: nectário extrafloral alongado no pecíolo m: nectário extrafloral arredondado entre os 4 pares de folíolos apicais; n: espinhos na raque; o: ramo com frutos; p: frutos. Cascavel – PR, 2013.

Figure 16. *Senegalia polyphylla*: a: circular stem, rhytidome with spines, red inner bark in mature individuals and whitened in young b: branch with leaves bipinnate with indumental, c: leaflets, adaxial (below) and abaxial (above) d: detail of spines on the rachis, and: circular to oval extrafloral nectary at the base of the petiole f: rounded extrafloral nectary between pairs of leaflets apical g: fruit, h: cimosa inflorescence. *Senegalia recurva*: i: circular trunk with deep grooves and no obvious detachment j: whitened compact inner bark k: leaflets, adaxial (left) and abaxial (right), l: petiole elongated extrafloral nectary m: extrafloral nectary between the rounded 4 pairs of leaflets apical, n: thorns in the rachis, o: branch with berries, p: fruit. Cascavel – PR, 2013.

Desf. (Figura 4g), *Machaerium paraguayense* Hassl. (Figura 10h), *Machaerium stipitatum* Vogel (Figura 11b) e *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake (Figura 15g) apresentaram exsudato característico, que pode auxiliar nas identificações destas espécies em campo. Esta substância extraída dos caules pode ser utilizada para variados fins, como exemplo podemos citar o óleo-de-copaíba, extraído da espécie *Copaifera langsdorffii* que tem propriedades medicinais e aplicação comercial, segundo vários estudos já realizados (Pieri et al. 2009, Montes et al. 2009, Yamaguchi & Garcia 2012).

As glândulas são estruturas com variadas formas e funções (Cardoso 2011). No presente estudo foram avaliadas, basicamente, dois tipos de glândulas. As primeiras são glândulas translúcidas imersas no limbo, observadas em *Copaifera langsdorffii* Desf. (Figura 4j) e *Myroxylon peruiferum* L. f. (Figura 12e), que podem ser notadas, através de uma fonte de luz ascendente, característica também observada por Ramos et al. (2008), Filardi et al. (2009), Eltink et al. (2011), Iglesias et al. (2011) na espécie *Copaifera langsdorffii* Desf. O segundo tipo de glândula observada foram os nectários extraflorais, quando produtoras de açúcar, característica comprovada por Melo et al. (2010) e Cardoso (2011) que podem estar presentes nos pecíolos, como é o caso em *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* (Benth.) Altschul. (Figura 2e), *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan (Figura 12j) e *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr (Figura 13k). As espécies *Senegalia polyphylla* (DC.) Britton & Rose (Figura 16e) e *Senegalia recurva* (Benth.) Seigler & Ebinger (Figura 16l) apresentam nectários extraflorais axiais, já em *Gleditsia amorphoides* (Griseb.) Taub. (Figura 7d) são encontrados na região de inserção das folhas ou na raque e em *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Figura 6f), *Erythrina falcata* Benth. (Figura 6j), *Inga marginata* Willd. (Figura 8d) e *Inga striata* Benth. (Figura 8j) os nectários extraflorais localizam-se entre os pares de folíolos. Os nectários extraflorais estão presentes em várias espécies da família Leguminosae como observado por Urbanetz et al. (2010). Destaca-se *Erythrina falcata* Benth. (Figura 6j) que possui um par de nectários extraflorais entre os folíolos, que facilitam a identificação desta espécie.

Espinhos ou acúleos são de fácil visualização e tem grande importância na identificação vegetativa. Encontrou-se uma variação no formato, quantidade e localização destes nas diferentes espécies. Em *Gleditsia amorphoides* (Griseb.) Taub. (Figura 7a, c) ocorrem espinhos ramificados no tronco e nos ramos, em *Machaerium nycitans* (Vell.) Benth. (Figura 10c) espinhos longos, em pares nos ramos. Já em *Bauhinia forficata* Link. (Figura 3e) ocorre um par de acúleos localizados abaixo da inserção de cada ramo. As demais espécies armadas encontradas possuem acúleos isolados ao longo do caule e/ou ramos como em *Erythrina falcata* Benth. (Figura 6l), *Mimosa bimucronata* (DC.) Kuntze e *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr. (Figura 13g, i), sendo que em *Senegalia polyphylla* (DC.) Britton & Rose (Figura 16 d) e *Senegalia recurva* (Benth.) Seigler & Ebinger (Figura 16n) ocorrem acúleos também na raque.

Estípulas são folhas modificadas, frequentemente em pares, na base das folhas e são geralmente caducas (Gonçalves & Lorenzi 2011). Estas estruturas foram visualizadas em *Mimosa bimucronata* (DC.) Kuntze (Figura 11i), onde são falciformes, glabras com coloração escura, em *Calliandra foliolosa* Benth. (Figura 3k), visíveis, com indumento e coloração castanha e em *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. (Spreng.) Taub. a qual é foliácea.

Indumento é o conjunto de tricomas (Gonçalves & Lorenzi 2011) que pode ser percebido a olho nu ou com o auxílio de lupa, e embora a quantidade seja bastante variável, a presença ou ausência de indumento foi importante para a distinção das espécies do gênero *Inga*. A espécie *Inga marginata* Willd. (Figura 8c, d) apresentou folíolos glabros e em *Inga striata* Benth. (Figura 8j, k) os folíolos apresentaram indumento castanho nas folhas, principalmente ao longo das nervuras.

Desta forma, características do tronco, ritidoma, coloração da casca interna, presença de exsudato, acúleos, características das folhas como formato dos folíolos e presença de glândulas ou de nectários extra-florais foram de grande valia em campo, permitindo a identificação das espécies de Leguminosae nos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual do Corredor de Biodiversidade de Santa Maria, no sudoeste do Paraná.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela bolsa cedida ao primeiro autor, às especialistas Cristiane Snak e Roseli Lopes da Costa Bortoluzzi pelas identificações, bibliografias cedidas e leitura do manuscrito. Às agências de fomento FAPESP (processo nº 2010/17400-3), CNPq (processo nº 562240/2010-1) e Fundação Araucária (processo nº 15694-13/2009) pelo auxílio financeiro durante a execução deste trabalho.

Referências Bibliográficas

- ASH, A., ELLIS, B., HICKEY, L.J., JOHNSON, K., WILF, P. & WING, S. 1999. Manual of leaf Architecture - morphological description and categorization of dicotyledonous and net-veined monocotyledonous angiosperms by Leaf Architecture Working Group. Smithsonian Institution, Washington.
- BARNEY, R.C. 1991. *Sensitivae censitae: a description of the genus Mimosa Linnaeus (Mimosaceae) in the New World*. Mem. New York Bot. Gard. 65:1-835.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. 2013. Mata Atlântica. <http://www.mma.gov.br/biomas/mata-atlantica> (último acesso em 19/08/2012).
- BRAZ, D.M., MOURA, M.V.L.P. & ROSA, M.M.T. 2004. Chave de identificação para as espécies de dicotiledôneas arbóreas da Reserva Biológica do Tinguá-RJ, com base em caracteres vegetativos. Acta Bot. Bras. 18(2):225-240. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062004000200003>
- BRIDSON, D. & FORMAN, L. 2004. The Herbarium Handbook. The Royal Botanic Garden, Kew.
- CÂMARA, I.G. 1991. Plano de Ação para a Mata Atlântica. São Paulo, Fundação SOS Mata Atlântica.
- CAMPANILI, M. & SCHAFFER, W.B. 2010. Mata Atlântica: patrimônio nacional dos brasileiros. MMA, Brasília.
- CARDOSO, P.R. 2011. Estruturas secretoras em plantas. Instituto de Botânica, Jardim Botânico de São Paulo. http://www.biodiversidade.pgibot.ibot.sp.gov.br/Web/pdf/Estruturas_Secretoras_Poliana_Ramos_Cardoso.pdf (último acesso em 22/02/2013).
- CARVALHO, P.E.R. 2003. Espécies Arbóreas Brasileiras. Embrapa, Brasília.
- CARVALHO, P.E.R. 2006. Espécies Arbóreas Brasileiras. Embrapa, Brasília.
- CONSTANTINO, R., BRITES, R.M., CERQUEIRA, R., ESPINDOLA, E.L.G., GRELLE, C.E.V., LOPES, A.T.L., NASCIMENTO, M.T., ROCHA, O., RODRIGUES, A.A.F., SCARIOT, A., SEVILHA, A.C. & TIEPOLO, G. 2003. Vegetação e Flora. In Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas (D.M. Rambaldi, D.A.S. Oliveira, eds.). MMA/SBF, Brasília, p.103-124.
- DIONÍSIO, G.O., BARBOSA, M.R.V. & LIMA, H.C. 2010. Leguminosae arbóreas em remanescentes florestais localizados no extremo norte da Mata Atlântica. Rev. Nordestina Biol. 19(2):15-24.
- ELTINK, M., RAMOS, E., TORRES, R.B., TAMASHIRO, J.Y., GALEMBECK, E. & KIMURA, E. 2011. Chave de identificação de espécies do estrato arbóreo da Mata Atlântica em Ubatuba (SP), com base em caracteres vegetativos. Biota Neotrop 11(2):393-405. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032011000200037>
- ENVIRONMENT SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE - ESRI. 2010. ArcGIS Desktop: Release 10. ESRI, Redlands.
- FILARDI, F.L.R., GARCIA, F.C.P. & OKANO, R.M.C. 2009. Caesalpinioideae (Leguminosae) lenhosas na Estação Ambiental de Volta Grande, Minas Gerais, Brasil. R. Árvore 33(6):1071-1084. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622009000600010>

- FORZZA, R.C., STEHMANN, J.R., NADRUZ, M., COSTA, A., CARVALHO-JUNIOR, A. A., PEIXOTO, A.L., WALTER, B. M.T., BICUDO, C., MOURA, C.W.N., ZAPPI, D., COSTA, D.P., LLERAS, E., MARTINELLI, G., LIMA, H.C., PRADO, J., BAUMGRATZ, J.F.A., PIRANI, J.R.; SYLVESTRE, L.S., MAIA, L.C., LOHMANN, L.G., PAGANUCCI, L., ALVES, M.V.S., SILVEIRA, M., MAMEDE, M.C.H., BASTOS, M.N.C., MORIM, M.P., BARBOSA, M.R., MENEZES, M., HOPKINS, M., EVANGELISTA, P.H.L.; GOLDENBERG, R.M.P., SECCO, R., RODRIGUES, R.S., CAVALCANTI, T. & SOUZA, V.C., orgs. 2013. Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB115>> (último acesso em 21/02/2013).
- GONÇALVES, E.G. & LORENZI, H. 2011. Morfologia vegetal: organografia e dicionário ilustrado de morfologia das plantas vasculares. 2.ed. Plantarum, Nova Odessa.
- IGLESIAS, J.O.V., JUNQUEIRA, D.I., RANDO, J.G. & MOURA, T.M. 2011. Listagem das Leguminosae - Caesalpinioideae no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, Goiás, Brasil. R. bras. Bioci. 9(4):421-427.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 2012. Manual técnico da vegetação brasileira. 2.ed. Rio de Janeiro.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. 2010. Corredor de Santa Maria. http://www.prbiobiodiversidade.pr.gov.br/arquivos/File/36%20IBAMACORREDOR_SANTA_MARIA.pdf (último acesso 13/01/2013).
- INTERNATIONAL PLANT NAMES INDEX - IPNI. 1999. 'The plant names project'. <http://www.ipni.org> (último acesso em 12/ mar./ 2013).
- ITAIPU. 2010. Corredor de Biodiversidade. <http://www.itaipu.gov.br/meioambiente/corredor-de-biodiversidade> (último acesso em 15/06/2013).
- JACOMASSA, F.A.F. 2010. Espécies arbóreas nativas da mata ciliar da Bacia Hidrográfica do Rio Lajeado Tunas, na região do Alto Uruguai, RS. Biodivers. Pampeana 8(1):1-6.
- LEWIS, G.P. 1987. Legumes of Bahia. The Royal Botanic Garden, Whitstable.
- LEWIS, G.P., SCHRIRE, R., MACKINDER, B. & LOCK, M. 2005. Legumes of the World. The Royal Botanic Garden, Kew.
- LIMA, H.C., QUEIROZ, L.P., MORIM, M.P., SOUZA, V.C., DUTRA, V.F., BORTOLUZZI, R.L.C., IGANCI, J.R.V., FORTUNATO, R.H., VAZ, A.M.S.F., SOUZA, E.R., FILARDI, F.L.R., VALLS, J.F.M., GARCIA, F.C.P., FERNANDES, J.M., MARTINS-DA-SILVA, R.C.V., PEREZ, A.P.F., MANSANO, V.F., MIOTTO, S.T.S., TOZZI, A.M.G.A., MEIRELES, J.E., LIMA, L.C.P., OLIVEIRA, M.L.A.A., FLORES, A.S., TORKE, B.M., PINTO, R.B., LEWIS, G.P., BARROS, M.J.F., SCHÜTZ, R., PENNINGTON, T., KLITGAARD, B.B., RANDO, J.G., SCALON, V.R., CARDOSO, D.B.O.S., COSTA, L. C., SILVA, M.J., MOURA, T.M., BARROS, L.A.V., SILVA, M.C.R., QUEIROZ, R.T., SARTORI, A.L.B., CAMARGO, R., LIMA, I.B. 2013. Leguminosae. In: Lista de Espécies da Flora do Brasil. (R. C. Forzza, J.R., Stehmann, M. Nadruz, A. Costa, A.A. Carvalho-Junior, A.L. Peixoto, B.M.T. Walter, C. Bicudo, C.W.N. Moura, D. Zappi, D.P. Costa, E. Lleras, G. Martinelli, H.C. Lima, J. Prado, J.F.A. Baumgratz, J.R. Pirani, L.S. Sylvestre, L.C. Maia, L.G. Lohmann, L. Paganucci, M.V.S. Alves, M. Silveira, M.C.H. Mamede, M.N.C. Bastos, M.P. Morim, M.R. Barbosa, M. Menezes, M. Hopkins, P.H.L. Evangelista, R.M.P. Goldenberg, R. Secco, R.S. Rodrigues, T. Cavalcanti & V.C. Souza, orgs.). Jardim Botânico do Rio de Janeiro. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> (último acesso em 21/02/2013).
- MARANGON, L.C., SOARES, J.J. & E FELICIANO, A.L.P. 2003. Florística arbórea da Mata da Pedreira, município de Viçosa, Minas Gerais. R. Árvore 27(2):207-215. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622003000200010>
- MELO, Y., CÓRDULA, E., MACHADO, S.R. & ALVES, M. 2010. Morfologia de nectários em Leguminosae sensu lato em áreas de caatinga no Brasil. Acta Bot. Bras. 24(4):1034-1045. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062010000400018>
- MONTES, L.V., BROSEGHINI, L.P., ANDREATTA, F.S., SANT'ANNA, M.E.S., NEVES, V.M. & SILVA, A.G. 2009. Evidências para o uso da óleo-resina de copaíba na cicatrização de ferida – uma revisão sistemática. Natureza 7(2):61- 67.
- MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., FONSECA, G.A.B. & KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature. 403:853-858. <http://dx.doi.org/10.1038/35002501>
- ODUM, E.P. & BARRET, G.W. 2008. Fundamentos de Ecologia. 5.ed. Cengage Learning, São Paulo.
- PESTANA, L.T.C., ALVES, F.M. & SARTORI, A.L.B. 2011. Espécies arbóreas da arborização urbana do centro do município de Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil. REVSBAU 6(3):1-21.
- PIERI, F.A., MUSSI, M.C. & MOREIRA, M.A.S. 2009. Óleo de copaíba (Copaifera sp.): histórico, extração, aplicações industriais e propriedades medicinais. Rev. Bras. Pl. Med. 11(4):465-472. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-05722009000400016>
- RADFORD, A.E., DICKISON, W.C., USA MASSEY, J.R. & BELL, C.R. 1974. Vascular Plant Systematics. Harper & Row, New York.
- RAMOS, V.S., DURIGAN, G., FRANCO, G.A.D.C., SIQUEIRA, M.F. & RODRIGUES, R.R. 2008. Árvores da Floresta Estacional Semidecidual - Guia de identificação de espécies UDUSP, Biota/Fapesp, São Paulo.
- RIBEIRO, J.E.L.S., HOPKINS, M.J.G., VICENTINI, A., SOTHERS, C.A., COSTA, M.A.S., BRITO, J.M., SOUZA, M.A.D., MARTINS, L.H.P., LOHMANN, L.G., ASSUNÇÃO, P.A.C.L., PEREIRA, E.C., SILVA, C.F., MESQUITA, M.R. & PROCÓPIO, L.C. 1999. Flora da Reserva Ducke, Guia de Identificação. DFID & INPA, Manaus.
- RIBEIRO M.C., METZGER, J.P., MARTENSEN, A.C. PONZONI, F.J. & HIROTA, M.M. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. Biol. Conserv. 142(2009):1141-1153. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2009.02.021>
- ROLIM, S.G., IVANAUSKAS, N.M., RODRIGUES, R.R., NASCIMENTO, M.T., GOMES, J.M.L., FOLLI, D.A. & COUTO, H.T.Z. 2006. Composição Florística do estrato arbóreo da Floresta Estacional Semidecidual na Planície Aluvial do rio Doce, Linhares, ES, Brasil. Acta Bot. Bras. 20(3):549-561. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062006000300005>
- SARTORI, A.L.B. & TOZZI, A.M.G.A. 2004. Revisão taxonômica de Myrcarpus Allemão (Leguminosae, Papilionoideae, Sophoreae). Acta Bot. Bras. 18(3):521-535. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062004000300012>
- SILVA, R.R. & TOZZI, A.M.G.A. 2012a. Papilionoideae (Leguminosae) do Planalto Residual do Uruçum, oeste do Pantanal do Mato Grosso do Sul, Brasil. Hoehnea 39(1):39-83. <http://dx.doi.org/10.1590/S2236-89062012000100003>
- SILVA, M.J. & TOZZI, A.M.G.A. 2012b. Revisão taxonômica de Lonchocarpus s. str. (Leguminosae, Papilionoideae) do Brasil. Acta Bot. Bras. 26(2):357-377.
- SNAK, C., TEMPONI, L.G. & GARCIA, F.C.P. 2012. Leguminosae no Parque Ecológico Paulo Gorski, Cascavel, Paraná, Brasil. Rodriguésia 63(4):999-1017. <http://dx.doi.org/10.1590/S2175-78602012000400016>
- TALORA, D.C. & MORELLATO, P.C. 2000. Fenologia de espécies arbóreas em florestas de planície litorânea do sudeste do Brasil. Rev. Bras. Bot. 23(1):3-26. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-8404200000100002>
- URBANETZ, C., TAMASHIRO, J. Y. & KINOSHITA, L. S. 2010. Chave de identificação de espécies lenhosas de um trecho de Floresta Ombrófila Densa Atlântica, no Sudeste do Brasil, baseada em caracteres vegetativos. Biota Neotrop. 10(2):. <http://www.biotaneotropica.org.br/v10n2/pt/abstract?article+bn00910022010> (ultimo acesso em 01/03/2013).
- VALÉRIO, A.F., WATZLAWICK, L.F., SAUERESSIG, D., PUTON, V. & PIMENTEL, A. 2008. Análise da composição florística e da estrutura horizontal de uma Floresta Ombrófila Mista Montana, município de Irati, PR – Brasil. Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient. 6(2):137-147.
- YAMAGUCHI, M.H. & GARCIA, R.F. 2012. Óleo de copaíba e suas propriedades medicinais: Revisão bibliográfica. Rev. Saúde Pesq. 5(1):137-146.

Recebido em 10/05/2013

Versão reformulada recebida em 20/08/2013

Publicado em 10/09/2013

Anexo 1

Chave de identificação de Leguminosae do Corredor de Biodiversidade de Santa Maria:

1. Folhas unifolioladas ou trifolioladas
2. Folhas unifolioladas, folíolos bilobados fundidos até próximo à região mediana da raque (forma de pata de vaca), ápice agudo e base cordata, ausência de nectário extrafloral, acúleos curvados em pares abaixo da inserção ramos, planta com odor característico *Bauhinia forficata*
- 2'. Folhas trifolioladas, folíolos inteiros elípticos a oblongos, ápice acuminado e base arredondada, par de nectários extraflorais na inserção dos folíolos, acúleos retos no caule e ramos, planta sem odor característico *Erythrina falcata*
- 1'. Folhas pinadas e/ou bipinadas com mais de três folíolos
3. Planta armada
4. Espinhos ramificados no tronco e ramos, folíolos crenados *Gleditsia amorphoides*
- 4'. Espinhos únicos no tronco e ramos, folíolos inteiros
5. Folhas pinadas, indumento castanho na raque, nervuras e folíolos *Machaerium nyctitans*
- 5'. Folhas bipinadas, ausência de indumento castanho
6. Presença de nectário extrafloral no pecíolo
7. Tronco circular sem lâminas perpendiculares, acúleos na raque sempre presentes
8. Nectário extrafloral entre apenas os folíolos terminais, prolongamento na raque ausente *Senegalia polyphylla*
- 8'. Nectário extrafloral entre 3 a 6 pares de folíolos terminais, prolongamento na raque presente *Senegalia recurva*
- 7'. Tronco cristado com lâminas perpendiculares, acúleos na raque nunca presentes *Piptadenia gonoacantha*
- 6'. Ausência de nectário extrafloral no pecíolo *Mimosa bimucronata*
- 3'. Planta inerte
9. Folhas compostas pinadas
10. Presença de glândulas translúcidas no limbo
11. Glândulas translúcidas em forma de traços, ausência de exsudato vermelho no caule, folíolos alternos, ápice emarginado e base arredondada *Myroxylon peruiferum*
- 11'. Glândulas translúcidas em forma de pontuações, presença de exsudato vermelho no caule, folíolos subopostos, ápice arredondado, levemente retuso e base obtusa *Copaifera langsdorffii*
- 10'. Ausência de glândulas translúcidas no limbo
12. Folíolos alternos
13. Presença de exsudato vermelho na casca interna
14. Folíolos apicais e basais ovais, ápice acuminado e base arredondada, face abaxial com nervura central amarela evidente *Machaerium paraguariense*
- 14'. Folíolos apicais elípticos e basais ovais, ápice agudo a emarginado e base obtusa a aguda; face abaxial com nervura pouco evidente *Machaerium stipitatum*
- 13'. Ausência de exsudato vermelho na casca interna
15. Nervura central evidente na face abaxial
16. Ritidoma sem depressões e com lenticelas, folhas terminando em apêndice *Pterogyne nitens*
- 16'. Ritidoma com depressões e sem lenticelas, folhas nunca terminando em apêndice *Apuleia leiocarpa*
- 15'. Nervura central sem evidência na face abaxial

17. Tronco circular, ramos escandentes, folíolos discolors, não mais de 10, ovais a elípticos, base obtusa, nervuras primárias partindo de pontos diferentes em ambos os lados do folíolo *Dalbergia frutescens*
- 17'. Tronco acanalado, ramos eretos, folíolos concolores, sempre em número maior que 10, estreitamente elípticos, base assimétrica, nervuras primárias partindo do mesmo ponto em apenas um dos lados do folíolo *Holocalyx balansae*
- 12'. Folíolos opostos
18. Raque alada, presença de nectários extraflorais na raque entre os pares de folíolos paripinados
19. Folíolos glabros, sem indumento e com nervura central e lateral não evidentes na face abaxial *Inga marginata*
- 19'. Folíolos pilosos, com indumento e com nervura central e lateral evidentes na face abaxial *Inga striata*
- 18'. Raque não alada, ausência de nectário extrafloral na raque entre os pares de folíolos imparipinados
20. Folíolos discolors, ápice acuminado e base obtusa a arredondada
21. Folíolos apicais elípticos e basais ovais, face abaxial sem nervuras laterais evidentes *Lonchocarpus cultratus*
- 21'. Folíolos apicais ou basais variando de elíptico a oval, face abaxial com nervuras laterais evidentes *Dahlstedtia muehlbergiana*
- 20'. Folíolos concolores, ápice agudo e base assimétrica *Cassia leptophylla*
- 9'. Folhas compostas bipinadas
22. Presença de nectário extrafloral no pecíolo
23. Coloração da casca interna vermelha a rosa
24. Ritidoma com lenticelas, nectário extrafloral ausente na base do pecíolo *Enterolobium contortisiliquum*
- 24'. Ritidoma sem lenticelas, nectário extrafloral presente na base do pecíolo *Parapiptadenia rigida*
- 23'. Coloração da casca interna rosada a laranjada-amarelada
25. Tronco circular sem projeções, casca interna rosada, presença de lenticelas em linhas verticais, nectário extrafloral arredondado na porção apical do pecíolo *Leucaena leucocephala*
- 25'. Tronco cristado com projeções em forma de lança, casca interna laranjada-amarelada, ausência de lenticelas, nectário extrafloral elíptico na base do pecíolo *Anadenanthera peregrina* var. *falcata*
- 22'. Ausência de nectário extrafloral no pecíolo
26. Coloração da casca interna esbranquiçada, presença de gema axilar globosa *Poincianella pluviosa*
- 26'. Coloração da casca interna rosa a vermelho intenso, ausência de gema axilar globosa
27. Caules jovens clorofilados, folhas até 1m de comprimento, estípula foliácea ausente *Schizolobium parahyba*
- 27'. Caules jovens não clorofilados, folhas até 50 cm de comprimento, estípula foliácea presente
28. Coloração da casca interna avermelhada, indumento castanho nos ramos *Peltophorum dubium*
- 28'. Coloração da casca interna esbranquiçada, indumento claro nos ramos *Calliandra foliolosa*

Terrestrial isopods (Crustacea: Isopoda: Oniscidea) in termite nests (Blattodea: Termitidae) in a cocoa plantation in Brazil

Jonathas Teixeira Lisboa^{1,7}, Erminda da Conceição Guerreiro Couto²,

Pollyanna Pereira Santos³, Jacques Hubert Charles Delabie^{4,5} & Paula Beatriz Araujo⁶

¹Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC, Campus Soane Nazaré de Andrade, Rod. Ilhéus-Itabuna, km 16, CEP 45662-900, Ilhéus, BA, Brasil. www.uesc.br/zoologia

²Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC, Campus Soane Nazaré de Andrade, Rod. Ilhéus-Itabuna, km 16, CEP 45662-900, Ilhéus, BA, Brasil. www.uesc.br/cursos/pos_graduacao/mestrado/ppsat

³Universidade Federal de Viçosa – UFV, CEP 36570-000 Viçosa, MG, Brasil. www.pos.entomologia.ufv.br

⁴Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC, Campus Soane Nazaré de Andrade, Rod. Ilhéus-Itabuna, km 16, CEP 45662-900, Ilhéus, BA, Brasil. www.uesc.br/dcaa/index.php

⁵Laboratório de Mirmecologia, Convênio UESC/CEPLAC, Centro de Pesquisa do Cacau, CP 7, CEP 45600-000 Itabuna, BA, Brasil.

<http://www.ceplac.gov.br/Laboratorios/mirmecologia/index.html>

⁶Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências,

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 9500, prédio 43435, Agronomia, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil. <http://www.ufrgs.br/Carcinologia>

⁷Corresponding author: Jonathas Teixeira Lisboa, e-mail: onelisboa@gmail.com

LISBOA, J.T., COUTO, E.C.G., SANTOS, P.P., DELABIE, J.H.C. & ARAUJO, P.B. **Terrestrial isopods (Crustacea: Isopoda: Oniscidea) in termite nests (Blattodea: Termitidae) in a cocoa plantation in Brazil.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?short-communication+bn03713032013>

Abstract: Various animals live in termite nests as secondary occupants. Among them are terrestrial isopods. We found five species of terrestrial isopods (Oniscidea) in 17 of 34 termite nests of *Nasutitermes* in a cocoa plantation near Ilhéus, Bahia, Brazil (in 2 aging and 15 abandoned nests). The 14 active, 1 aging and 2 abandoned nests bore no isopods. The oniscideans were *Atlantoscia rubromarginata*, an undescribed species of *Atlantoscia* (Philosciidae), *Pudeoniscus birabeni*, *P. obscurus* (Pudeoniscidae) and *Neotroponiscus carolii* (Bathytropidae). Of the 146 individuals collected, 122 were *A. rubromarginata*. Due to the absence of isopods in active nests, these terrestrial isopods are considered termitariophilous.

Keywords: *Termitariophilous*, *Nasutitermes*, *Atlantoscia*.

LISBOA, J.T., COUTO, E.C.G., SANTOS, P.P., DELABIE, J.H.C. & ARAUJO, P.B. **Isópodos terrestres (Crustacea: Isopoda: Oniscidea) em ninhos de térmitas (Blattodea: Termitidae) em uma plantação de cacau no Brasil.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?short-communication+bn03713032013>

Resumo: Diversos animais, incluindo isópodos terrestres, vivem em ninhos de térmitas como ocupantes secundários. Neste trabalho, foram registradas cinco espécies de isópodos terrestres (Oniscidea) em 17 de 34 ninhos de *Nasutitermes* estudados em uma plantação de cacau situada próxima a Ilhéus, Bahia, Brasil. Destes ninhos, dois eram decadentes e 15 abandonados. Catorze ninhos ativos, um decadente e dois abandonados não apresentaram isópodos. Foram registrados os oniscídeos *Atlantoscia rubromarginata*, uma espécie não identificada de *Atlantoscia* (Philosciidae), *Pudeoniscus birabeni*, *P. obscurus* (Pudeoniscidae) e *Neotroponiscus carolii* (Bathytropidae). Foram coletados 146 indivíduos, dos quais 122 pertenciam à espécie *A. rubromarginata*. Devido à ausência de isópodos em ninhos ativos, estes foram considerados termitariófilos.

Palavras-chave: *Termitariófilo*, *Nasutitermes*, *Atlantoscia*.

Introduction

Termites (Blattodea: Termitoidea) are social insects that build mounds, permanent structures, that can be external, within the wood or underground (Xiao et al. 2012). They are considered active diggers exerting great influence on the physical and chemical characteristics of soils by providing an increase in porosity, allowing water retention and air circulation in different soil strata, facilitating the entry of oxygen to other soil organisms in subterranean nests (Grassé 1986, Lavelle et al. 1997). In addition to these activities, they provide a greater penetration and proliferation of plant roots and also serve as food for a wide variety of predators (Holt & Lapage 2000). The secondary occupants of termite nests are ants, beetles, spiders, roaches, lizards, species of termites different from those that have built the structure and even parrots, parakeets and the campos flicker (Davis 1942, Camargo 1970, Grassé 1986, Miura & Matsumoto 1997, Brightsmith 2005, Sanchez-Martinez & Renton 2009). Termitophilous animals are those that have a necessary relationship with the society of termites (Domingos 1983), spending part or all life in the nest (Cunha & Brandão 2000). The termitariophilous animals are those that form a voluntary association with termite mounds in search of housing, shelter, food or nesting site (Cunha & Brandão 2000).

Terrestrial isopods are the Crustacea best adapted to terrestrial life. They are found in forests, fields, deserts and caves, and occupy a wide variety of microhabitats, including the interiors of ant and termite nests (Araujo & Taiti 2007). There are few studies about the relationship between social insects and terrestrial isopods (Tartally et al. 2004), but some species are known of being closely associated with social insects. In Europe, the myrmecophilous isopod *Plathyarthrus schoblii* Budde-Lund, 1879 is found in the nests of ants of various genera (Hornung et al. 2005), while the cosmopolitan *P. hoffmannseggii* Brandt, 1833 inhabits nests of 24 different species of ants (Tartally et al. 2004). In sub-Saharan Africa some species of isopods of the families Platyarthridae, Trichoniscidae, Titaniidae and Schoebliidae are found in the active nests of several genera of termites (Barnard 1932, Paulian de Felice 1950, Kensley 1971, Ferrara & Taiti 1979). In Mozambique, the termitophilous isopods *Schoeblii fulleri* (Silvestri, 1917) and *S. circularis* Budde-Lund, 1909 occupies the nests of termites of the genus *Termes* Linnaeus, 1758 (Silvestri 1917, Schmidt & Leistikow 2004). The genus *Exalloniscus* Stebbing, 1911 is associated with nests of ants and termites in Sumatra and Borneo and elsewhere in Southeast Asia (Schmalfluss 2003, Ferrara et al. 1987). In Asia, the isopod *Turanoniscus anacanthotermitis* Borutzkii, 1969 was found in nests of the termite *Anacanthotermes ahngerianus* Jacobson, 1904 (Borutzkii 1969). The members of this genus have flattened depigmented bodies and a reduced number of embryos, and lack ocular apparatus, all of which suggest that the animals have a close association of with ants and termites (Taiti & Ferrara 1988). Some oniscideans, like the members of the family Titaniidae, are tolerated by the host termites or protected against attacks by their flattened limuloid body shape and by evasive movements (Kensley 1971). To date there is no record of terrestrial isopods in termite mounds in Brazil. This study aims at surveying the species of oniscideans in termite nests collected in a cocoa plantation near Ilhéus, Bahia State, Brazil.

Material and Methods

The study was conducted in Block I of the experimental areas of the Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC/CEPLAC) (14° 45' 16" S, 39° 13' 50" W), 40 ha, in a system where the cocoa trees are shaded by exotic trees, receive no fertilization or insecticides or fungicidal spraying. Almost all of the experimental area is surrounded by lands with the same system of husbandry. The study site is the Brazilian

Atlantic Forest and some forest remnants are near the experimental area.

The termite nests examined in this study are those investigated by Santos (2008) and Santos et al. (2010) in a study of ants associated with termites. In that study between May 2006 and September 2007 the termites were removed from the substrate and placed in plastic bags, labelled and taken to the Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC) at Ilhéus. In the laboratory, the nests were cut into portions five inches thick for easy removal of the present fauna, which was extracted with the aid of forceps and fixed in 80% alcohol (Santos 2008). We followed the classification of Santos (2008) regarding the degree of activity in the nest: Active colonies (AT) - the queen, eggs, juveniles, soldiers and workers are present; Aging colonies (AG) - members of the royal caste and juveniles missing and workers in lower proportion than the soldiers; Abandoned nests (AB) - absence of any termites.

Results

A total of 34 nests constructed by *Nasutitermes* spp. were sampled. They were built from ground level to height of 4.5 m in trees. Their degrees of activity were 14 active, 3 aging and 17 abandoned nests. Oniscidea were not found in the 14 active nests. They were present in a total of 17 nests: 2 aging and 15 abandoned, from ground level to 3.7 m high (Table 1). One aging and two abandoned bore no Oniscidea.

From the 146 specimens collected (Figure 1), most were *Atlantoscia rubromarginata* Araujo & Leistikow, 1999 (84%) (Table 1). This species was found in abandoned and aging nests from the ground up to 3.7 m high. The second most common species was *Pudeoniscus birabeni* Vandel, 1963 (6%). The other three species were *Pudeoniscus obscurus* Lemos de Castro, 1973, *Neotroponiscus carolii* Arcangeli, 1936 and *Atlantoscia* sp.. They comprised only five individuals each.

They had different distributions. The specimens of *Neotroponiscus carolii* found in this study were in abandoned nests more than two meters high.

Discussion

The present study is the first report of the occurrence of terrestrial isopods in termite nests in Brazil. *Atlantoscia rubromarginata* was the most abundant species of Oniscidea we encountered. It was found in all but the two highest of the aging and abandoned termitaria; that is from ground level up to 3.7 m high.

The genus *Atlantoscia* presently comprises five described species - *A. floridana* Van Name, 1940, *A. rubromarginata* Araujo & Leistikow, 1999, *A. petronioi* Campos-Filho, Contreira and Lopes-Leitzke, 2012, *A. ituberasensis* Campos-Filho, Lisboa and Araujo 2013 and *A. sulcata* Campos-Filho, Lisboa and Araujo 2013 (Campos-Filho et al 2013). *Atlantoscia floridana* occurs in coastal areas from Florida to Uruguay (Leistikow 2001) in nests of the ants *Camponotus rufipes* Fabricius, 1775 and *Odontomachus affinis* Guerin-Meneville, 1844 (Lemos de Castro 1985). It is the most frequent and abundant in diversity studies of Oniscidea conducted in southern Brazil (Araujo & Bond-Buckup 2005, Lopes et al. 2005, Almerão et al. 2006, Quadros & Araujo 2008) and can reach population densities of up to 1,040 individuals per m².

We collected a limited number of individuals of another undescribed species of *Atlantoscia*. Males are always selected for the holotypes of *Atlantoscia* and only one male of this species was collected, together with four females. The species will be described when additional material becomes available. Here we cite it as *Atlantoscia* sp. This species was present only in two nests, one abandoned and at ground level, and an aging one 3.5 m high (Table 1).

Terrestrial isopods in termite nests



Figure 1. Isopods collected in the nests of *Nasutitermes* spp. in cacao plantations in Ilhéus, Bahia, Brazil: (A) *Neotroponiscus carolii*; (B) *Atlantoscia rubromarginata*; (C) *Pudeoniscus birabeni* and (D) *Pudeoniscus obscurus*.

Table 1. Numbers of individuals of five species of terrestrial isopods in 17 *Nasutitermes* nests. Nests were classified by activity level and height. AB = abandoned, AG = aging.

Nest	Height above ground (m)	<i>Neotroponiscus carolii</i>	<i>Atlantoscia rubromarginata</i>	<i>Atlantoscia</i> sp. 2	<i>Pudeoniscus birabeni</i>	<i>Pudeoniscus obscurus</i>	Total
AB	-	-	8	-	-	-	8
AB	-	-	13	-	-	-	13
AB	-	-	1	-	2	-	3
AB	-	-	19	-	4	1	24
AB	-	-	12	-	2	4	18
AB	-	-	22	-	-	-	22
AB	-	-	-	2	1	-	3
AB	0.8	-	1	-	-	-	1
AB	1.6	-	5	-	-	-	5
AB	2	-	14	-	-	-	14
AB	2.1	-	18	-	-	-	18
AB	2.1	3	1	-	-	-	4
AB	2.4	1	-	-	-	-	1
AB	3.2	1	1	-	-	-	2
AB	3.5	-	5	-	-	-	5
AG	3.5	-	1	3	-	-	4
AG	3.7	-	1	-	-	-	1
Total		5	122	5	9	5	146

The genus *Neotroponiscus* is endemic to forests of the Atlantic coast of South America. It comprises eight species ranging from Pernambuco in northeastern Brazil to Argentina (Souza-Kury 1998). *Neotroponiscus carolii* has been recorded in the states of Sergipe, Bahia and Espírito Santo (Souza-Kury 1998). It is found on fallen logs and litter, and has been cited as myrmecophilous, being associated with *Camponotus rufipes* (Lemos de Castro 1970).

The family Pudeoniscidae is endemic to Brazil. It comprises only four species; two in *Pudeoniscus* and two in *Brasiloniscus* Lemos de Castro, 1973 (Schmidt & Leistikow 2004). *Pudeoniscus* is endemic to the Atlantic Forest. Previously *P. birabeni* (Schmalzfuss 2003) had been recorded only from the states of Rio de Janeiro and São Paulo (Souza-Kury 1998), and *P. obscurus* only from the state of São Paulo (Lemos de Castro 1973, Magrini et al. 2010). We report for the first time, the two species occurring in Bahia State, about 1,000 kilometres further north. *Pudeoniscus birabeni* is the smallest member of the genus, never exceeding 5 mm in length (Lemos de Castro 1973). The specimens examined in this study were all in abandoned nests on the ground. Both species of *Pudeoniscus* have the ability to roll up into a ball (Lemos de Castro 1973). This ability is said to reduce water loss and also serves as protection against predators (Schmalzfuss 1984).

Terrestrial isopods are important elements of the soil fauna. In a study carried out by Podgaiski et al. (2007) on the use of natural and artificial microhabitats by invertebrates in the Atlantic Forest of Rio Grande do Sul, isopods represented 17% of the total fauna under tiles and 23% of that in the litter. In the particular environment of termite nests, terrestrial isopods represented approximately 7% of all arthropods collected (Santos 2008). In our study, it was found, however, that the terrestrial isopods use aging and abandoned nests, but not those with active termite colonies. The animals are, therefore, classified as termitariophilous. These are animals that use termite mounds for shelter and as feeding and nesting sites (Cunha & Brandão 2000). In contrast, termitophilous animals are those that have an obligatory relationship with the termite colony (Domingos 1983) spending part or all life in the nest (Cunha & Brandão 2000).

Most Oniscidea feed on decaying matter, both vegetable and animal. Abandoned termite nests are rich in organic material accumulated by its builders and by other animals that utilise these microhabitats (Santos 2008), which could be used as a food source for terrestrial isopods. Another factor that may lead them to operate or inhabit such nests is the structure itself. Isopods require a moist environment and seek dark, humid places. The nests of termites are constructed to maintain moisture and ventilation in their galleries (Agarwal 1979) which provides a favorable environment for the colonization of terrestrial organisms such as crustaceans. The galleries and cavities vary in size, offering different options to the adequacy of this habitat to the isopods. On the other hand, we must consider that the specimens were found colonizing nests abandoned by their builders, where the occupants dumped the maintenance of the galleries and stopped defending their access. Thus, the relevance of the use of nests can only be evaluated in a study that takes into account the community of terrestrial isopods in and out of nests, considering especially species occurrence and abundance in the environment surroundings.

It may be noted that the termite nests studied here were constructed by a single genus of termite, *Nasutitermes*. There are 38 known species and 27 genera of termites in primary and secondary forests of Ilhéus (Reis & Cancellato 2007) and it is expected that the same or other species of terrestrial isopods will be found in nests of other taxa of termites.

Acknowledgements

To CAPES for a scholarship awarded to JTL, CNPq for the Productivity Grant awarded to JHCD and PBA, and the Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC) for access to the experimental laboratory and lab support. To Dr A. Raw for the critical review of the manuscript.

References

- AGARWAL, V.B. 1979. Temperature and relative humidity inside the mound of *Odontotermes obesus* (Rambur) (Isoptera: Termitidae). Proc. Indian Acad. Sci. 89(2):91-99.
- ALMERÃO, M.P., MENDONÇA JUNIOR, M.S., QUADROS, A.F., PEDÓ, E., SILVA, L.G.R. & ARAUJO, P.B. 2006. Terrestrial isopod diversity in the subtropical neotropics: Itapuã State Park, southern Brazil. Iheringia Ser. Zool. 96(4):473-477. <http://dx.doi.org/10.1590/S0073-47212006000400012>
- ARAUJO, P. B. & BOND-BUCKUP, G. 2005. Population structure and reproductive biology of *Atlantoscia floridana* (van Name, 1940) (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) in southern Brazil Acta Oecol. 28:289-298. <http://dx.doi.org/10.1016/j.actao.2005.05.005>
- ARAUJO, P.B. & TAITI, S. 2007. Terrestrial isopods (Crustacea, Oniscidea) from Rocas Atoll, northeastern Brazil. Arq. Mus. Nac. 65:347-355.
- BARNARD, K. 1932. Contribution to the fauna of South Africa. 11. Terrestrial Isopoda. Ann. South Afr. Mus. 30:179-388.
- BORUTZKII, E. V. 1969. A new family Turanoniscidae fam. n. (Isopoda, Oniscoidea) from termitaria of Middle Asia. Zool. Zh. 48:499-504.
- BRIGHTSMITH, D. J. 2005. Competition, predation and nest niche shifts among tropical cavity nesters: phylogeny and natural history evolution of parrots (Psittaciformes) and trogons (Trogoniformes). J. Avian Biol. 36:64-73. <http://dx.doi.org/10.1111/j.0908-8857.2005.03310.x>
- CAMARGO, J.M.F. 1970. Ninhos e biologia de algumas espécies de Meliponídeos da região de Pôrto Velho, Território de Rondônia, Brasil. Ver. Biol. Trop. 16:207-239.
- CAMPOS-FILHO, I.S., LISBOA, J.T. & ARAUJO, P.B. 2013. Review of *Atlantoscia* Ferrara & Taiti, 1981 (Crustacea: Isopoda: Oniscidea: Philosciidae) with new records and new species. Org. Divers. Evol. 1:1-23.
- CUNHA, H.F. & BRANDÃO, D. 2000. Invertebrates associated with the Neotropical termite *Constrictotermes cyphergaster* (Isoptera: Termitidae, Nasutitermitinae). Sociobiol. 3:593-599.
- DAVIS, D.E. 1942. The Phylogeny of Social Nesting Habits in the Crotophaginae. Q. Rev. Biol. 17(2):115-134. <http://dx.doi.org/10.1086/394650>
- DOMINGOS, D.J. 1983. O ninho de *Armitermes euamignathus* (Isoptera, Termitidae), características gerais, crescimento e associações. Cienc. Cult. 35:783-789.
- FERRARA, F. & TAITI, S. 1979. A check-list of terrestrial isopods from Africa (south of the Sahara). Monit. Zool. Ital. 12:89-215.
- FERRARA, F., MASCHWITZ, U., KOVAC, S. & TAITI, S. 1987. The genus *Exalloniscus* Stebbing, 1911 (Crustacea, Oniscidea) and its relationship with social insects. – Pubbl. Ist. Ent. Univ. Pavia. 36:43-46.
- GRASSÉ, P.-P. 1986. Termitologia: Anatomie – Physiologie – Biologie – Systématique des Termites, Tome III Comportement – Socialité – Écologie – Évolution – Systématique. Masson, Paris, p.715.
- HOLT, J.A. & LAPAGE, M. 2000. In Termites: evolution, sociality, symbiosis, ecology (T. H. M. Abe & D. E. Bignell, eds.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, p.389-407.
- HORNUNG, E., VILISICS, F. & TARTALLY, A. 2005. Occurrence of *Platyarthrus schoblii* (Isopoda, Oniscidea) and its ant hosts in Hungary. Eur. J. Soil Biol. 41:129-133. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejsobi.2005.11.001>

- KENSLEY, B. 1971. Termitophilous isopods from southern Africa. – *Ann. S. Afr. Mus.* 57:131-147.
- LAVELLE, P., BIGNELL, D. & LAPAGE, M. 1997. Soil function in a changing World: The role of invertebrate ecosystems engineers. *Eur. J. Soil Biol.* 33(4):159-193.
- LEISTIKOW, A. 2001. Phylogeny and biogeography of South American Crinocheta, traditionally placed in the family “Philosciidae” (Crustacea: Isopoda: Oniscidea). *Org. Divers. Evol.* 1, Electr. Suppl. 4:1-85.
- LEMOS DE CASTRO, A. 1970. Isópodos terrestres do gênero *Neotroponiscus* arcangeli (Oniscidae: Bathytropinae). *An. Acad. Bras. Cienc.* 42:89-95.
- LEMOS DE CASTRO, A. 1973. Pudeoniscidae, família nova, com descrição de um gênero novo e três espécies novas de isópodos terrestres do Brasil (Isopoda, Oniscoidea). *Bol. Mus. Nac.* 287:1-10, figs 1-5.
- LEMOS DE CASTRO, A. 1985. Considerações sobre *Atlantoscia alceui* Ferrara & Taiti, 1981 (Isopoda, Oniscoidea, Philosciidae). *Rev. Bras. Biol.* 45(4):417-442.
- LOPES, E.R.C., MENDONÇA JUNIOR, M.S., BOND-BUCKUP, G. & ARAUJO, P.B. 2005. Oniscidea diversity across three environments in an altitudinal gradient in northeastern Rio Grande do Sul, Brazil. *Europ. J. Soil Biol.* 41:99-107 <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejsobi.2005.11.002>
- MAGRINI, M.J., ARAUJO, P.B. & UEHARA-PRADO, M. 2010. Crustacea, Isopoda, Oniscidea Latreille, 1802: New continent record and distribution extension in Brazil. *Check List.* 6(2):217-219.
- MIURA, T. & MATSUMOTO, T. 1997. Diet and nest material of the processional termite *Hospitalitermes* and cohabitation of termites (Isoptera, Termitidae) on Borneo Island. *Insectes Soc.* 44:267-275. <http://dx.doi.org/10.1007/s000400050047>
- PAULIAN DE FÉLICE, L. 1950. Oniscoïdes nouveaux de Madagascar. *Nat. Malgache.* 2:101-106.
- PODGAISKI, R.L., OTT, R. & GANADE, G. 2007. Ocupação de microhabitats artificiais por invertebrados de solo em um fragmento florestal no sul do Brasil. *Neotrop. Biol. Conserv.* 2(2):71-79.
- QUADROS, A.F. & ARAUJO, P.B. 2008. An assemblage of terrestrial isopods in southern Brazil and its contribution to leaf litter processing. *Rev. Bras. Biol.* 25(1):58-66.
- REIS, Y.T. & CANCELLO, E.M. 2007. Riqueza de cupins (Insecta, Isoptera) em áreas de mata atlântica primária e secundária do Sudeste da Bahia. *Iheringia.* 97(3):229-234. <http://dx.doi.org/10.1590/S0073-47212007000300001>
- SANCHEZ-MARTINEZ, T.C. & RENTON, K. 2009. Availability and selection of arboreal termitaria as nest-sites by Orange-fronted Parakeets *Aratinga canicularis* in conserved and modified landscapes in Mexico. *Ibis.* 151(2):311-320. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1474-919X.2009.00911.x>
- SANTOS, P.P. 2008. Fauna associada a ninhos de térmitas em um cacauel no município de Ilhéus, Bahia. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus.
- SANTOS, P.P.; VASCONCELLOS, A.; JAHYNY, B. & DELABIE, J.H.C. 2010. Ant fauna (Hymenoptera; Formicidae) associated to arboreal nests of *Nasutitermes* spp. (Isoptera, Termitidae) in a cacao plantation in southern Bahia, Brazil. *Rev. Bras. Entomol.* 54(3):450-454. <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262010000300016>
- SCHMALFUSS, H. 1984. Eco-morphological strategies in terrestrial isopods. *Sym. Zool. S.* 53:49-63.
- SCHMALFUSS, H. 2003. World catalog of terrestrial isopods (Isopoda, Oniscidea). *Stuttgarter Beitr. Naturk.* 654:1-341.
- SCHMIDT, C. & LEISTIKOW, A. 2004. Catalogue of genera of the terrestrial Isopoda (Crustacea: Isopoda: Oniscidea). *Steenstrupia.* 28(1):1-118.
- SILVESTRI, F. 1917. Contribuzione alla conoscenza dei termitidi e termitofili dell’Africa occidentale. II. Termitofili. Parte prima. *Arthropoda. Crustacea. Isopoda.* – *Boll. Lab. Zool. Gen. Agr. R. Scuola Sup. Agricol. Portici.* 12:290-294.
- SOUZA-KURY, L. 1998. Malacostraca. Peracarida. Isopoda. Oniscidea. In: *Catalogue of Crustacea of Brazil* (P. Young, ed.). Rio de Janeiro, p.653-674.
- TAITI, S. & FERRARA, F. 1988. Revision of the genus *Exalloniscus* Stebbing, 1911 (Crustacea: Isopoda: Oniscidea). *Zool. J. Linn. Soc.* 94:339-377. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1096-3642.1988.tb01200.x>
- TARTALLY, A., HORNING, E. & ESPADALER, X. 2004. The joint introduction of *Platyarthrus schoblii* (Isopoda: Oniscidea) and *Lasius neglectus* (Hymenoptera: Formicidae) into Hungary. – *Myrmec. Nach.* 6:61-66.
- XIAO, B., CHEN, A.-H. ZHANG, Y.-Y. JIANG, G.-F. HU, C.-C. & ZHU, C.-D. 2012. Complete mitochondrial genomes of two cockroaches, *Blattella germanica* and *Periplaneta americana*, and the phylogenetic position of termites. *Curr. Genet.* 58:65-77. PMID:22311390. <http://dx.doi.org/10.1007/s00294-012-0365-7>

Received 05/05/2011

Revised 08/16/2013

Accepted 09/16/2013

Trophic niche comparison between two predators in northern Rio de Janeiro State, Brazil: a stable isotopes approach

Ana Paula Madeira Di Benedetto^{1,3}, Carlos Eduardo Rezende¹,

Plínio Barbosa Camargo² & Helena Amaral Kehrig¹

¹Laboratório de Ciências Ambientais, Centro de Biociências e Biotecnologia – CBB, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, CEP 28013-602, Campos dos Goytacazes, RJ, Brazil

²Laboratório de Ecologia Isotópica, Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA, Universidade de São Paulo – USP, CEP 13416-100, Piracicaba, SP, Brazil

³Corresponding author: Ana Paula Madeira Di Benedetto, e-mail: anapaula@uenf.br

DI BENEDITTO, A.P.M, REZENDE, C.E., CAMARGO, P.B. & KEHRIG, H.A. **Trophic niche comparison between two predators in northern Rio de Janeiro State, Brazil: a stable isotopes approach.** Biota Neotrop.13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?article+bn00613032013>

Abstract: The trophic niche of the sympatric predators *Pontoporia blainvillei* (franciscana dolphin) and *Trichiurus lepturus* (ribbonfish) was compared by stable isotope ($\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$) ratios in hepatic and muscular tissues to understand how they co-exist in the northern Rio de Janeiro State ($21^{\circ}30'\text{S}$ - $22^{\circ}15'\text{S}$), south-eastern Brazil. Dolphin specimens were incidentally captured through commercial gillnet fisheries, while fish specimens were the target of these fisheries. The predators had similar $\delta^{15}\text{N}$ values in the liver (*P. blainvillei*: $14.6 \pm 1.0\text{‰}$; *T. lepturus*: $14.4 \pm 0.6\text{‰}$), which indicates similar trophic position in the recent food intake. However, *P. blainvillei* showed lighter $\delta^{15}\text{N}$ values in muscle ($13.8 \pm 1.0\text{‰}$) than *T. lepturus* ($15.0 \pm 0.4\text{‰}$), revealing differences in the long term diet that could be related with the prey size ingested. The $\delta^{13}\text{C}$ signatures showed a preferential inshore and benthic food chain for *P. blainvillei* (liver: $-15.2 \pm 0.6\text{‰}$; muscle: $-16.0 \pm 0.5\text{‰}$) and a more offshore and pelagic food chain for *T. lepturus* (liver: $-17.2 \pm 0.6\text{‰}$; muscle: $-16.8 \pm 0.3\text{‰}$). The isotopic variances of liver and muscle revealed a broader niche width to *P. blainvillei* in relation to *T. lepturus*, with a greater use of available food resources in coastal waters. In the area of study, the differences in habitat use and exploitation of food resources are favoring the predators' coexistence.

Keywords: trophic niche, marine vertebrates, stable isotopes, Rio de Janeiro, Southwest Atlantic.

DI BENEDITTO, A.P.M., REZENDE, C.E., CAMARGO, P.B. & KEHRIG, H.A. **Comparação do nicho trófico entre dois predadores no norte do estado do Rio de Janeiro, Brasil: uma abordagem de isótopos estáveis.** Biota Neotrop. 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?article+bn00613032013>

Resumo: O nicho trófico dos predadores simpátricos *Pontoporia blainvillei* (golfinho franciscana) e *Trichiurus lepturus* (peixe-espada) foi comparado através de razões de isótopos estáveis ($\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$) nos tecidos hepático e muscular para compreender como eles coexistem no norte do Estado do Rio de Janeiro ($21^{\circ}30'\text{S}$ - $22^{\circ}15'\text{S}$), sudeste do Brasil. Os espécimes do golfinho foram capturados acidentalmente em pescarias comerciais com rede de espera, enquanto os espécimes do peixe foram alvo dessas pescarias. Os predadores apresentaram valores similares de $\delta^{15}\text{N}$ no fígado (*P. blainvillei*: 14.6 ± 1.0 ; *T. lepturus*: 14.4 ± 0.6), o que indica posição trófica semelhante quanto à ingestão alimentar recente. No entanto, *P. blainvillei* apresentou valores mais leves de $\delta^{15}\text{N}$ no músculo (13.8 ± 1.0) em relação a *T. lepturus* (15.0 ± 0.4), revelando diferenças na dieta de longo prazo que podem estar relacionadas ao tamanho das presas ingeridas. As assinaturas de $\delta^{13}\text{C}$ indicaram uma cadeia alimentar preferencialmente costeira e bentônica para *P. blainvillei* (fígado: -15.2 ± 0.6 ; músculo: -16.0 ± 0.5) e uma cadeia alimentar mais oceânica e pelágica para *T. lepturus* (fígado: -17.2 ± 0.6 ; músculo: -16.8 ± 0.3). As variâncias isotópicas do fígado e do músculo revelaram uma maior amplitude de nicho para *P. blainvillei* em relação a *T. lepturus*, com maior aproveitamento dos recursos alimentares disponíveis em águas costeiras. Na área de estudo, as diferenças no uso do habitat e na exploração de recursos alimentares estão favorecendo a coexistência dos predadores.

Palavras-chave: nicho trófico, vertebrados marinhos, isótopos estáveis, Rio de Janeiro, Atlântico Sul Ocidental.

Introduction

Species that require similar feeding resources and co-exist in the same habitat tend to minimize food competition by using different physical areas or preying on different species (Pimm 2002). The target species of this study are two predators that co-exist in coastal waters of the Southwest Atlantic Ocean: franciscana dolphin *Pontoporia blainvillei* (Gervais & D'Orbigny 1844) and ribbonfish *Trichurus lepturus* (Linnaeus 1758). The species *P. blainvillei* is the most vulnerable dolphin along the southwest Atlantic Ocean due to their encounters with gillnet fisheries, and their populations are considered to be decreasing (International... 2012). Its distribution is restricted to waters up to 30 m depth, between 19 °S to 38 °S (Crespo et al. 1998, Di Benedetto 2003). The species *T. lepturus* may be found along tropical and sub-tropical latitudes and it is an important fishery resource worldwide. Juvenile and subadult specimens are related to estuarine and coastal waters, while adult specimens move along the continental shelf widely, reaching the continental slope and oceanic waters (Martins et al. 2005, Froese & Pauly 2012).

Studies on stomach content analysis indicated that *P. blainvillei* feeds preferentially on fishes and squids up to 10 cm length (Di Benedetto & Ramos 2001, Danilewicz et al. 2002). In contrast, the feeding habit of *T. lepturus* changes during its ontogeny, being zooplanktivorous at juvenile stage (5-30 cm length) and becoming a carnivore when adult (>100 cm length), feeding mainly on fishes (Martins et al. 2005). A previous comparison about the food preference of these predators in northern Rio de Janeiro State, south-eastern Brazil, through stomach content analysis, showed a feeding overlap in which 60% of total food resources consumed were shared between them (Bittar & Di Benedetto 2009).

The stomach content analysis of dead vertebrates is commonly used to identify the preferential prey and their quantitative contribution to diet (e.g. Ohizumi et al. 2003, Di Benedetto & Ramos 2001, Bittar et al. 2008). Indeed, this is the more efficient method for the taxonomic recognition and size estimates of prey ingested by aquatic predators. However, stomach content analysis usually indicates the last food intake, but not the dietary input over time (food assimilation). Thus, complementary analysis with other diet markers such as stable isotopes can provide additional information about feeding preference and trophic niche in the ecosystem (Di Benedetto et al. 2011).

Stable isotope measurements have provided useful data on marine vertebrates' trophic ecology, indicating the food assimilated from feeding activities and food sources (e.g. Das et al. 2000, Hobson et al. 2002; Di Benedetto et al. 2011, 2012). In general, stable isotope ratios of a consumer are related to those of their prey and consumers that occupy the same trophic position have similar isotopic measurements (Renaud et al. 2011, Di Benedetto et al. 2011). In trophic ecology approaches, stable isotope of nitrogen ($\delta^{15}\text{N}$) has been mainly used to recognize different trophic levels and food assimilation over time, while carbon ($\delta^{13}\text{C}$) indicates different dietary-based carbon sources (e.g. inshore vs. offshore, pelagic vs. benthic or aquatic vs. terrestrial) (DeNiro & Epstein 1978, Peterson & Fry 1987, Fry 2008). Additionally, the concept of isotopic niche, gathering $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ measurements, has been used to better understand species' trophic niche width and competition or coexistence among species (Bearhop et al. 2004, Newsome et al. 2007, Franco-Trecu et al. 2012).

The aim of this study is to describe the trophic niche of *P. blainvillei* and *T. lepturus* in the coastal waters of northern Rio de Janeiro State using stable isotope analyses in hepatic and muscular tissues to understand how they co-exist in the study area.

Material and methods

1. Sampling

The area of study is the northern Rio de Janeiro State (21°30'S-22°15'S) (Figure 1). Dolphin specimens were incidentally captured through commercial gillnet fisheries while fish specimens were the target of these fisheries. In this area the gillnet fisheries are conducted along the continental shelf, whose slope is located around 100 m depth. The specimens were captured in waters from 2 to 56 km from the coastline, in depths varying from 10 to 50 m. Only adult fish (>100 cm length) were considered for this study due to their potential to be a trophic competitor of *P. blainvillei* (Bittar & Di Benedetto 2009). A sub-sample from the back dorso-lateral muscle and the liver (entire for *T. lepturus* and final portion of the largest lobe for *P. blainvillei*) were removed. All tissue samples were freeze-dried and homogenized with a mortar and pestle for stable isotope analyses.

2. Stable isotope analysis

Stable isotope ratios were determined in dry hepatic and muscular tissue samples, without lipid-extraction, using a Thermo Quest-Finnigan Delta Plus isotope ratio mass spectrometer (Finnigan-MAT) interfaced with an Elemental Analyzer (Carlo Erba). Pee Dee belemnite carbonate and atmospheric nitrogen were used as standard values for carbon and nitrogen analyses, respectively. The analytical precision was ± 0.1 for $\delta^{13}\text{C}$ and ± 0.2 for $\delta^{15}\text{N}$ (triplicate samples of every fifth sample).

The tissues samples were not lipid-extracted, which could have influenced $\delta^{13}\text{C}$ results. Kiljunen et al. (2006) and Post et al. (2007) stated that a C:N ratio less than 3.5 indicates that the tissue contains zero extractable lipid. The mean C:N ratios of the muscle samples, by weight from elemental composition, were less than 3.5 and indicated a low lipid content. In this sense, the lipid-extraction was not considered a restriction on muscle $\delta^{13}\text{C}$ values interpretation. Meanwhile, hepatic tissue usually has high lipid content and should be lipid-corrected (Sweeting et al. 2006). We applied the lipid-normalizing $\delta^{13}\text{C}$ to liver samples, as proposed by Logan et al. (2008): $\delta^{13}\text{C}' = 0.967 \times \delta^{13}\text{C} + 0.861$.

3. Data analysis

The assumptions of normality and homoscedasticity were assessed through Shapiro-Wilk and Levene tests, respectively. The data fit a normal distribution, but the homoscedasticity was not verified in all cases. In this sense, Welch *t*-test for non-homogeneous samples was applied to verify the diet and feeding ground overlaps between *P. blainvillei* and *T. lepturus* considering stable isotopes measurements in hepatic and muscular tissues. The trophic niche width of predators was compared through the isotopic variance of liver and muscle, using a simple variance ratio test (*F*-test), as described in Bearhop et al. (2004). The statistical analysis was performed using Statistica 10.0 for Windows (StatSoft, Inc 1984-2011, USA) and R 2.12.2 for Windows (R Development Core Team 2011). A *p* value equal or less than 0.05 was chosen to indicate statistical significance.

Results and Discussion

The $\delta^{15}\text{N}$ values in the liver ranged from 13.3 to 16.9‰ to *P. blainvillei* (mean: 14.6 ± 1.0 ‰), and 13.7 to 15.5‰ to *T. lepturus* (mean: 14.4 ± 0.6 ‰) (Figure 2). No significant difference was detected between predators ($t = -1.097$; $p = 0.279$). However, the $\delta^{15}\text{N}$ values in muscular tissue of *P. blainvillei* (11.2 to 15.6‰; mean: 13.8 ± 1.0 ‰) were significantly lighter ($t = 3.986$; $p < 0.001$) than in *T. lepturus* (14.0 to 15.5‰; mean: 15.0 ± 0.4 ‰) (Figure 2).

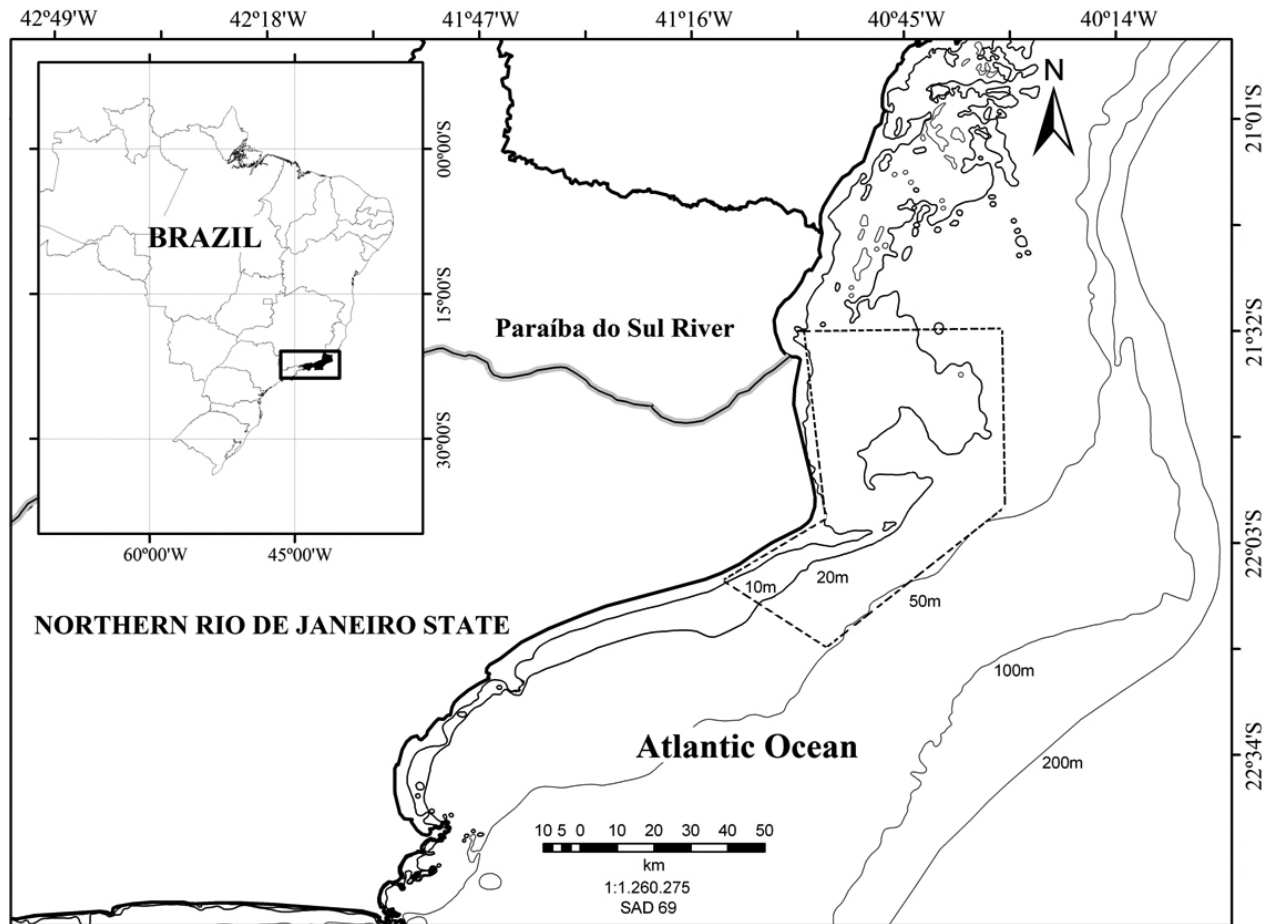


Figure 1. Northern Rio de Janeiro State, south-eastern Brazil, where *Pontoporia blainvillei* and *Trichiurus lepturus* specimens were captured (dotted area).

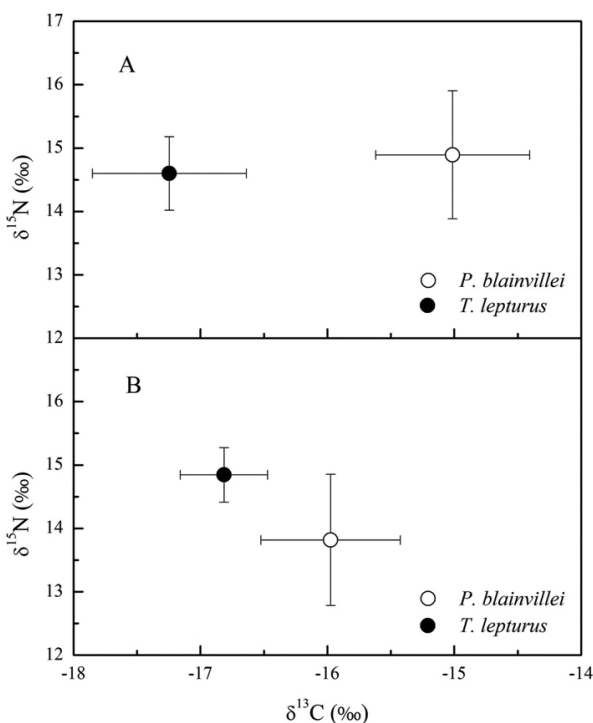


Figure 2. Stable isotopes ($\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$) values in the liver (A) and muscle (B) of *Pontoporia blainvillei* and *Trichiurus lepturus* specimens.

Comparisons of $\delta^{15}\text{N}$ signatures in different tissues allow food ingestion evaluation in different periods of time, as days, weeks or months (Hobson et al. 1996, Das et al. 2000, Fry 2008). Considering hepatic and muscular tissues, the turnover rate is faster in the former due to differences in metabolic activity (Tieszen et al. 1983, Hesslein et al. 1993). From this perspective, it is possible to suggest that $\delta^{15}\text{N}$ signatures in the liver are normally derived by more recent food ingestion (e.g., days or weeks) than in the muscle (e.g. months).

The feeding ground (and diet) overlap between these predators in the area of study should occur when adult specimens of *T. lepturus* move along shallower waters. At this time, *P. blainvillei* (with a restrict area of distribution in the inner continental shelf) and *T. lepturus* (with a wide area of distribution along the entire continental shelf) share the available food resources, that can include the same prey species with similar size. Since the analyzed specimens were captured in the inner continental shelf (see Material and Methods), the recent feeding events (measured by $\delta^{15}\text{N}$ signatures in the liver) were probably similar, as well as the predators' trophic level in this feeding ground. This could explain the similar results of hepatic $\delta^{15}\text{N}$ for *T. lepturus* and *P. blainvillei* specimens.

On the other hand, the $\delta^{15}\text{N}$ ratios in muscle of *P. blainvillei* specimens were lighter than in *T. lepturus* specimens, showing differences between predators when considering the trophic level in a long-term diet. According to Bittar & Di Benedetto (2009), the predators are sharing 60% of the total food resources ingested, but the average prey size consumed by *T. lepturus* is twice greater than *P. blainvillei*'s. In general, small size specimens of a given species

are less $\delta^{15}\text{N}$ enriched than the large ones (Jennings et al. 2002), and this condition could explain the muscle $\delta^{15}\text{N}$ differences between predators.

Stable carbon isotope was specifically grouped in both tissues (Figure 2). In *P. blainvillei* specimens the values ranged from -15.6 to -13.4‰ (mean: $-15.2 \pm 0.6\text{‰}$) in hepatic tissue and -17.1 to -14.9‰ (mean: $-16.0 \pm 0.5\text{‰}$) in muscular tissue, while in *T. lepturus* specimens the values ranged from -18.4 to -16.5‰ (mean: $-17.2 \pm 0.6\text{‰}$) and -17.8 to -16.3‰ (mean: $-16.8 \pm 0.3\text{‰}$) in liver and muscle, respectively (Figure 2). In both tissues, the values of $\delta^{13}\text{C}$ for *T. lepturus* were significantly lighter than in *P. blainvillei* (liver: $t = -11.01$; $p < 0.001$; muscle: $t = -5.692$; $p < 0.001$).

Differences in $\delta^{13}\text{C}$ signatures reflect differences in habitat use between these predators. The $\delta^{13}\text{C}$ signatures are usually applied to distinguish different dietary-based carbon sources: benthic and inshore trophic chains are usually enriched in $\delta^{13}\text{C}$ compared to pelagic and offshore ones (DeNiro & Epstein 1978, Hobson 1999, Lesage et al. 2001, Fry 2008). Thus, $\delta^{13}\text{C}$ signatures showed a preferential inshore and benthic food chain for *P. blainvillei* and a more offshore and pelagic food chain for *T. lepturus*.

In *P. blainvillei*, the variances in $\delta^{15}\text{N}$ values (liver: 1.02; muscle: 1.10) were significantly greater ($F = 3.01$; $p = 0.026$) than in *T. lepturus* (liver: 0.34; muscle: 0.17), reflecting a broader niche width to the dolphin. Considering the pool of ingested prey species by each predator, this result indicates that the number of prey species that have importance in the diet of *P. blainvillei* is greater than in *T. lepturus*, corroborating the prey's index of relative importance analysis done in Bittar & Di Benedetto (2009).

The variances in $\delta^{13}\text{C}$ values in hepatic tissue were similar between predators (*P. blainvillei*: 0.38; *T. lepturus*: 0.35; $F = 1.06$; $p = 0.884$). This can indicate similar trend regarding feeding grounds used by both predators in recent feeding events, when they are sharing the coastal waters along the inner continental shelf and probably the food resources, as discussed above. The variances in muscle $\delta^{13}\text{C}$ of *P. blainvillei* (0.30) was greater than *T. lepturus* (0.12), but with no significant difference ($F = 2.50$; $p = 0.061$). Although demersal feeding ground seems to be more important to *P. blainvillei* than pelagic ones, as shown by $\delta^{13}\text{C}$ values (Figure 2), this predator explores both sites to capture its preferred prey (Di Benedetto & Ramos 2001). On the other hand, *T. lepturus* is a typical pelagic predator (Bittar et al. 2008). These characteristics would lead to differences in the variances considering the muscular $\delta^{13}\text{C}$ values.

In the area of study, some previous investigations described in details the feeding habits of both predators through stomach content analysis. Both pelagic (e.g., *Doryteuthis* spp, *Anchoa filifera*, *Pellona harroweri* and *Chirocentrodon bleekermanus*) and demersal species (*Stellifer* spp, *Isopisthus parvipinnis* and *Cynoscion jameicensis*) were identified as preferential prey of *P. blainvillei* (Di Benedetto & Ramos 2001). Regarding *T. lepturus*, only pelagic species were among the most consumed prey (e.g., *T. lepturus* – juvenile specimens, *P. harroweri*, *C. bleekermanus* and *Lycengraulis grossidens* and *Doryteuthis* spp) (Bittar et al. 2008, 2012). Comparing the previous stomach content analysis with the stable carbon isotope signatures measured in the present study, we can argue that demersal prey species are more important for *P. blainvillei* than previously thought. This feeding strategy can reduce the trophic competition between *P. blainvillei* and *T. lepturus* (and other pelagic predators) in coastal areas. Additionally, the trophic niche width of *P. blainvillei* indicates its great ability in using the available food resources, compensating its limits regarding the distributional area and allowing the coexistence with trophic competitors, as *T. lepturus*.

Acknowledgments

We thank fishermen from Atafona Harbour and Silvana Ribeiro Gomes, who provided us with franciscana dolphin and ribbonfish specimens. APM Di Benedetto was supported by Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (Proc. 300241/2009-7 and 403735/2012-2) and Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo a Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro - FAPERJ (Proc. E-26/102.915/2011). CE Rezende was supported by CNPq (Proc. 304615/2010-2) and FAPERJ (Proc. E-26/102.945/2011). This work was partially supported by CNPq INCT Material Transference from the Continent to the Ocean (Proc. 573.601/2008-9). Franciscana dolphin's research permit was provided by the Brazilian Government/ Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Permit nº 012-02/CMA/IBAMA).

References

- BEARHOP, S., ADAMS, C.E., WALDRON, S., FULLER, R.A. & MacLEOD, H. 2004. Determining trophic niche width: a novel approach using stable isotope analysis. *J. Anim. Ecol.* 73:1007-1012. <http://dx.doi.org/10.1111/j.0021-8790.2004.00861.x>
- BITTAR, V.T., CASTELLO, B.F.L. & DI BENEDITTO, A.P.M. 2008. Hábito alimentar do peixe-espada adulto, *Trichiurus lepturus*, na costa norte do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil. *Biotemas* 21:83-90. <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7925.2008v21n2p83>
- BITTAR, V.T. & DI BENEDITTO, A.P.M. 2009. Diet and potential feeding overlap between *Trichiurus lepturus* (Osteichthyes, Perciformes) and *Pontoporia blainvillei* (Mammalia, Cetacea) in northern Rio de Janeiro, Brazil. *Zoologia* 26:374-378. <http://dx.doi.org/10.1590/S1984-46702009000200023>
- BITTAR, V.T., AWABDI, D.R., TONINI, W.C.T., VIDAL JÚNIOR, M.V. & DI BENEDITTO, A.P.M. 2012. Feeding preference of adult females of ribbonfish *Trichiurus lepturus* L. 1758 through prey proximate-composition and caloric values. *Neot. Ichth.* 10:193-203.
- CRESPO, E.A., HARRIS, G. & GONZÁLEZ, R. 1998. Group size and distributional range of the franciscana, *Pontoporia blainvillei*. *Mar. Mamm. Sci.* 14:845-849. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-7692.1998.tb00768.x>
- DANILEWICZ, D., ROSAS, F., BASTIDA, R., MARIJO, J., MUELBERT, M., RODRÍGUEZ, D., LAILSON-BRITO JUNIOR, J., RUOPOLLO, V., RAMOS, R., BASSOI, M., OTT, P.H., CAON, G., ROCHA, A.M., CATÃO-DIAS, J.L. & SECCHI, E.R. 2002. Report of the Working Group on Biology and Ecology. *LAJAM* 1:25-42. <http://dx.doi.org/10.5597/lajam00005>
- DAS, K., LEPOINT, G., LOIZEAU, V., DEBACKER, V., DAUBY, P. & BOUQUEGNEAU, J.M. 2000. Tuna and dolphin associations in the North-East Atlantic: evidence of different ecological niches from stable isotope and heavy metal measurements. *Mar. Pollut. Bull.* 40:102-109. [http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X\(99\)00178-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X(99)00178-2)
- DENIRO, M.J. & EPSTEIN, S. 1978. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochim. Cosmochim. Ac.* 42:495-506. [http://dx.doi.org/10.1016/0016-7037\(78\)90199-0](http://dx.doi.org/10.1016/0016-7037(78)90199-0)
- DI BENEDITTO, A.P.M. 2003. Interactions between gillnet fisheries and small cetaceans in northern Rio de Janeiro, Brazil: 2001-2002. *LAJAM* 2:79-86. <http://dx.doi.org/10.5597/lajam00035>
- DI BENEDITTO, A.P.M. & RAMOS, R.M.A. 2001. Biology and conservation of the franciscana (*Pontoporia blainvillei*) in the north of Rio de Janeiro, Brazil. *J. Cetacean Res. Manag.* 2:185-192.
- DI BENEDITTO, A.P.M., SOUZA, C.M.M., KEHRIG, H.A. & REZENDE, C.E. 2011. Use of multiple tools to assess the feeding preference of coastal dolphins. *Mar. Biol.* 158:2209-2217. <http://dx.doi.org/10.1007/s00227-011-1726-3>

- DI BENEDETTO, A.P.M., BITTAR, V.T., CAMARGO, P.B., REZENDE C.E. & KEHRIG, H.A. 2012. Mercury and nitrogen isotope in a marine species from a tropical coastal food web. *Arch. Environ. Con. Tox.* 44:264-271. PMID:21858737. <http://dx.doi.org/10.1007/s00244-011-9701-z>
- FRANCO-TRECU, V., AURIOLES-GAMBOA, ARIM, M. & LIMA, M. 2012. Prepartum and postpartum trophic segregation between sympatrically breeding female *Arctocephalus australis* and *Otaria flavescens*. *J. Mammal* 93:514-521. <http://dx.doi.org/10.1644/11-MAMM-A-174.1>
- FROESE, R. & PAULY, D. 2012. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org (último acesso em 08/2012).
- FRY, B. 2008. Stable isotope ecology. Springer Science Business Media, New York.
- HESSLEIN, R.H., HALLARD, K.A. & RAMLAL, P. 1993. Replacement of sulphur, carbon, and nitrogen tissue of growing broad whitefish (*Coregonus nasus*) in response to a change in diet traced by $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, and $\delta^{34}\text{S}$. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50:2071-2076. <http://dx.doi.org/10.1139/f93-230>
- HOBSON, K.A. 1999. Tracing origins and migration of wildlife using stable isotopes: a review. *Oecologia* 120:314-326. <http://dx.doi.org/10.1007/s004420050865>
- HOBSON, K.A., SCHELL, D., RENOUF, D. & NOSEWORTHY, E. 1996. Stable-carbon and nitrogen isotopic fractionation between diet and tissues of captive seals: implications for dietary reconstructions involving marine mammals. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53:528-533. <http://dx.doi.org/10.1139/f95-209>
- HOBSON, K.A., FISK, A., KARNOVSKY, N., HOLST, M., GAGNON, J.-M. & FORTIER, M. 2002. A stable isotope ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) model for the North Water food web: implications for evaluating trophodynamics and the flow of energy and contaminants. *Deep-Sea Res. II* 49:5131-5150. [http://dx.doi.org/10.1016/S0967-0645\(02\)00182-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0967-0645(02)00182-0)
- INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE - IUCN. 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. Available at www.iucnredlist.org. Accessed in 05 November 2012.
- JENNINGS, S., PINNEGAR, J.K., NICHOLAS, V.C. & WARR, K.J. 2002. Linking size-based and trophic analyses of benthic community structure. *Mar. Ecol-Prog. Ser.* 226:77-85. <http://dx.doi.org/10.3354/meps226077>
- KILJUNEN, M., GREY, J., SINISALO, T., HARROD, C., IMMONEN, H. & JONES, R.I. 2006. A revised model for lipid-normalizing $\delta^{13}\text{C}$ values from aquatic organisms, with implications for isotope mixing models. *J. Appl. Ecol.* 43:1213-1222. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01224.x>
- LESAGE, V., HAMMIL, M.O. & KOVACS, K.M. 2001. Marine mammals and the community structure of the Estuary and Gulf of St Lawrence, Canada: evidence from stable isotope analysis. *Mar. Ecol-Prog. Ser.* 210:203-221. <http://dx.doi.org/10.3354/meps210203>
- LOGAN, J.M., JARDINE, T.D., MILLER, T.J., BUNN, S.E., CUNJAK, R.A. & LUTCAVAGE, M.E. 2008. Lipid corrections in carbon and nitrogen stable isotope analyses: comparison of chemical extraction and modelling methods. *J. Anim. Ecol.* 77:838-846. PMID:18489570. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2656.2008.01394.x>
- MARTINS, A.S., HAIMOVICI, M. & PALACIOS, R. 2005. Diet and feeding of the cutlassfish *Trichiurus lepturus* in the Subtropical Convergence Ecosystem of southern Brazil. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 85:1223-1229. <http://dx.doi.org/10.1017/S002531540501235X>
- NEWSOME, S.D., DEL RIO, C.M., BEARHOP, S. & PHILLIPS D.L. 2007. A niche for isotopic ecology. *Front. Ecol. Environ.* 5:429-436.
- OHIZUMI, H., KURAMOCHI, T., KUBODERA, T., YOSHIOKA, M. & MIYAZAKI, N. 2003. Feeding habits of Dall's porpoises (*Phocoenoides dalli*) in the subarctic North Pacific and the Bering Sea basin and the impact of predation on mesopelagic micronekton. *Deep-Sea Res. I* 50:593-610. [http://dx.doi.org/10.1016/S0967-0637\(03\)00033-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0967-0637(03)00033-5)
- PETERSON, B.J. & FRY, B. 1987. Stable isotopes in ecosystem studies. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 18:293-320. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.es.18.110187.001453>
- PIMM, S.L. 2002. Food webs. 2nd ed. The University Chicago Press, Chicago. PMID:12468828.
- POST, D.M., LAYMAN, C.A., ARRINGTON, D.A., TAKIMOTO, G., QUATTROCHI, J. & MONTAÑA, C.G. 2007. Getting to the fat of the matter: models, methods and assumptions for dealing with lipids in stable isotope analyses. *Oecologia* 152:179-189. PMID:17225157. <http://dx.doi.org/10.1007/s00442-006-0630-x>
- RENAUD, P.E., TESSMANN, M., EVENSET, A. & CHRISTENSEN, G.N. 2011. Benthic food web structure of an Arctic fjord (Kongsfjorden, Svalbard). *Mar. Biol. Res.* 7:13-26. <http://dx.doi.org/10.1080/17451001003671597>
- SWEETING, C.J., POLUNIN, N.V.C. & JENNINGS, S. 2006. Effects of chemical lipid extraction and arithmetic lipid correction on stable isotope ratios of fish tissues. *Rapid Commun. Mass Sp.* 20:595-601. PMID:16429479. <http://dx.doi.org/10.1002/rcm.2347>
- TIESZEN, L.L., BOUTTON, T.W., TESDAHL, K.G. & SLADE, N.A. 1983. Fractionation and turn-over of stable carbon isotopes in animal tissues: implication for $\delta^{13}\text{C}$ analysis of diet. *Oecologia* 57:32-37. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00379558>

Received 11/06/2012

Revised 05/06/2013

Accepted 07/10/2013

Diversity of Odonata (Insecta) larvae in streams and farm ponds of a montane region in southern Brazil

Mateus Marques Pires^{1,5}, Carla Bender Kotzian², Marcia Regina Spies³ & Damaris Battistel Neri⁴

¹Programa de Pós-graduação em Biologia, Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, Av. Unisinos, 950, CEP 93022-000, São Leopoldo, RS, Brasil

²Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Animal, Departamento de Biologia, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Av. Roraima, 1000, CEP 97015-900, Santa Maria, RS, Brasil

³Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA, Av. Antônio Trilha, 1847, CEP 97300-000, São Gabriel, RS, Brasil

⁴Instituto Pró-Universidade Canoense, Av. Guilherme Schell, 5000, CEP 92310-000, Canoas, RS, Brasil

⁵Corresponding author: Mateus Marques Pires, e-mail: marquespiresm@gmail.com

PIRES, M.M., KOTZIAN, C.B., SPIES, M.R. & NERI, D.B. **Diversity of Odonata (Insecta) larvae in streams and farm ponds of a montane region in southern Brazil.** *Biota Neotrop.* (13)3:<http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?inventory+bn01813032013>

Abstract: This study presents an inventory of the genera of Odonata found in streams and artificial farm ponds in a montane region, with temperate climate, in southern Brazil. Differences in richness of lotic and lentic environments were also investigated. The diversity of odonate families and genera in southernmost Brazil is lower than in warmer, either tropical or subtropical, regions of the country. Nine genera are new records for the region and six genera had their geographical ranges extended to regions with temperate climate of the Neotropics. The overall richness and especially the overall abundance recorded in the studied area are possibly determined by the occurrence of numerous farm ponds because natural standing waters are scarce in the region. The presence of macrophytes in these artificial ponds allowed the establishment of a diversified odonatofauna, typical of lentic environments.

Keywords: dragonfly, inventory, Neotropical region, reservoirs, riverine fauna.

PIRES, M.M., KOTZIAN, C.B., SPIES, M.R. & NERI, D.B. **Diversidade de larvas de Odonata (Insecta) em riachos e açudes de uma região montanhosa no sul do Brasil.** *Biota Neotrop.* (13)3:<http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?inventory+bn01813032013>

Resumo: Este estudo apresenta um inventário de gêneros de Odonata de riachos e reservatórios artificiais de uma região montanhosa de clima temperado no extremo sul do Brasil. Diferenças na riqueza de ambientes lóticos e lênticos também foram investigadas. A diversidade de famílias e gêneros de Odonata no extremo sul do Brasil é menor que em regiões mais quentes, tanto tropicais quanto subtropicais, do país. Nove gêneros são novos registros para a região e seis gêneros tiveram suas distribuições geográficas de ocorrência estendidas para áreas temperadas da região Neotropical. A riqueza e a abundância verificadas na área de estudo possivelmente foram determinadas pela ocorrência de numerosos reservatórios artificiais, pois áreas lênticas naturais são raras na região. A presença de macrófitas nestes reservatórios permitiu o estabelecimento de uma fauna de Odonata diversificada e típica de ambientes lênticos.

Palavras-chave: libélulas, inventário, região Neotropical, reservatórios, fauna lótica.

Introduction

Odonate larvae occupy a variety of running and standing freshwater environments such as rivers, lakes, ponds, wetlands and, to a lesser extent, phytotelmata, brackish waters and littoral areas of rivers (Merritt & Cummings 1996, Souza et al. 2007). In these habitats, they play an important role in ecological food webs, feeding on smaller insects, including fingerlings and young tadpoles, or serving as prey for adult fishes (Corbet 1999). Additionally, they are also efficient indicators of water quality (Ferreira-Peruquetti & De Marco Junior 2002), due to the preference of both larval and adult stages for certain environmental conditions for their establishment (Corbet 1999, Clausnitzer et al. 2009). Odonate larvae may also occur in artificial water bodies (e.g., reservoirs), but their diversity in such environments is little studied (Williams et al. 2008).

Odonates, as other aquatic animal groups, have been threatened by human activities. About 10% of odonate species worldwide are considered “threatened”, 35% are classified as “data deficient”, and 6% are “endangered” (Clausnitzer et al. 2009). However, the diversity of odonates is not well known in certain regions of the world. According to Kalkman et al. (2008) 1,000 to 1,500 species are yet to be described. In Brazil, which occupies ca. of 50% of the area of the Neotropics, only 800 species have been reported (Souza et al. 2007). Besides, the occurrence of odonates has been documented in less than one-third of the Brazilian territory, and especially in areas with tropical and subtropical climates (De Marco Junior & Vianna 2005). Additionally, bioecological studies have focused mainly on lakes and floodplains (De Marco Junior & Latini 1998, Franco & Takeda 2002, Fulan & Henry 2006, 2007, Juen et al. 2007, Giacomini & De Marco Junior 2008), while main channels of lowland rivers (Ferreira-Peruquetti & De Marco Junior 2002, Assis et al. 2004), montane streams (Dalzochio et al. 2011), wetlands (Maltchik et al. 2010), reservoir and fishfarms (De Marco Junior et al. 1999, Fonseca et al. 2004) are poorly known.

The state of Rio Grande do Sul (RS) has temperate climate, but winters are not rigorous and the annual rainfall is constant (Brasil 1986). These conditions may allow the presence of a diversified odonotofauna (Kalkman et al. 2008). In fact, some studies have suggested that in regions with temperate climate, certain groups of riverine macroinvertebrates may have greater richness than in regions with tropical climate (e.g., McKie et al. 2005; see Floss et al. 2012 for southern Brazil). In RS, many watersheds run from highlands to lowlands, and therefore show different substrate composition, a factor that also contributes to the occurrence of a diversified macroinvertebrate composition (Beisel et al. 2000, Voelz & McArthur 2000). Additionally, the slopes have relatively well preserved landscapes (Marcuzzo et al. 1998).

The knowledge on the diversity of odonates in RS is incipient. Inventories of adult individuals (Costa 1971, Teixeira 1971) and larvae from wetland systems (Maltchik et al. 2010) constitute the only references for the order, and inventories in lotic environments are missing. The occurrence of small reservoirs along streams is too common, and must contribute to the establishment of a typical fauna of lentic environments, along the stream banks. This study presents an inventory of the genera of odonate larvae found in streams and artificial farm ponds, in the middle course of the Jacuí River. This river runs in a montane region which contains a well diversified macroinvertebrate community (see Neri et al. 2005 for Heteroptera; Spies et al. 2006 for Trichoptera; Siegloch et al. 2008 for Ephemeroptera; Floss et al. 2012, for Chironomidae). Differences in the community structure of lotic and lentic environments were also investigated, in order to contribute to the initial understanding of the importance and influence of reservoirs on odonates biodiversity.

Material and Methods

1. Study area

The middle course of the Jacuí River basin is one of the most important watersheds of the Rio Grande do Sul state, in southernmost Brazil (Figure 1). The basin is 800 km long and covers 71,600 km² (Zamanillo et al. 1989). In October 2000, the middle reach of the Jacuí River was dammed at its downstream end, for hydroelectric purposes (Dona Francisca Power Station, UHEDF, 29°26'50" S and 53°16'50" W) (Figure 1). Nowadays, part of the area nearby the UHEDF reservoir comprehends the ‘Parque Estadual da Quarta Colônia’.

The middle Jacuí River runs over a mountainous region (the Encosta Inferior do Nordeste), with altitudes ranging from 50 to 500 m. The river valley is deep and narrow, not favoring the existence of large agricultural areas (Marchiori et al. 1982). The numerous rivers and streams of the region have predominantly gravelly beds (boulders and cobbles). Lentic environments such as marshes and lakes are absent, and few backwaters are found only downstream, near the lowlands in the lower part of the middle course. However, small reservoirs and artificial farm ponds used to water livestock are very common.

The original vegetation of the region was the Seasonal Deciduous Forest, which was mostly deforested after colonization by immigrants in the XIXth century. Nowadays, this forest is represented only by small fragments, and second growth and riparian forests are

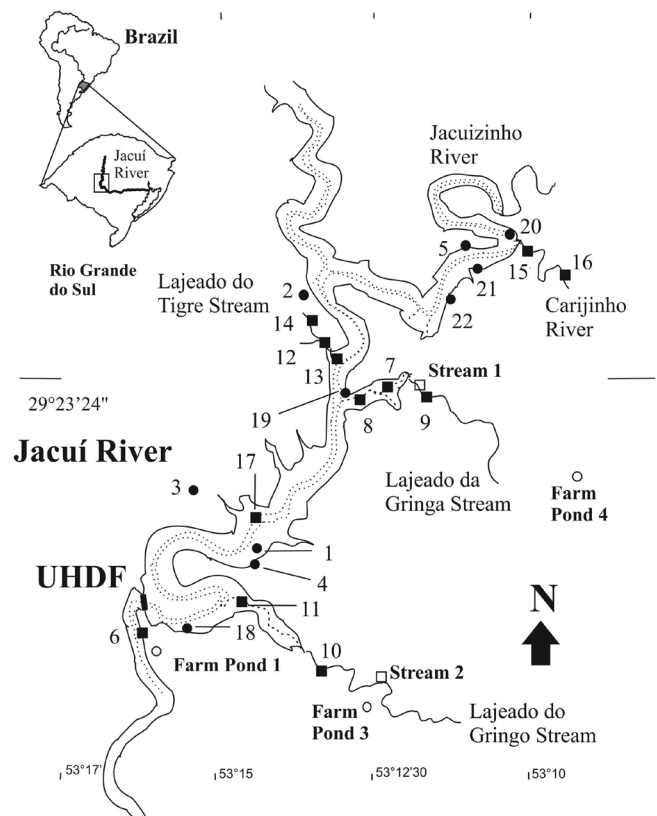


Figure 1. Location of studied sites in the middle course of the Jacuí River basin, central region of the State of Rio Grande do Sul, Brazil. Squares indicate lotic sites and circles, lentic sites. Filled figures represent sites sampled from April through October 2000 and from June 2001 through May 2002 and empty ones, between January 2008 and February 2009. Dotted line represents the course of the Jacuí River and its tributaries before UHEDF impoundment.

distributed sparsely along rivers and on mountain slopes (Durlo et al. 1982, Longhi et al. 1982, Marchiori et al. 1982, Marcuzzo et al. 1998). Land use consists mainly of small farms, used for livestock and some fruits and vegetables. Maize and tobacco are the most common major crops in the region (Rio Grande do Sul 2013).

The climate of the region is Cfa, according to the Köppen classification (Durlo et al. 1982, Maluf 2000). The mean annual temperature ranges from 18 to 22 °C, nearing 13 °C during the coldest period of the year (Maluf 2000). This is the lowest minimum temperature in the country (Brasil 1986), and leads some authors to consider the climate as temperate (Maluf 2000). Rainfall is distributed evenly through the year, with the total annual precipitation ranging from 1,500 to 1,750 mm (Pereira et al. 1989).

Table 1. Location of the qualitative sampling sites of larval odonate genera in the area of scope of UHEDF, middle course of the Jacuí River basin, Rio Grande do Sul State, Brazil. Sites 6, 9, 11 and 16 were also sampled in the post-impoundment phase of UHEDF.

Site	Environment	Coordinates
Pre-impoundment period (January 2000 through October 2000)		
1	lentic	29°25'48 S 53°15'08 W
2	lentic	29°21'14 S 53°14'03 W
3	lentic	29°25'30 S 53°15'39 W
4	lentic	29°26'09 S 53°15'09 W
5	lentic	29°20'43 S 53°10'57 W
6	lotic	29°28'44 S 53°16'56 W
7	lotic	29°23'01 S 53°12'34 W
8	lotic	29°23'01 S 53°13'19 W
9	lotic	29°22'57 S 53°12'08 W
10	lotic	29°28'03 S 53°13'28 W
11	lotic	29°28'07 S 53°13'28 W
12	lotic	29°22'16 S 53°13'41 W
13	lotic	29°22'26 S 53°13'37 W
14	lotic	29°21'53 S 53°14'07 W
15	lotic	29°20'32 S 53°09'57 W
16	lotic	29°21'26 S 53°09'11 W
17	lotic	29°25'21 S 53°14'51 W
Post-impoundment period (May 2001 through October 2002)		
18	lentic	29°26'44 S 53°16'50 W
19	lentic	29°23'28 S 53°13'54 W
20	lentic	29°20'12 S 53°14'02 W
21	lentic	29°20'44 S 53°10'19 W
22	lentic	29°21'45 S 53°11'38 W

Table 2. Location and characterization of the sampling sites of larval odonate genera in the quantitative period of sampling (March 2008 through February 2009), in the middle course of the Jacuí River basin, Rio Grande do Sul State, Brazil.

Site	Coordinates	Marginal vegetation	Macrophyte richness	Shading	Area (m ²)	Order
Lajeado da Gringa Stream	29°22'58 S 53°12'11 W	-	-	Yes	-	third
Lajeado do Gringo Stream	29°28'05 S 53°13'30 W	-	-	Partial	-	fourth
Farm Pond 1	29°27'30 S 53°17'30 W	No	0	Yes	50	-
Farm Pond 2	29°29'41 S 53°16'54 W	Yes	10	No	230	-
Farm Pond 3	29°28'6 S 53°13'23 W	Yes	1	No	560	-
Farm Pond 4	29°25'27 S 53° 9'1 W	Yes	10	No	600	-

2. Sampling methods

Sampling was conducted monthly, from March 2008 to February 2009, at six sites represented by two streams and four farm ponds (Figure 1, Table 2). All farm ponds except Pond 4 are permanent, with muddy bottoms and ca. 1 m deep, and are used to water cattle. In both lentic and lotic environments, samples were taken with hand sieves (mesh = 1 mm), with a sampling effort of 1 hour by one person, never exceeding 1 m depth, and was mostly conducted along the banks. Qualitative sampling of adults was also conducted monthly, with a hand net at all six sites, in order to corroborate and/or assist in larvae identification. Additionally, specimens qualitatively collected during the pre-impoundment (January 2000 through October 2000) and post-impoundment (May 2001 through October 2002) phases of the construction of the UHEDF reservoir were also included in the overall inventory. These larvae were collected at irregular intervals, using different and not standardized sampling methods, in 12 sites located in rivers and streams and in 10 artificial farm ponds (Figure 1, Table 1).

The specimens collected were fixed and preserved in 70% ethyl alcohol. Larvae and adults were identified to genus level, using specialized keys (Carvalho & Calil 2000 and Costa et al. 2004 for larvae; and Garrison et al. 2006 and Lencioni 2005, 2006 for adults) and with the collaboration of specialists. Voucher specimens are deposited in the Invertebrate Collection (UFSM-AI 2551 to 2800), Biology Department, Federal University of Santa Maria (UFSM), State of Rio Grande do Sul, Brazil.

3. Data analysis

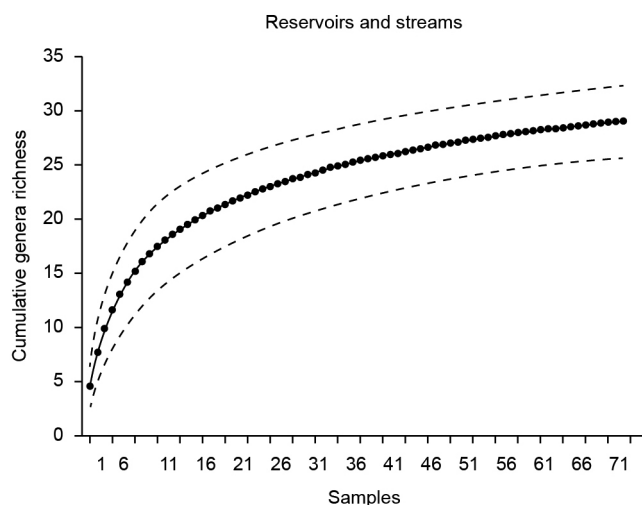
Based on the quantitative samplings (2008-2009), the accumulated richness of the genera was estimated by the collector's curve, which was obtained with 500 curves generated by random addition of samples using EstimateS 8.2 software (Colwell 2009). Rarefaction curves were constructed in order to estimate the richness of genera of lotic and lentic environments, based on Hurlbert (1971) and Simberloff (1972). Through this method, the estimated richness is compared, using the smallest abundance level among the assemblages (Gotelli & Entsminger 2006). The mean rarefaction curves were estimated based on 1,000 iterations, using the program EcoSim version 7.72 (Gotelli & Entsminger 2006).

Results

A total of 2,939 larvae attributed to 30 genera and seven families were recorded between March 2008 and February 2009 (Table 3). The cumulative curve of genera for this period did not present stability, indicating that the asymptote was not reached (Figure 2). *Acanthagrion* Selys, 1876 (28.4%), *Lestes* Leach, 1815 (21.6%), *Erythrodiplax* Brauer, 1868 (13.6%), and *Oxyagrion* Selys, 1876

Table 3. Diversity (families and genera), richness (S), number of specimens (N) and relative abundance (%) of odonate genera registered in streams and farm ponds in the middle course of the Jacuí River Basin, Rio Grande do Sul State, Brazil, in the quantitative period of sampling (March 2008 through February 2009).

Sites		Streams			Farm Ponds				Subtotal	Total
		Lajeado da Gringa	Lajeado do Gringo	Subtotal	Pond 1	Pond 2	Pond 3	Pond 4		
Family	Genera	%	%		%	%	%	%		
Calopterygidae	<i>Hetaerina</i> Hagen, 1853	19.78	7.65	50	0	0	0	0	0	50
Coenagrionidae	<i>Acanthagrion</i> Selys, 1876	15.38	7.65	42	80.41	47.73	6.93	17.16	793	835
	<i>Argia</i> Rambur, 1842	13.73	59.56	134	0	0	0	0	0	134
	<i>Ischnura</i> Charpentier, 1840	0	0	0	0.51	1.17	0.93	1.19	26	26
	<i>Oxyagrion</i> Selys, 1876	1.09	0	2	1.8	26.63	14.4	5.6	321	323
	<i>Telebasis</i> Selys, 1865	0	0	0	0	0	0.13	0	1	1
Lestidae	<i>Lestes</i> Leach, 1815	0	0	0	2.57	2.01	27.33	48.74	636	636
Aeshnidae	<i>Anax</i> Leach 1815	0	0	0	0	0.16	0.13	3.57	32	32
	<i>Castoraeschna</i> Calvert, 1952	1.09	0.54	3	0	0	0	0	0	3
	<i>Coryphaeschna</i> Williamson, 1903	0	0	0	0	2.34	0	0.47	18	18
	<i>Rhionaeschna</i> Förster, 1909	0	0	0	0.77	0	1.46	11.2	108	108
Corduliidae	<i>Navicordulia</i> Machado e Costa, 1995	25.27	14.75	73	0	0	0	0	0	73
Gomphidae	<i>Aphylla</i> Selys, 1854	0	0	0	0	0	0.13	0.11	2	2
	<i>Archaeogomphus</i> Williamson, 1919	1.09	0	2	0	0	0	0	0	2
	<i>Desmogomphus</i> Williamson, 1920	1.09	1.63	5	0	0	0	0	0	5
	<i>Phyllocycla</i> Calvert, 1948	14.83	2.18	31	0	0	0	0	0	31
	<i>Progomphus</i> Selys, 1854	1.64	1.09	5	0	0	0	0	0	5
	<i>Tibiagomphus</i> Belle, 1992	1.09	3.27	8	0	0	0	0	0	8
Libellulidae	<i>Brechmorhoga</i> Kirby 1894	0	1.09	2	0	0	0	0	0	2
	<i>Elasmothemis</i> Westfall, 1988	0.54	0	1	0.002	0	0	0	1	2
	<i>Erythemis</i> Hagen, 1861	0	0	0	0.51	0	0	0	2	2
	<i>Erythrodiplax</i> Brauer, 1868	2.74	0	5	9.53	17.42	29.06	4.88	400	405
	<i>Gynothemis</i> Calvert in Ris, 1909	0	0	0	1.28	0	0	0	5	5
	<i>Micrathyria</i> Kirby, 1889	0	0	0	0	2.51	0.53	0.35	22	22
	<i>Oligoclada</i> Karsch, 1890	0	0	0	0.51	0	0	0	2	2
	<i>Orthemis</i> Hagen, 1861	0	0	0	0.002	0	0.13	3.93	35	35
	<i>Pantala</i> Hagen, 1861	0	0.54	1	0	0	0.4	1.31	14	15
	<i>Perithemis</i> Hagen, 1861	0	0	0	0	0	0	0.47	4	4
	<i>Tauriphila</i> Kirby, 1889	0	0	0	0.002	0	0	0	1	1
	<i>Tramea</i> Hagen, 1861	0.54	0	1	1.28	0	18.4	0.95	151	152
N		182	183	365	388	597	750	839	2574	2,939
S		14	11	16	13	8	13	14	20	30

**Figure 2.** Cumulative richness of odonate larval genera in streams and farm ponds in the middle course of the Jacuí River basin, between March 2008 and February 2009.

(10.9%) were dominant, comprising almost 75% of the specimens (Table 3). Nine genera were rare and represented by no more than three individuals (Table 3). Four genera, *Homeoura* Kennedy, 1920, *Macrothemis* Hagen, 1868, *Neoneura* Selys, 1860, and *Telagrion* Selys, 1876 were found only as adults (Table 4).

Larvae of 20 genera were found in lentic environments and 16 in lotic environments (Table 3). Six genera were found in both environments, while 10 were exclusive to streams and 14 to farm ponds (Table 3). The rarefied curves confirmed that lentic environments should be richest than streams (Figure 3). In the farm ponds, *Acanthagrion* (30%), *Lestes* (24.7%), *Erythrodiplax* (15.5%), and *Oxyagrion* (12.4%) were the dominant genera, while in streams, *Argia* Rambur, 1842 (36.7%), *Navicordulia* Machado e Costa, 1995 (20%), and *Hetaerina* Hagen, 1853 (13.7%) were the most abundant (Table 3). Adults of some genera were recorded in environments where their larval stages were not found. Adults of *Argia*, *Brechmorhoga* Kirby, 1894, and *Hetaerina* were found in lentic environments, but their larvae were found only in rivers and streams. Adults of *Lestes* were found in lotic environments, but their larvae occurred only in lentic sites (Table 3).

Table 4. Diversity of odonate larvae and adults found in lentic and lotic environments of the middle course of the Jacuí River basin, RS, Brazil.

Family	Genera	Larvae				Adults	
		2000-2002		2008-2009		2008-2009	
		Lentic	Lotic	Lentic	Lotic	Lentic	Lotic
Calopterygidae	<i>Hetaerina</i> Hagen, 1853		x		x	x	x
Coenagrionidae	<i>Acanthagrion</i> Selys, 1876	x		x	x	x	x
	<i>Argia</i> Rambur, 1842		x		x	x	x
	<i>Homeoura</i> Kennedy, 1920					x	x
	<i>Ischnura</i> Charpentier, 1840	x	x	x		x	x
	<i>Oxyagrion</i> Selys, 1876	x		x	x	x	x
	<i>Telagrion</i> Selys, 1876					x	x
	<i>Telebasis</i> Selys, 1865				x	x	
Lestidae	<i>Lestes</i> Leach, 1815	x		x		x	x
Megapodagrionidae	<i>Heteragrion</i> Selys, 1862		x				
	<i>Oxystigma</i> Selys, 1862		x				
Protoneuridae	<i>Epipleoneura</i> Williamson, 1915		x				
	<i>Forcepsioneura</i> Lencioni, 1999	x					
	<i>Neoneura</i> Selys, 1860					x	
	<i>Peristicta</i> Hagen, 1860		x				
Aeshnidae	<i>Protoneura</i> Selys, 1857	x					
	<i>Anax</i> Leach 1815	x		x			
	<i>Castoraeschna</i> Calvert, 1952		x		x		
	<i>Coryphaeschna</i> Williamson, 1903			x			
	<i>Remartinia</i> Navás, 1911	x	x				
Corduliidae	<i>Rhionaeschna</i> Förster, 1909	x		x			
	<i>Navicordulia</i> Machado e Costa, 1995		x		x		
Gomphidae	<i>Aphylla</i> Selys, 1854			x			
	<i>Archaeogomphus</i> Williamson, 1919					x	
	<i>Desmogomphus</i> Williamson, 1920		x		x		
	<i>Phyllocycla</i> Calvert, 1948		x		x		x
	<i>Progomphus</i> Selys, 1854		x		x		x
	<i>Tibiagomphus</i> Belle, 1992		x		x		
	<i>Brechmorhoga</i> Kirby 1894		x		x	x	x
Libellulidae	<i>Elasmothemis</i> Westfall, 1988	x	x	x	x		
	<i>Erythemis</i> Hagen, 1861			x			
	<i>Erythrodiplax</i> Brauer, 1868	x	x	x	x	x	x
	<i>Gynothemis</i> Calvert in Ris, 1909			x			
	<i>Macrothemis</i> Hagen, 1868					x	
	<i>Micrathyria</i> Kirby, 1889	x		x		x	
	<i>Oligoclada</i> Karsch, 1890	x		x		x	
	<i>Orthemis</i> Hagen, 1861	x	x	x		x	
	<i>Pantala</i> Hagen, 1861	x		x	x	x	x
	<i>Perithemis</i> Hagen, 1861	x	x	x		x	x
	<i>Tauriphila</i> Kirby, 1889	x		x			
	<i>Tramea</i> Hagen, 1861	x		x	x	x	
	Number of occurrences		18	19	20	16	19

During the qualitative spatial and temporal wide term sampling (2000 to 2002), taxa not found during the quantitative collections were recorded: *Heteragrion* Selys, 1862, *Oxystigma* Selys, 1862 (Megapodagrionidae) *Epipleoneura* Williamson, 1915, *Forcepsioneura* Lencioni, 1999, *Neoneura* Selys, 1860, *Peristicta* Hagen, 1860, *Protoneura* Selys, 1857 (Protoneuridae) and *Remartinia* Navás, 1911 (Aeshnidae), as well as the families Megapodagrionidae and Protoneuridae (Table 4). Considering these additional specimens,

the family Libellulidae contained most of the genera (13) found in the area studied, followed by Coenagrionidae (7) (Figure 4). Calopterygidae, Corduliidae and Lestidae were represented by only one genus each (Figure 4), *Hetaerina*, *Navicordulia* and *Lestes*, respectively. This evidences the occurrence of a total of 41 genera and nine families in the middle course of the Jacuí River basin, 30 in lentic and 27 in lotic environments (Table 4).

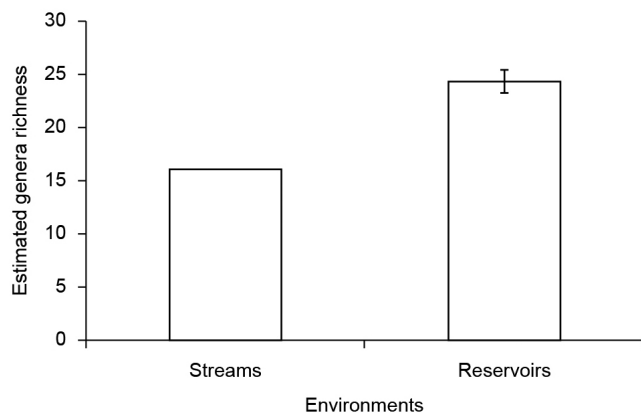


Figure 3. Estimated genera richness of odonate larval genera for each studied environment in the middle course of the Jacuí River basin, RS.

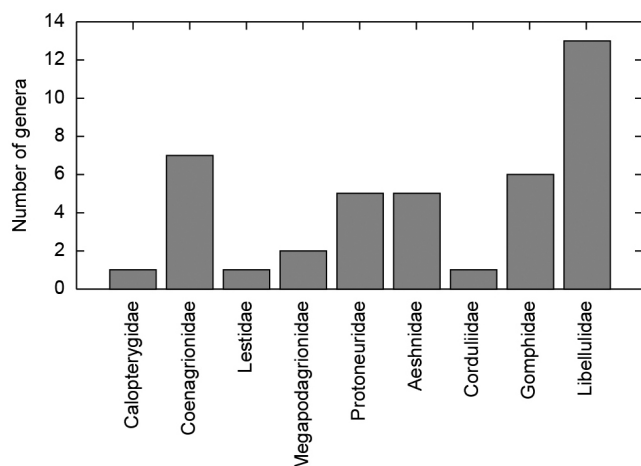


Figure 4. Number of genera, per odonate family, found in the middle Jacuí River basin, RS, Brazil, during both quantitative and qualitative samplings.

Discussion

The richness of genera (30) found during the quantitative sampling (2008-2009) did not allow to assess the diversity of the studied area, as evidenced by the cumulative collector curve. In fact, when considering the additional, qualitative, samplings (2000-2002) conducted in a greater number of sites, comprehending more diversified environments, the richness increased to 37 genera. Adults captured in 2008-2009 also allowed the addition of four more genera to the overall diversity of the area. However, the spatial scale is also important for assessing the odonate diversity in the region. During the quantitative sampling, the lotic sites studied were restricted to medium order rivers. Small and great rivers were investigated only during the qualitative collections. Differences in river orders can influence the composition of odonate larval communities (Hawking & New 1999). Besides, two streams could not be a sufficient number of sites to recognize the overall riverine odonate diversity. The four small ponds here investigated could also constitute an insufficient number of sites.

Previous studies (Costa 1971, Teixeira 1971, Maltchik et al. 2010) showed that ca. 37 odonate genera occur in Rio Grande do Sul. Our data, added to these, show that at least 50 odonate genera occur in the state. According to data concerning the geographic distribution

of New World odonate genera (Garrison et al. 2006, Lencioni 2005, 2006), eight out of 41 genera found in the middle Jacuí River region are new records for the state: the anisopterans *Archaeogomphus* Williamson, 1919, *Desmogomphus* Williamson, 1920, *Elasmothemis* Westfall, 1988, *Gynothemis* Calvert in Ris, 1909 and *Navicordulia*, and the zygopterans *Forcepsioneura* Lencioni, 1999, *Oxystigma* Selys, 1862, and *Protoneura* Selys, 1857. Additionally, the southern limits of occurrence of *Desmogomphus*, *Gynothemis*, *Navicordulia*, *Forcepsioneura*, *Oxystigma*, and *Protoneura* were extended into temperate regions of the Neotropics.

Inventories conducted in both lentic and lotic environments simultaneously, in other locations of the Brazilian territory, have yielded values of richness ranging from 30 to 78 odonate genera (Carvalho & Nessimian 1998, Ferreira-Peruquetti & Fonseca-Gessner 2003, Anjos-Santos & Costa 2006, Juen et al. 2007). Thus the overall diversity (41) of the area here studied can be considered generally lower than that recorded in warmer tropical/subtropical regions of the country. However, this difference is valid only for the streams analyzed (Assis et al. 2004, Anjos-Santos & Costa 2006). The richness registered in the lentic sites of the middle Jacuí River was sometimes higher (De Marco Junior & Latini 1998, De Marco Junior et al. 1999, Franco & Takeda 2002, Fonseca et al. 2004, Fulan & Henry 2006, 2007), and sometimes lower (Ferreira-Peruquetti & Fonseca-Gessner 2003, Juen et al. 2007) than that recorded in other natural and artificial standing waters in the country.

Only ca. one-third (9) of the families recorded for the entire Neotropics (21, Kalkman et al. 2008) was found in the middle course of the Jacuí River. However, the pattern of their diversity in the Neotropical region (Kalkman et al. 2008) was maintained. Libellulidae was represented by the most genera, followed by Coenagrionidae and Gomphidae, whereas Calopterygidae, Corduliidae, and Lestidae were represented by only one genus each. The dominant genera in the study area, *Acanthagrion*, *Oxyagrion*, *Erythrodiplax*, and *Lestes*, have also been reported as dominant in other studies across western and southeastern Brazil. Members of *Acanthagrion*, for example, are abundant in lentic and lotic environments (Ferreira-Peruquetti & De Marco Junior 2002, Franco & Takeda 2002, Assis et al. 2004), and *Oxyagrion* may dominate in lakes and on floodplains (Fulan & Henry 2006, Juen et al. 2007). *Erythrodiplax* also predominated in ponds and wetlands of central and southernmost Brazil (De Marco Junior et al. 1999, Maltchik et al. 2010). Dominance of *Lestes* in ponds was also reported for Argentinean grasslands (Ellenrieder 2009).

Richness and especially abundance were higher in farm ponds than in streams. Higher diversities of species in lentic habitats have also been reported in the northern hemisphere, in Europe and North America. These differences, in relation to lotic environments, have been attributed to characteristics such as higher colonization rates at lentic sites (Hof et al. 2006, Niba & Samways 2006, Stevens & Bailowitz 2009). Lentic environments tend to be geologically less predictable through time than lotic ones (Ribera et al. 2003). This geological attribute in lentic habitats presses species adapted to them to colonize them faster in order to be able to disperse and then persist (Hof et al. 2006).

The small farm ponds here studied, although artificial, generally present numerous macrophytes in their margins, a favorable environmental condition for the occurrence of odonates. Studies on reservoirs conducted in different parts of the world have shown that environmental features of both large and small reservoirs, such as age, area, vegetation structure (e.g., density and the proportion of the surface area covered) and water permanence (Tarr et al. 2005, for larvae; Kadoya et al. 2004, 2008, for adults) commonly influence the richness of odonate larvae (Oertli et al. 2002, Carchini et al. 2007, Maltchik et al. 2010). These features are also remarkably influenced

by the origin and management of each reservoir, affecting the richness of odonate genera recorded in reservoirs (Kadoya et al. 2004, 2008, Ruggiero et al. 2008).

Known patterns of environmental preferences concerning lentic and lotic conditions were also maintained in the studied area, at both the family and genus levels. Calopterygidae, Corduliidae and Gomphidae predominated in lotic waters, Aeshnidae, Coenagrionidae, Libellulidae, Megapodagrionidae and Protoneuridae were found in both lentic and lotic environments, and Lestidae was recorded only in lentic settings, as previously found in other countries (Merritt & Cummings 1996, Carvalho & Nessimian 1998, Assis et al. 2004, Muzón et al. 2008, Ellenrieder 2009). *Argia*, *Brechmorhoga*, *Hetaerina*, *Heteragrion* and *Navicordulia*, and most genera of Gomphidae were found mostly in running waters. *Acanthagrion* and *Erythrodiplax* occurred in both running and standing waters, while *Lestes*, *Oxyagrion* and most aeshnid and libellulid genera were found in lentic environments, as in other localities (Merritt & Cummins 1996, Carvalho & Nessimian 1998, Ellenrieder 2000, 2007). The gomphid *Aphylla* Selys, 1854, found here in farm ponds, has also been recorded in lakes and ponds elsewhere (Merritt & Cummins 1996).

Some adults were collected flying near different environments from those where their larvae were preferentially or exclusively found. These observations may be related to the proximity of many ponds to rivers or streams in the area. *Argia* and *Lestes* were found in Stream 2 and in Farm Pond 3, sites less than 1 km from each other. The same occurred with *Brechmorhoga* and *Hetaerina*, which were collected as adults in Farm Pond 1, a few meters from the main course of the Jacuí River.

Final Remarks

The richness of odonate genera in the streams and farm ponds of the middle Jacuí River region is lower than that registered in lotic and lentic systems of other Brazilian regions. The richness is lower even when streams are analyzed separately. The high richness previously recorded for other macroinvertebrate groups in rivers of regions with temperate climate, including the middle course of the Jacuí River basin (Floss et al. 2012) was not observed for odonates. This difference is possibly related to the temperate climate of the RS. Cold temperatures do not favor the occurrence of most taxa of odonates (Kalkman et al. 2008). Patterns of taxonomic diversity and the genera distribution, according to hydrological condition, follow those previously observed in the Neotropics. However, richness and especially abundance of odonates recorded in the studied area may be artificially inflated, because standing waters were originally scarce in the montane region where the middle Jacuí River runs. The small farm ponds of the region, although artificial, contain a variety of macrophytes, which allows the occurrence of an odonate fauna typical of lentic environments.

Acknowledgements

We are grateful to the late Dr. Luiz Onofre Irineu de Souza (UFSCar, São Carlos, São Paulo) and to MSc. Marina Schmidt Dalzochio (Unisinus, São Leopoldo, Rio Grande do Sul) for their availability and aid in larvae identification. We also thank MSc. Elzira Cecília Serafini Floss and biologist Edson Pinheiro Bachinski for helping with odonate sampling, and Aline Blank do Amaral for reviewing the manuscript.

References

ANJOS-SANTOS, D. & COSTA, J.M. 2006. A revised checklist of Odonata (Insecta) from Marambaia, Rio de Janeiro, Brazil, with eight new records. *Zootaxa* 1300:37-50.

- ASSIS, J.C.F., CARVALHO, A.L. & NESSIMIAN, J.L. 2004. Composição e preferência por microhabitat de imaturos de odonata (Insecta) em um trecho de baixada do Rio Ubatiba, Maricá-RJ, Brasil. *Rev. Bras. Entomol.* 48:273-282. <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262004000200017>
- BEISEL, J.N., USSEGLIO-POLATERA, P. & MORETEAU, J.C. 2000. The spatial heterogeneity of a river bottom: a key factor determining macroinvertebrate communities. *Hydrobiologia* 422:163-171. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1017094606335>
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. 1986. Projeto RADAMBRASIL. Levantamentos dos Recursos Naturais. Rio de Janeiro, 790p.
- CARCHINI, G., BELLA, V.D., SOLIMINI, A.G. & BAZZANTI, M. 2007. Relationships between the presence of odonate species and environmental characteristics in lowland ponds of central Italy. *Ann. Limnol. - Int. J. Lim.* 43:81-87. <http://dx.doi.org/10.1051/limn/2007020>
- CARVALHO, A.L. & CALIL, E.R. 2000. Chaves de identificação para as famílias de Odonata (Insecta) ocorrentes no Brasil. Adultos e larvas. *Pap. Avulsos Zool.* 41:223-241.
- CARVALHO, A.L. & NESSIMIAN, J.L. 1998. Odonata do estado do Rio de Janeiro, Brasil: habitats e hábitos das larvas. In *Ecologia de Insetos Aquáticos* (J.L. Nessimian & A.L. Carvalho, eds.). PPGE/UF RJ, Rio de Janeiro, Series Oecologia Brasiliensis, v.5, p.3-28.
- CLAUSNITZER, V., KALKMAN, V.J., RAMC, M., COLLEN, B., BAILLIE, J.E.M., BEDJANIC, M., DARWALL, W.R.T., DIJKSTRA, K.D.B., DOWF, R., HAWKING, J., KARUBE, H., MALIKOVA, E., PAULSON, D., SCHUTTE, K., SUHLING, F., VILLANUEVAM, R.J., ELLENRIEDER, N.V. & WILSON, K. 2009. Odonata enter the biodiversity crisis debate: the first global assessment of an insect group. *Biol. Conserv.* 142:1864-1869. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2009.03.028>
- COLWELL, R.K. 2009. EstimateS 8.2.0 for Windows. University of Connecticut, Connecticut.
- CORBET, P.S. 1999. Behaviour and Ecology of Odonata. Comstock Pub Association, London.
- COSTA, J.M. 1971. Contribuição ao conhecimento da fauna odonatólogica do município de Santa Maria, Rio Grande do Sul. *Atas Soc. Biol. Rio de Janeiro* 14:193-194.
- COSTA, J.M., SOUZA, L.O.I. & OLDRINI, B.B. 2004. Chave para as famílias e gêneros das larvas de Odonata citadas para o Brasil: comentários e registros bibliográficos. *Publ. Avul. Mus. Nac.* 99:1-43.
- DALZOCHIO, M.S., COSTA, J.M. & UCHÔA, M.A. 2011. Diversity of Odonata (Insecta) in lotic systems from Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul State, Brazil. *Ver. Bras. Entomol.* 55:88-94. <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262011000100014>
- DE MARCO JUNIOR, P. & LATINI, A.O. 1998. Estrutura de guildas e riqueza de espécies em uma comunidade de larvas de anisoptera (Odonata). In *Ecologia de Insetos Aquáticos* (J.L. Nessimian & A.L. Carvalho, eds.). PPGE/UF RJ, Rio de Janeiro, Series Oecologia Brasiliensis, v.5, p.101-112.
- DE MARCO JUNIOR, P., LATINI, A.O. & REIS, A.P. 1999. Environmental determination of dragonfly assemblage in aquaculture ponds. *Aquac. Res.*, 30: 357-364.
- DE MARCO JUNIOR, P. & VIANNA, D.M. 2005. Distribuição do esforço de coleta de Odonata no Brasil - subsídios para escolha de áreas prioritárias para levantamentos faunísticos. *Lundiana* 6:13-26.
- DURLO, M.A., MARCHIORI, J.N.C. & LONGHI, S.J. 1982. Composição e estrutura da mata secundária no vale do rio Jacuí, RS. *CeN.* 4:129-139.
- ELLENRIEDER, N.V. 2000. Species composition and temporal variation of odonate assemblages in the subtropical-pampasic ecotone, Buenos Aires, Argentina. *Odonatologica* 29:17-30.
- ELLENRIEDER, N.V. 2007. Composition and structure of aquatic insect assemblages of Yungas mountain cloud forest streams in NW Argentina. *Rev. Soc. Entomol. Argent.* 66:57-76.
- ELLENRIEDER, N.V. 2009. Odonata of argentinian Yungas cloud forest: distribution patterns and conservation status. *Odonatologica* 38:39-53.

- FERREIRA-PERUQUETTI, P.S. & FONSECA-GESSNER, A.A. 2003. Comunidade de Odonata (Insecta) em áreas naturais do cerrado e monocultura no nordeste do estado de São Paulo, Brasil: relação entre o uso do solo e a riqueza faunística. *Rev. Bras. Zool.* 20:219-224. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752003000200008>
- FERREIRA-PERUQUETTI, P.S.F. & DE MARCO JUNIOR, P. 2002. Efeito da alteração ambiental sobre comunidades de odonatas em riachos de mata atlântica de Minas Gerais, Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 19:317-327. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752002000200002>
- FLOSS, E.C.S., KOTZIAN, C.B., SPIES, M.R., & SECRETI, E. 2012. Diversity of non-biting midge larvae assemblages in the Jacuí River basin, Brazil. *J Insect Sci.* 12:121. In press.
- FONSECA, A.R., SANCHES, N.M., FONSECA, M.C., QUINTILHIANO, D.M. & SILVA, E.S. 2004. Levantamento de espécies de Odonata associadas a tanques de piscicultura e efeito de *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* sobre ninfas de *Pantala flavescens* (Fabricius, 1798) (Odonata: Libellulidae). *Acta Sci. Biol. Sci.* 26:25-29.
- FRANCO, G.M.S. & TAKEDA, A.M. 2002. Spatial and temporal variation of Odonata larvae associated with macrophytes in two floodplain lakes from the upper Paraná River, Brazil. *Acta Sci. Biol. Sci.* 24:345-351.
- FULAN, J.A. & HENRY, R. 2006. The Odonata (Insecta) assemblage on *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth (Pontederiaceae) stands in Camargo Lake, a lateral lake on the Paranapanema River (state of São Paulo, Brazil), after an extreme inundation episode. *Acta Limnol. Bras.* 18:423-431.
- FULAN, J.A. & HENRY, R. 2007. Distribuição temporal de imaturos de Odonata (Insecta) associados a *Eichhornia azurea* (Kunth) na lagoa do Camargo, rio Paranapanema, São Paulo. *Rev. Bras. Entomol.* 51:224-227. <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262007000200013>
- GARRISON, R., ELLENRIEDER, N.V. & LOUTON, J.A. 2006. Dragonfly genera of the new world: an illustrated and annotated key to the anisoptera. John Hopkins University Press, Baltimore.
- GIACOMINI, H.C. & DE MARCO JUNIOR, P. 2008. Larval ecomorphology of 13 libellulidae (Anisoptera, Odonata) of the middle Rio Doce valley, Minas Gerais, Brazil. *Braz. J. Biol.* 68:211-219. PMID:18470400. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842008000100031>
- GOTELLI, N.J. & ENTSMINGER, G.L. 2006. EcoSim: null models software for ecology. version 7. Acquired Intelligence Inc. & Kesey-Bear. Jericho, VT 05465. <http://homepages.together.net/~gentsmin/ecosim.htm> (último acesso em 29/06/2010).
- HAWKING, T.H. & NEW, T.R. 1999. The distribution patterns of dragonflies (Insecta: Odonata) along the Kiewa River, Australia, and their relevance in conservation assessment. *Hydrobiologia* 392(2):249-260. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1003510514937>
- HOF, C., BRÄNDLE, M. & BRANDL, R. 2006. Lentic odonates have larger and more northern ranges than lotic species. *J. Biogeogr.* 33:63-70. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01358.x>
- HURLBERT, S.H. 1971. The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology* 52:577-585. <http://dx.doi.org/10.2307/1934145>
- JUEN, L., CABETTE, H.S.R. & DE MARCO JUNIOR, P. 2007. Odonate assemblage structure in relation to basin and aquatic habitat structure in Pantanal wetlands. *Hydrobiologia* 579:125-134. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-006-0395-6>
- KADOYA, T., SUDA, S. & WASHITANI, I. 2004. Dragonfly species richness on man-made ponds: effects of pond size and pond age on newly established assemblages. *Ecol. Res.* 19:461-467. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1440-1703.2004.00659.x>
- KADOYA, T., SUDA, S., TSUBAKI, Y. & WASHITANI, I. 2008. The sensitivity of dragonflies to landscape structure differs between life-history groups. *Landscape Ecol.* 23:149-158. <http://dx.doi.org/10.1007/s10980-007-9151-1>
- KALKMAN, V.J., CLAUSNITZER, V., DIJKSTRA, K.D.B., ORR, A.G., PAULSON, D.R. & TOL, J.V. 2008. Global diversity of dragonflies (Odonata) in freshwater. *Hydrobiologia* 595:351-363. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-007-9029-x>
- LENCIONI, F.A.A. 2005. Damselflies of Brazil: an illustrated identification guide. I—Non-Coenagrionidae families. All Print, São Paulo.
- LENCIONI, F.A.A. 2006. Damselflies of Brazil: an illustrated identification guide. II—Coenagrionidae. All Print, São Paulo.
- LONGHI, S.J., DURLO, M.A. & MARCHIORI, J.N.C. 1982. A vegetação da mata ribeirinha no curso médio do rio Jacuí, RS. *C e N.* 4:151-161.
- MALUF, J.R.T. 2000. Nova classificação climática do estado do Rio Grande do Sul. *Rev. Bras. Agrometeorol.* 8:141-150.
- MALTCHIK, L., STENERT, C., KOTZIAN, C.B. & PIRES, M.M. 2010. Responses of odonate communities to environmental factors in southern Brazil wetlands. *J. Kans. Entomol. Soc.* 83:208-220. <http://dx.doi.org/10.2317/JKES0910.13.1>
- MARCHIORI, J.N.C., LONGHI, S.J. & DURLO, M.A. 1982. A vegetação de capoeira na região do curso médio do rio Jacuí, RS. *C e N.* 4:141-150.
- MARCUZZO, S., PAGEL, S.M. & CHIAPPETTI, M.I.S. 1998. A reserva da biosfera da mata atlântica no Rio Grande do Sul: situação atual, ações e perspectivas. Consórcio da Mata Atlântica e Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, São Paulo.
- McKIE, B.G., PEARSON, R.G. & CRANTON, P.S. 2005. Does biogeographical history matter? Diversity and distribution of lotic midges (Diptera: Chironomidae) in the Australian Wet Tropics. *Austral Ecol.* 30:1-13. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1442-9993.2005.01408.x>
- MERRITT, R.W. & CUMMINGS, K.W. 1996. An introduction to the aquatic insects of North America. Kendall/Hunt, Iowa.
- MUZÓN, J., ELLENRIEDER, N.V., PESSACQ, P., LOZANO, F., GARRÉ, A., LAMBRUSCHINI, J.A., RAMOS, L. & WIEGEL-MUÑOZ, M.S. 2008. Odonata from Iberá wetlands (Corrientes, Argentina): preliminary inventory and biodiversity. *Rev. Soc. Entomol. Argent.* 67:59-67.
- NERI, D.B., KOTZIAN, C.B. & SIEGLOCH, A.E. 2005. Composição de Heteroptera aquáticos e semiaquáticos na área de abrangência da U.H.E.Dona Francisca, RS, Brasil: fase de pré-enchimento. *Iheringia, Sér. Zool.* 95:421-428.
- NIBA, A.S. & SAMWAYS, M.J. 2006. Remarkable elevational tolerance in an african Odonata larval assemblage. *Odonatologica* 35:265-280.
- OERTLI, B., JOYE, D.A., CASTELLA, E., JUGE, R., CAMBIN, D. & LACHAVANNE, J.B. 2002. Does size matter? The relationship between pond area and biodiversity. *Biol. Conserv.* 104:59-70. [http://dx.doi.org/10.1016/S0006-3207\(01\)00154-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0006-3207(01)00154-9)
- PEREIRA, P.R.B., GARCIA NETTO, L.R., BORIN, C.J.A. & SARTORI, M.G.B. 1989. Contribuição à geografia física do município de Santa Maria: unidades de paisagem. *Geogr. Ens. Pesqui.* 3:37-68.
- RIBERA, I., FOSTER, G.N. & VOGLER, A.P. 2003. Does habitat use explain large scale species richness patterns in aquatic beetles in Europe? *Ecography* 26:145-152.
- RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Planejamento e Gestão do Estado do Rio Grande do Sul - SEPLAG. Atlas Socio-econômico do Rio Grande do Sul. www.scp.rs.gov.br/atlas (último acesso em 04/10/2013).
- RUGGIERO, A., CÉRÉGHINO, R., FIGUEROLA, J., MARTY, P. & ANGÉLIBERT, S. 2008. Farm ponds make a contribution to the biodiversity of aquatic insects in a french agricultural landscape. *C. R. Biol.* 331:298-308. PMID:18355753. <http://dx.doi.org/10.1016/j.crv.2008.01.009>
- SIEGLOCH, A.E., FROELICH, C.G. & KOTZIAN, C.B. 2008. Composition and diversity of Ephemeroptera (Insecta) nymph communities in the middle section of the Jacuí River and some tributaries, southern Brazil. *Iheringia, Sér. Zool.* 98:425-432. <http://dx.doi.org/10.1590/S0073-47212008000400002>
- SIMBERLOFF, D. 1972. Properties of the rarefaction diversity measurement. *Am. Nat.* 106:414-418. <http://dx.doi.org/10.1086/282781>
- SOUZA, L.O.I., COSTA, J.M. & OLDRINI, B.B. 2007. Odonata. In Guia online: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo (C.G. Froehlich, ed.). http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia_online (último acesso em 17/01/2009).

Larval Odonata in streams and farm ponds from southern Brazil

- SPIES, M.R., FROEHLICH, C.G. & KOTZIAN, C.B. 2006. Composition and diversity of Trichoptera (Insecta) larvae communities in the middle section of the Jacuí River and some tributaries, State of Rio Grande do Sul, Brazil. *Iheringia, Sér. Zool.* 96:389-398. <http://dx.doi.org/10.1590/S0073-47212006000400001>
- STEVENS, L.E. & BAILOWITZ, R.A. 2009. Odonata Biogeography in the Grand Canyon ecoregion, southwestern USA. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 102:261-274.
- TARR, T.L., BABER, M.J. & BABBITT, K.J. 2005. Macroinvertebrate community structure across a wetland hydroperiod gradient in southern New Hampshire, USA. *Wet. Ecol. Manag.* 13:321-334. <http://dx.doi.org/10.1007/s11273-004-7525-6>
- TEIXEIRA, M.C. 1971. Contribuição para o conhecimento da fauna odonitológica do Rio Grande do Sul. *Arq. Mus. Nac.* 54:17-24.
- VOELZ, N.J. & McARTHUR, J.V. 2000. An exploration of factors influencing lotic species richness. *Biodivers. Cons.* 9:1543-1570. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1008984802844>
- WILLIAMS, P., WHITFIELD, M. & BIGGS, J. 2008. How can we make new ponds biodiverse? A case study monitored over 7 years. *Hydrobiologia* 597:137-148. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-007-9224-9>
- ZAMANILLO, E.A., TUCCI, C.E.M., SIMÕES-LOPES, M.O. & LANNA, A.E. 1989. Management of navigation in the Jacuí river. *Water Int.* 14:181-192. <http://dx.doi.org/10.1080/02508068908692103>

Received 04/15/2013

Revised 06/28/2013

Accepted 08/07/2013

Arbuscular mycorrhizal colonization in Asteraceae from white sand savannas, in Pinar del Río, Cuba

Raquel Milagros Rodríguez-Rodríguez^{1,2}, Pedro Herrera¹ & Eduardo Furrázola¹

¹Instituto de Ecología y Sistemática: Carretera de Varona Km 3¹/₂,
Capdevila, Boyeros, La Habana 19 C.P. 11900, Cuba

²Corresponding author: Raquel Milagros Rodríguez-Rodríguez, e-mail: ode@ecologia.cu;
ode.raquel@gmail.com

RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, R.M., HERRERA, P. & FURRAZOLA, E. **Arbuscular mycorrhizal colonization in Asteraceae from white sand savannas, in Pinar del Río, Cuba**. *Biota Neotrop.*(13)3:<http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?article+bn03013032013>

Abstract: Asteraceae family shows a great diversity in Cuba and presents threatened taxons in high number. Pinar del Río has 19 threatened species belonging to this family and three of them are characteristic of a sandy (quartzitic) soil at the Reserva Florística Manejada San Ubaldo-Sabanalamar (Floristic Reserve San Ubaldo-Sabanalamar). The arbuscular mycorrhizal status and colonization rate in *Aster grisebachii*, *Erigeron bellidiastroides*, *Erigeron cuneifolius*, *Pectis juniperina* and *Sachsia polycephala* (Asteraceae) from this Reserve was determined in October 2009 and April 2010, during hydrologic rainy and dry period, respectively. All species were mycotrophic in both periods with a high percentage of colonization rates, between 66 and 100% in rainy period and between 84 and 100% in dry period. Vesicles, arbuscules, spores, hyphal and arbuscular coils of arbuscular mycorrhizae were observed. *Paris*-type and *Arum*-type morphologies (both) were observed indistinctly in all the species, and Intermediate type was observed only in *Aster grisebachii* and *Erigeron bellidiastroides*, which could be a hint that these species are colonized by more than one fungal species, and therefore enhancing the relevance of fungal identity as a considerable character in the morphology association. Also, septate hyphae and microsclerotium of dark septate endophytes were identified inside the roots of all the species.

Keywords: *internal morphology, Paris-type, Arum-type, Intermediate type, quartzitic sands, dark septate endophytes.*

RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, R.M., HERRERA, P. & FURRAZOLA, E. **Colonización micorrízica arbuscular en Asteraceae de las sabanas de arenas blancas, de Pinar del Río, Cuba**. *Biota Neotrop.*(13)3:<http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?article+bn03013032013>

Resumen: La familia Asteraceae muestra una gran diversidad en Cuba y presenta un elevado número de taxones amenazados. Pinar del Río cuenta con 19 especies amenazadas pertenecientes a esta familia, de las cuales tres son características de los suelos arenosos cuarcíticos de la Reserva Florística Manejada San Ubaldo-Sabanalamar. Se determinó el estatus micorrízico arbuscular y la tasa de colonización de *Aster grisebachii*, *Erigeron bellidiastroides*, *Erigeron cuneifolius*, *Pectis juniperina* y *Sachsia polycephala* (Asteraceae) presentes en esta Reserva, en octubre del 2009 y abril del 2010, durante los períodos hidrológicos húmedo y seco, respectivamente. Todas las especies estaban micorrizadas en ambos períodos con elevados porcentaje de colonización micorrízica, entre 66 y 100% en el período lluvioso y entre 84 y 100% en el período seco. Se identificaron vesículas, arbuscúlos, esporas, enrollados hifales y arbusculares característicos de las micorrizas arbusculares. Los tipos morfológicos *Paris* y *Arum* (ambos) fueron observados indistintamente en todas las especies, y el tipo Intermedio solo se observó en *Aster grisebachii* y *Erigeron bellidiastroides*, lo cual sugiere la colonización de estas especies por más de una especie fúngica y con ello la importancia de la identidad fúngica en la determinación de la morfología de la asociación. Se identificaron además, hifas septadas y microesclerosios de endófitos oscuros septados en el interior de las raíces de todas las especies estudiadas.

Palabras claves: *morfología interna, tipo Paris, tipo Arum, tipo Intemedio, arenas cuarcíticas, endófitos oscuros septados.*

Introduction

Around 80% of species and 92% of families of terrestrial plants are known to be mycorrhizal (Wang & Qiu 2006) and the arbuscular type being the most common and ancestral (Trappe 1981, Brundrett 2002, Wang & Qiu 2006).

According to their internal morphology, arbuscular mycorrhizae are divided in two main types: *Arum*-Type and *Paris*-Type, which were described in these plant genera by Gallaud (1904, 1905) (cited by Dickson 2004 and Dickson et al. 2007). Smith & Smith (1997) recognize "Intermediate" morphology when both structural types are recorded in the same plant species (mixture of *Arum* and *Paris* types) and "Both" when they are observed in different species or genera within the same family. However Dickson (2004) use intermediate morphology to describe structures which are between *Arum* and *Paris* morphologies and claimed the existence of *continuum* of mycorrhizal structures from *Arum* to *Paris*, depending upon both the host plant and the fungus. Dickson et al. (2007) use "Intermediate" for families with characteristics of both *Arum* and *Paris* structures within the same genera, whereas "Both" relates to the situation when *Arum* and *Paris* type morphologies, as strictly defined, have been observed within that family.

Cuban research on the mycorrhizal status of terrestrial plants are restricted to works by Ferrer & Herrera (1985, 1988), also in the province of Pinar del Río (nowadays Artemisa and Pinar del Río). So far there are no reports about the structural diversity of arbuscular mycorrhizae in Cuban plants.

The family Asteraceae shows a great diversity in Cuba and in turn presents elevated number of threatened taxons. Pinar del Río has 19 threatened species inside this family, three of them characteristic in the Reserva Florística Manejada (RFM) San Ubaldo-Sabanalamar: *Aster grisebachii* Britton, *Erigeron bellidiastroides* Griseb. and *Pectis juniperina* Rydb. These species, in addition to *Erigeron cuneifolius* DC and *Sachsis polycephala* Griseb, also presents in this ecosystem, were evaluated in this study.

Our objective was to determine arbuscular mycorrhizal status and describe the internal morphology of the AM symbiosis in five species of Asteraceae (Compositae) from the white sand (quartzitic) savannas in Southwestern Pinar del Río and their relation to previous reports in this family.

Material and methods

1. Characterization of research site

RFM San Ubaldo-Sabanalamar (W 84°3'15", N 22°9'2" y W 84°57'23", N 22°3'54"), in Southwestern Pinar del Río, Cuba, is included in the District Sabaloense according to Borhidi (1996) and

the main characteristic of which is a sandy (quartzitic) soil with a low nutrient contents and very acid. This, together with alternating rainy and drought seasons, are the contributing factors for the establishment of a highly specialized flora and very high endemism (Urquiola et al. 2010). Field work took place in October 2009 and April 2010 at a disturbed zone inside the Reserve during hydrologic rainy and dry period, respectively.

2. Species tested

Five herbaceous species of the family Asteraceae were selected, three of them endemics of Western Cuba: *Aster grisebachii*, *Erigeron bellidiastroides* (both present in Pinar del Río and Isla de la Juventud) and *Pectis juniperina* (only from Pinar del Río) and two non-endemics: *Erigeron cuneifolius* (also in West Indies) and *Sachsis polycephala* (also recorded from Bahamas and Hispaniola). *Aster grisebachii* and *Erigeron bellidiastroides* are considered endangered (EN) and *Pectis juniperina* in critical threat (CR) according to IUCN criteria. *Erigeron bellidiastroides* is considered near threatened (NT) and *Erigeron cuneifolius* and *Sachsis polycephala* least concern (LC) according to the Group of Experts on Cuban Plants (GEPC) of the Commission for the Survival of Species (CSE).

3. Mycorrhizal variables assessed

Samples from root systems of five individuals x species were taken. Roots less than 2 mm thick were washed, dried and cut into pieces ca. 1 cm long and mixed so as to have a single sample/species. Fractions ca. 0.5 g were cleared and stained following Phillips & Hayman (1970). We took only five individuals x species because their populations are only a few and of restricted distribution.

The arbuscular mycorrhizal status and colonization rate under the stereoscopic microscope were determined. Mycorrhizal colonization was estimated in accordance with the intersection method (Giovannetti & Mosse 1980). Characteristic structures of MA inside the roots were examined and identified under compound microscope with magnifying from 200 up to 1000x (both microscopes belong to the trade mark CARL ZEISS model AXIOSKOP 2 Plus). Based upon the structures, the internal morphology was determined.

Results

All the species were mycorrhizal in both periods and colonization rate were between 65 and 100% in October and between 85 and 100% in April (Table 1.). The colonization average of all species in both seasons was higher than 60%; however, the values of mycorrhizal colonization in all species during the dry season were equal or bigger than the values observed during the rainy season. The characteristic structures of arbuscular mycorrhizae were found in all species: arbuscules, hyphal coils and intraradical vesicles, three of

Table 1. Percentage of Arbuscular Mycorrhizal Colonization (%CM) and intraradical fungal structures of arbuscular mycorrhizae in tested species: (A) arbuscules, (HC) hyphal coils, (AC) arbuscular coils, (S) spores, (V) vesicles and (LH+HC) longitudinal hypha+ hyphal coils. Intraradical fungal structures of dark endophyte: (SH) septate hyphae and (MS) microsclerotium. Morphological type (MT) of arbuscular mycorrhizal colonization: both (*Arum* and *Paris* Type) and Intermediate Type.

Tabla 1. Porcentajes de colonización micorrizica arbuscular (%CM) y estructuras fúngicas intrarradicales de las micorrizas arbusculares en las especies evaluadas: (A) arbusculos, (HC) enrollados hifales, (AC) enrollados arbusculares, (S) esporas, (V) vesículas, (LH+HC) hifas longitudinales+enrollados hifales. Estructuras fúngicas intrarradicales de endófitos oscuros septados: (SH) hifa septada, (MS) microesclerosio. Tipo morfológico de la colonización micorrizica arbuscular: ambos (Tipos *Arum* y *Paris*) y Tipo Intermedio.

SPECIES	%CM (oct)	%CM (abr)	A	HC	AC	S	V	HL+HC	HS	MS	MT
<i>Aster grisebachii</i>	66	84	x	x			x	x	x	x	Both+ Intermediate
<i>Erigeron bellidiastroides</i>	90	95	x	x	x	x	x	x	x	x	Both + Intermediate
<i>Erigeron cuneifolius</i>	89	98	x	x	x	x	x		x	x	Both
<i>Pectis juniperina</i>	100	100	x	x			x		x		Both
<i>Sachsis polycephala</i>	75	100	x	x	x	x	x		x	x	Both

them showed intraradical spores and arbuscular coils (Figure 1). In addition, dark septate endophytes (DSE) not corresponding to the type of arbuscular mycorrhizal structure were found in all root samples.

The identification of distinctive characteristics involved in the internal morphology of MA, hyphal coils and arbuscules, showed that they belong to the *Paris*-Type and *Arum*-Type respectively, and both were present simultaneously in every species. *Aster grisebachii* and *E. bellidiastroides* showed longitudinal hyphae connected with hyphal coils, structures similar to Intermediate Type according to Dickson (2004).

Discussion

The fact that all species turned out to be mycotrophic is in close correspondence with previous reports in Asteraceae, a plant family in which around to 233 species have been assessed. From these 84% are mycotrophic and 100% developed AM (Wang & Qiu 2006).

Mycorrhizal condition from three of our genera was previously reported: *Aster* always AM, *Erigeron* either AM or NM (non-mycorrhizal) and *Pectis* AM, however, their number was small (Wang & Qiu 2006). *A. grisebachii* and *E. bellidiastroides* were classified

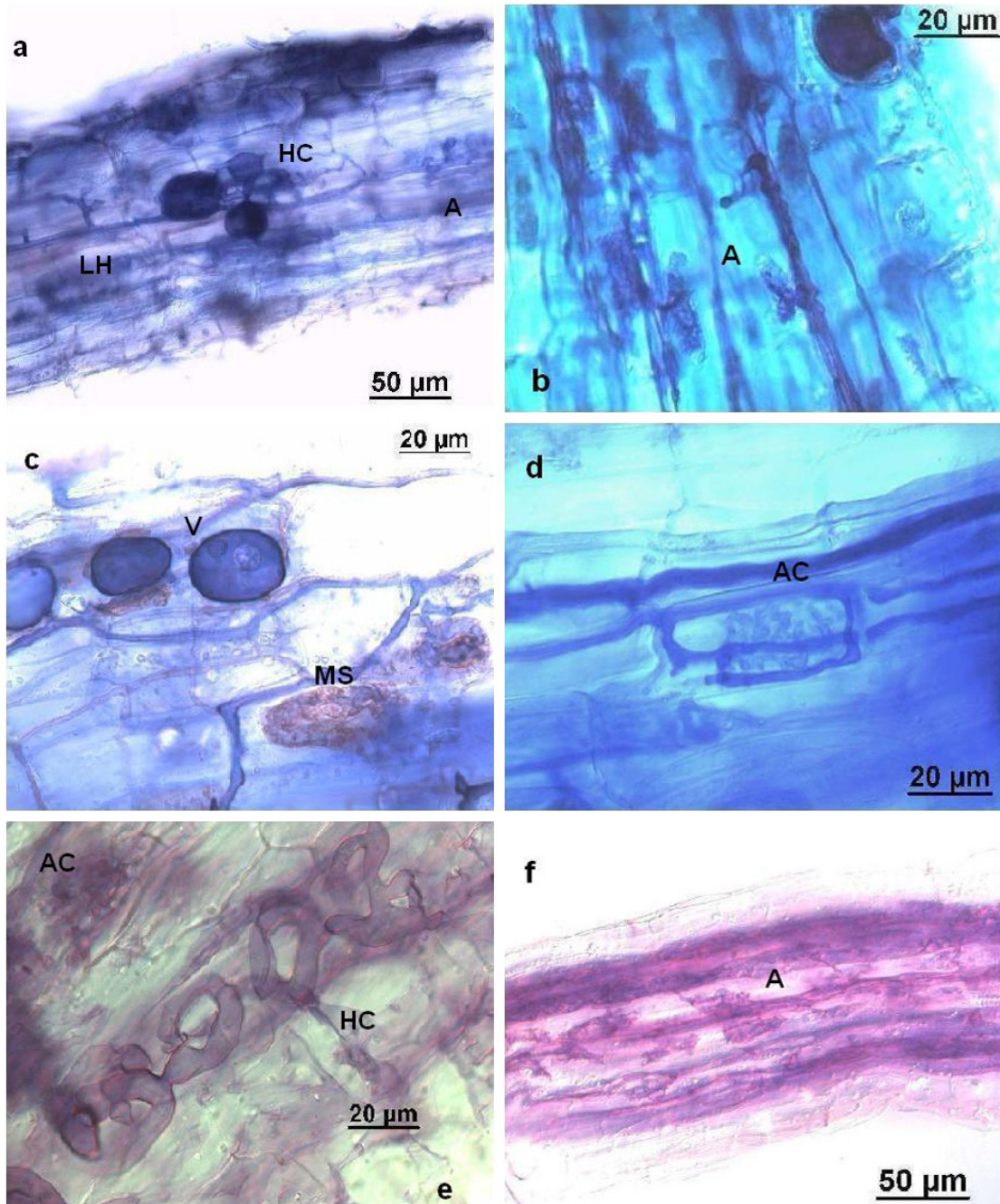


Figure 1. Arbuscular mycorrhizal colonization in studied species: a-b *A. grisebachii*, c-d *E. bellidiastroides*, e-f *E. cuneifolius*. AM structures: (A) arbuscules, (HC) hyphal coils, (AC) arbuscular coils and (V) vesicles; and microscleotium (MS) characteristic of dark septate endophytes.

Figura 1. Colonización micorrízica arbuscular en las especies estudiadas: a-b *A. grisebachii*, c-d *E. bellidiastroides*, e-f *E. cuneifolius*. Estructuras micorrízicas arbusculares: (A) arbuscúlos, (HC) enrollados hifales, (AC) enrollados arbusculares), vesículas; y (MS) microesclerosios de Endófitos Oscuros Septados.

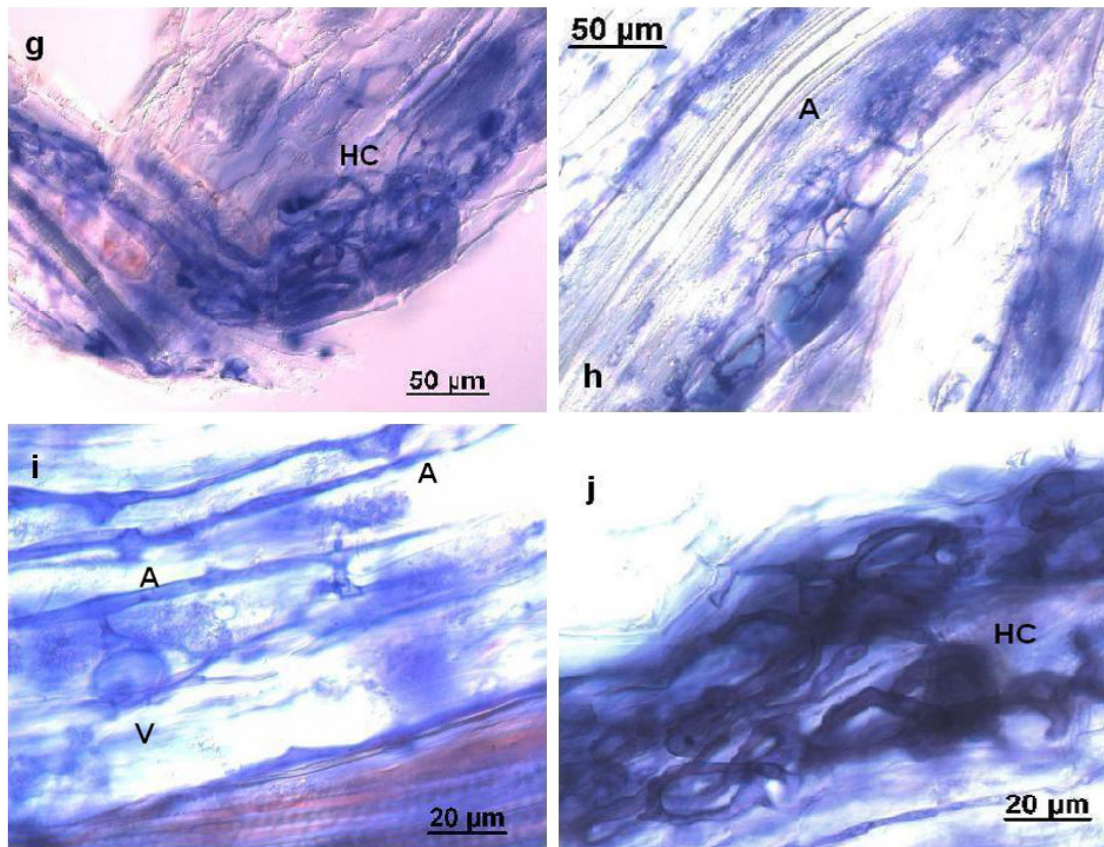


Figure 1. Arbuscular mycorrhizal colonization in studied species: g-h *Pjuniperinus* and i-j *S.polycephala*. AM structures: (A) arbuscules, (HC) hyphal coils, (AC) arbuscular coils and (V) vesicles; and microsclerotium (MS) characteristic of dark septate endophytes.

Figura 1. Colonización micorrízica arbuscular en las especies estudiadas: g-h *Pjuniperinus* and i-j *S.polycephala*. Estructuras micorrízicas arbusculares: (A) arbuscúlos, (HC) enrollados hifales, (AC enrollados arbusculares), vesículas; y (MS) microscleriosos de Endófitos Oscuros Septados.

as AM by Ferrer & Herrera (1985) near Cortés, Pinar del Río (not quantified), a which was corroborated by our assessment.

The high colonization rate in all species in both period is in agreement with the suggestion of Read et al. (1976): in environments where competitive situations are dominant, species are strongly mycorrhizal and values of mycorrhizal colonization over and higher than 50% should be usual, at both (i) level of species and (ii) individual plants in any habitat and as a general rule.

The simultaneous occurrence of both morphologies (*Arum*-Type and *Paris*-Type) in the same species has been reconsidered as intermediate by Dickson (2004), who has claimed that a continuum of structures exists between these two types. However, consistent reports about this subject generally refer to studies done with a single species of AMF (inoculated) where intermediate morphology is well defined. Thus we suggest to keep both types apart since in our study all species were growing under natural conditions with mixed source of AMF. Therefore we cannot be sure that they belong to a single fungus. Only species with longitudinal hypha connected to hyphal coils, structures similar to the Intermediate Type were considered as such, but both types (*Arum* and *Paris*) were observed simultaneously in all species. Experiments of Kubota et al. (2005) proved that both morphologies can occur in a single root system when plants are grown in soils with mixed fungal inoculum.

Yamato (2004) found in six Asteraceae species in vacant lands, a typical *Arum*-type morphology and included *Erigeron* genus, the same as Shah et al. (2009) that found that in 12 invasive Asteraceae in the Himalayas showed *Arum*-Type only. In contrast with our results, the most studies performed so far this family has been reported as having

the *Arum*-Type (49 out of the 51 genera which they had revised), and only one genus had both morphologic types (Dickson et al. 2007).

Several factors influence the AM structure: plant genome, fungus genome, environmental conditions and the combination of all these (Smith 1995, Bedini et al. 2000, Cavagnaro et al. 2001, Ahulu et al. 2005). In our assessment every species from a single family under similar edaphic-climatic conditions and with a mixed source of AMF exhibited both morphologies simultaneously and two Intermediate Type. The experiments of Cavagnaro et al. (2001) in tomato with six species of AMF showed that both morphologies can be observed in a single host depending on the guest fungal species. Husband et al. (2002) and Geue & Hock (2004) showed that a plant species can be colonized by more than one AMF in a given area or ecosystem. Even though the determinant factor in the formation of AM structures is not at all clear, our research shows that the fungus can play a major role in AM establishment and also that a plant genus or species can have both morphologies simultaneously in a given ecosystem. Dickson (2004) shows that the division of mycorrhizal structure in *Arum* and *Paris* based on plant families can be confusing and Dickson et al. (2007) recognize that both types and their combinations occur frequently in the mayor taxa, although one type is predominant in many individual family. However, we considered that the categorical classification of the botanical families according to the MA morphologic types is yet unreliable most of all when the number evaluated genera and/or species are not representative of the family and/or the number of habitat or of individuals is equally limited.

In this study DSE were observed co-occurring with AM fungi in all species, but they were not quantified. Recent studies report the co-

occurrence of DSE and AMF and suggest that it is common in plant roots in nature (Rains et al. 2003, Muthukumar et al. 2006, Santos-Gonzalez et al. 2007, Mandyam & Jumpponen 2008, Khidir et al. 2010, Yang et al. 2010) and some of them suggest that colonization of roots can be interfered by non-mycorrhizal endophytes, especially during the hot season which corresponds to the plant growing season when water availability is low and that a competition between both endophytes during colonization could limit the distribution of AM in dry region (Mandyam & Jumpponen 2008, Khidir et al. 2010, Yang et al. 2010).

This relation has not been clarified yet; therefore, further studies are needed for resolving the existing relations between both fungal endophytes.

This is a first report of morphological AM types and DSE in Cuban plants and further studies are also necessary to know a diversity, co-occurrence and distribution of both fungal communities in plants and Cuban ecosystems.

Acknowledgments

The authors thank Lázaro Hernández (conservation's worker) of RFM San Ubaldo-Sabanalamar. We acknowledge the financial support of frame of the net AMFOODS "Functional links between aboveground changes and belowground activity with land use in the Americas" between 2006-2012.

References

- AHULU, E.M., NAKATA, M. & NONAKA, M. 2005. *Arum* and *Paris*-type of arbuscular mycorrhiza in a mixed pine forest on sand dune soil in Niigata Prefecture, central Honshu, Japan. *Mycorrhiza* 15:129-136. <http://dx.doi.org/10.1007/s00572-004-0310-9>
- BEDINI, S., MAREMMANI, A. & GIOVANNETTI, M. 2000. *Paris*-type mycorrhizas in *Smilax aspera* L. growing in a Mediterranean sclerophyllous wood. *Mycorrhiza* 10:9-13. <http://dx.doi.org/10.1007/s005720050281>
- BORHIDI, A. 1996. *Phytogeography and Vegetation Ecology of Cuba*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- BRUNDRETT, M.C. 2002. Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants. *New Phytol.* 154:275-304.
- CAVAGNARO, T.R., GAO, L.-L., SMITH, F.A. & SMITH, S.E. 2001. Morphology of arbuscular mycorrhiza is influenced by fungal identity. *New Phytol.* 151:469-475.
- DICKSON, S. 2004. The *Arum-Paris* continuum of mycorrhizal symbioses *New Phytol.* 163:187-200. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8137.2004.01095.x>
- DICKSON, S., SMITH, F.A. & SMITH, S. 2007. Structural difference in arbuscular mycorrhizal symbioses: more than 100 years after Gallaud, where next? *Mycorrhiza* 17: 375-393. <http://dx.doi.org/10.1007/s00572-007-0130-9>
- FERRER, R.L. & HERRERA, R.A. 1985. Especies micorrizicas cubanas. *Rev. Jardín Bot. Nac.* 6(1):75-78.
- FERRER, R.L. & HERRERA, R.A. 1988. Micotrofia en Sierra del Rosario. In *Ecología de los Bosques Siempreverdes de Sierra del Rosario, Cuba*. (R.A. Herrera, L. Menéndez, M.E. Rodríguez & E.E. García, eds.). p.473-484.
- GEUE, H. & HOCK, B. 2004. Determination of *Acaulospora longula* and *Glomus* subgroup Aa in plant roots from grassland using new primers against the large subunit ribosomal DNA. *Mycol.Res.* 108(1):76-78. <http://dx.doi.org/10.1017/S0953756203009080>
- GIOVANNETTI, M. & MOSSE, B. 1980. An evaluation of techniques to measure vesicular-arbuscular infection in roots. *New Phytol.* 84:489-500.
- HUSBAND, R., HIERRE, E.A., TURNER, S.L., GALLERY, R. & YOUNG, J.P. 2002. Molecular diversity of arbuscular fungi and patterns of host association over time and space in a tropical forest. *Molecular Ecol.* 11:2669-2678.
- KHIDIR, H.H., EUDY, D.M., PORRAS-ALFARO, A., HERRERA, J., NATVIG, D.O. & SINSABAUGH, R.L. 2010. A general suite of fungal endophytes dominate the roots of two dominant grasses in a semiarid grassland. *J Arid Environ* 74:35-42. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2009.07.014>
- KUBOTA, M., MCGONIGLE, T.P. & HYAKUMACHI, M. 2005. Co-occurrence of *Arum*- and *Paris*-type morphologies of arbuscular mycorrhizae in cucumber and tomato. *Mycorrhiza* 15:73-77. <http://dx.doi.org/10.1007/s00572-004-0299-0>
- MANDYAM, K. & JUMPPONEN, A. 2008. Seasonal and temporal dynamics of arbuscular mycorrhizal and dark septate endophytic fungi in a tallgrass prairie ecosystem are minimally affected by nitrogen enrichment. *Mycorrhiza* 18:145-155. <http://dx.doi.org/10.1007/s00572-008-0165-6>
- MUTHUKUMAR, T., SENTHILKUMAR, M., RAJANGAM, M. & UDAIYAN, K. 2006. Arbuscular mycorrhizal morphology and dark septate fungal associations in medicinal and aromatic plants of Western Ghats, Southern India. *Mycorrhiza* 17:11-24. <http://dx.doi.org/10.1007/s00572-006-0077-2>
- PHILLIPS, J.M. & HAYMAN, D.S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 55:158-161.
- RAINS, K.C., NADKARNI, N.M. & BLEDSOE, C.S. 2003. Epiphytic and terrestrial mycorrhizas in a lower montane Costa Rican cloud forest. *Mycorrhiza* 13:257-264. <http://dx.doi.org/10.1007/s00572-003-0224-y>
- READ, D.J., KOUCHKEKI, H.K. & HODGSON, J. 1976. Vesicular-arbuscular mycorrhiza in natural vegetation systems. I-The occurrence of infection. *New Phytol.* 77:641-653.
- SANTOS-GONZALEZ, J., FINLAY, R. & TEHLER, A. 2007. Seasonal dynamics of arbuscular mycorrhizal fungal communities in roots in a seminatural grassland. *Appl Environ Microbiol* 73:5613-5623.
- SHAH, M.A., RESHI, Z.A. & KHASA, D. 2009. Arbuscular mycorrhizal status of some Casimir Himalayan alien invasive plants. *Mycorrhiza* 20:67-72. <http://dx.doi.org/10.1007/s00572-009-0258-x>
- SMITH, S.E. 1995. Discoveries, Discussions and directions of mycorrhizal researches. In *Mycorrhiza: structure, function, molecular biology and biotechnology* (A. Varma & B. Hock, eds.). Springer-Verlag, Berlin, p.3-24.
- SMITH, F.A. & SMITH, S.E. 1997. Structural diversity in (vesicular)-arbuscular mycorrhizal symbioses. *New Phytologist* 137:373-388.
- TRAPPE, J.M. 1981. *Mycorrhizae and Productivity of Arid and Semiarid Rangelands*. Acad. Press, Inc., New York, p.581-599.
- URQUIOLA, A.J., GONZÁLEZ-OLIA, L., NOVO, R. & ACOSTA, Z. 2010. Libro rojo de la flora vascular de la provincia de Pinar del Río. Jardín Botánico de Pinar del Río, Cuba. Publicaciones Universidad de Alicante, Alicante, 457p.
- WANG, B. & QIU, Y.-L. 2006. Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. *Mycorrhiza* 16:299-363. <http://dx.doi.org/10.1007/s00572-005-0033-6>
- YAMATO, M. 2004. Morphological types of arbuscular mycorrhizal fungi in roots of weeds on vacant land. *Mycorrhiza* 14:127-131. <http://dx.doi.org/10.1007/s00572-003-0246-5>
- YANG, C., HAMEL, C., SCHELLENBERG, M.P., PEREZ, J.C. & BERBARA, R.L. 2010. Diversity and Functionality of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Three Plant Communities in Semiarid Grasslands National Park, Canada. *Microb Ecol* 59:724-733. <http://dx.doi.org/10.1007/s00248-009-9629-2>

Received 10/19/2012

Revised 07/02/2013

Accepted 09/04/2013

Turtle ectoparasites from the Pacific coastal region of Colombia

Mario Fernando Garcés-Restrepo^{1,4}, Alan Giraldo¹, John L. Carr^{1,2} & Lisa D. Brown^{2,3}

¹Grupo de Investigación en Ecología Animal, Sección de Zoología, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad del Valle – UNIVALLE, A.A. 25360, Cali, Colombia

²Department of Biology and Museum of Natural History, University of Louisiana at Monroe – ULM, LA 71209-0520, Monroe, Louisiana, United States of America

³Department of Pathobiological Sciences, School of Veterinary Medicine, Louisiana State University – LSU, LA 70803, Baton Rouge, Louisiana, United States of America

⁴Corresponding author: Mario Fernando Garcés-Restrepo, e-mail: mariofgarces@gmail.com

GARCÉS-RESTREPO, M.F., GIRALDO, A., CARR, J.L. & BROWN, L.D. **Turtle ectoparasites from the Pacific coastal region of Colombia.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?article+bn01313032013>

Abstract: This study provides an update on the ectoparasites (ticks and leeches) associated with *Rhinoclemmys annulata* and provides new accounts on the ectoparasites associated with *R. nasuta*, *R. melanosterna* and *Kinosternon leucostomum* from the Pacific coast of Colombia. The presence of *Amblyomma sabanerae* on *R. nasuta* and *R. melanosterna* provided two new host records for the tick species. Also, the documentation of *A. sabanerae* from the Department of Valle del Cauca represents a new department record for the species in Colombia. *Placobdella ringueleti* was identified from *R. nasuta* and *K. leucostomum*, which represents a new host record for the leech species, as well as a significant extension of the known range.

Keywords: tick, leech, Testudines, *Rhinoclemmys annulata*, *Rhinoclemmys melanosterna*, *Rhinoclemmys nasuta*, *Kinosternon leucostomum*, *Amblyomma sabanerae*, *Placobdella ringueleti*.

GARCÉS-RESTREPO, M.F., GIRALDO, A., CARR, J.L. & BROWN, L.D. **Ectoparasitos asociados a tortugas en la costa pacífica de Colombia.** *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?article+bn01313032013>

Resumen: Este estudio proporciona nueva información sobre ectoparásitos (garrapatas y sanguijuelas) encontrados en *Rhinoclemmys annulata*, y aporta nuevos registros sobre ectoparásitos asociados a *R. nasuta*, *R. melanosterna* y *Kinosternon leucostomum* en la costa pacífica de Colombia. La presencia de *Amblyomma sabanerae* en *R. nasuta* y *R. melanosterna* provee dos nuevos hospederos para esta especie de garrapata. Igualmente el reporte de *A. sabanerae* amplía el registro de esta especie en Colombia, al departamento del Valle del Cauca. *R. nasuta* y *K. leucostomum*, se constituyen en nuevos registros de hospederos para *Placobdella ringueleti*, e incrementa de manera significativa el rango de distribución geográfico conocido para esta especie de sanguijuela.

Palabras claves: garrapata, sanguijuela, Testudines, *Rhinoclemmys annulata*, *Rhinoclemmys melanosterna*, *Rhinoclemmys nasuta*, *Kinosternon leucostomum*, *Amblyomma sabanerae*, *Placobdella ringueleti*.

Introduction

Turtles serve as hosts to a variety of blood-feeding ectoparasites, of which the most commonly encountered are ticks (Acari) and leeches (Hirudinea). In addition, ticks and leeches can serve as vectors of hemogregarine infections in reptiles (Burrige & Simmons 2003). Given that turtles have been deemed one of the most endangered groups of vertebrates (Rhodin et al. 2011) and parasitism has been suggested as one of the many possible causes for their decline (Gibbons et al. 2000), advancements have been made to identify ectoparasite species associated with turtles and document potential threats to the health of the animals. Numerous studies exist documenting ectoparasites associated with turtles in North America (e.g., Ernst 1971, Hulse & Routman 1982, Dodd 1988, Brooks et al. 1990, Graham et al. 1997, Siddall & Gaffney 2004, Ryan & Lambert 2005, McCoy et al. 2007, Read et al. 2008, Ennen & Qualls 2011), but few such studies exist for tropical turtles in South America (Fairchild et al. 1966, Guerrero 1996, Labruna et al. 2002, Robbins et al. 2003, de Campos-Brites & Rantin 2004, Voltz et al. 2007).

Specifically, even though the country has the second highest turtle species richness in South America, Colombia has few records of ectoparasites associated with its native turtle species. Of the 27 turtle species known to inhabit continental Colombia (Castaño-Mora 1997, Asociación... 2011), two species-rich genera that lack sufficient ectoparasite data are *Rhinoclemmys* Fitzinger 1835 (Geomydidae Theobald 1868) and *Kinosternon* Spix 1824 (Kinosternidae Agassiz 1857). Medem (1956) first reported the tick species *Amblyomma crassum* (Robinson 1926) parasitizing a specimen of *Rhinoclemmys annulata* (Gray 1860) collected in the Department of the Chocó, Colombia, and published two more accounts of the observed parasitism between *A. crassum* and *R. annulata* (Medem 1962a, b). Ernst & Ernst (1977) recorded four species of the genus *Amblyomma* [*A. cajennense* (Fabricius 1787); *A. dissimile* Koch, 1844; *A. rotundatum* Koch, 1844 and *A. sabanerae* Stoll, 1891] as ectoparasites associated with *Rhinoclemmys* species in the Neotropics. The most commonly identified tick species, *A. sabanerae*, was collected from five species of *Rhinoclemmys*, including two specimens of *R. annulata* from Colombia. Ernst & Ernst (1977) also recovered one leech of the genus *Placobdella* from one specimen of *R. annulata* from Panama, and Ocegüera-Figueroa & Pacheco-Chaves (2012) recently reported *P. ringueleti* parasitizing *R. annulata* in Costa Rica.

Schmidt (1947) made note that ticks were routinely discovered on the head and neck region of *Kinosternon leucostomum* (Duméril & Bibron in Duméril & Duméril 1851) specimens from Panama. Wharton (1938) reported *A. dissimile* from *K. leucostomum* in Mexico and Medem (1962a, b) recorded the tick species *A. crassum* from *K. leucostomum* in the Department of the Chocó, Colombia. Additional Neotropical reports of ectoparasites infecting *Kinosternon* include extensive parasitism by ticks on *Kinosternon scorpioides* (Linnaeus 1766) from Central and South America (Berry & Iverson 2011), and a record of *A. sabanerae* from Panama (*Kinosternon* sp.; Fairchild et al. 1966). A new leech species, *Placobdella ringueleti* López-Jiménez & Ocegüera-Figueroa, 2009, was described based on specimens from *Kinosternon leucostomum* in southern Mexico (López-Jiménez & Ocegüera-Figueroa 2009), and the same species was recently reported infecting *K. scorpioides* in Costa Rica (Ocegüera-Figueroa & Pacheco-Chaves 2012).

Five continental turtle species are known from the Department of Valle del Cauca in the central region of the Pacific coastal plain of Colombia (Corredor-Londoño et al. 2007). We present basic information on host and localities for ectoparasites associated with four of the five species. This adds to previous ectoparasite information

available for *R. annulata* and *K. leucostomum*, and contributes new host information for two other species of *Rhinoclemmys*.

Material and Methods

Three species of *Rhinoclemmys*, *R. nasuta* (Boulenger 1902), *R. melanosterna* (Gray 1861) and *R. annulata*, and *Kinosternon leucostomum postinguinale* (Cope 1887) were examined for ectoparasites from mainland and island localities in western Colombia between April 2005 and July 2011. We examined turtles from three mainland localities in the Department of Valle del Cauca, Colombia on the Pacific coastal plain: Playa Chucheros (3.93228° N, 77.30784° W), San Pedro (3.83337° N, 77.24925° W), and San Isidro (3.44972° N, 77.16487° W). Populations of the four turtle species were also examined from the continental island known as Isla Palma (3.90019° N, 77.35597° W), which is within a few kilometers of the mainland sites Playa Chucheros and San Pedro (Figure 1).

Turtles were collected by hand at night (2000 to 2400 h) from six streams on the island and eight streams on the mainland (three streams each at Playa Chucheros and San Pedro, and two streams from San Isidro). Once the turtles were collected, standard measurements of length and weight were taken, each individual was marked (Cagle 1939), sexed, and the external body surface was examined thoroughly for the presence of ectoparasites. All ectoparasites found were removed and preserved for later examination. For the two most abundant turtle species, *R. nasuta* and *K. leucostomum*, the number of specimens examined includes both original captures and recaptures as separate events. Ticks and leeches were preserved and stored in 70% ethanol (Knudsen 1966). In the last year, leeches were flattened and fixed with 10% formalin for 24 hr, we rinsed them with water before placing them in 70% ethanol for storage (Thorpe & Covich 2010). Ectoparasite specimens were transported to the Animal Ecology Research Laboratory at the Universidad del Valle in Cali for sorting by life stage for ticks (i.e., nymph, larva, adult male, and adult female) and by species for the two groups. Both taxa were then identified to species using keys and primary species descriptions (Fairchild et al. 1966, Soos 1969, Jones et al. 1972, Ringuelet 1976, Ocegüera-Figueroa & Siddall 2008, López-Jiménez & Ocegüera-Figueroa 2009, Ocegüera-Figueroa & Pacheco-Chaves 2012). Parasite voucher specimens were deposited in the Teaching Collection (CD) of the Zoology Department of the Universidad del Valle (Cali) and the catalog access numbers are presented below.

Results

A total of 639 *R. nasuta*, eight *R. melanosterna*, four *R. annulata*, and 74 *K. leucostomum* specimens were collected and subjected to thorough ectoparasite examinations from the four localities. Of the four turtle species encountered, 87 *R. nasuta*, four *R. melanosterna*, and two *R. annulata* from the island and two mainland populations (Playa Chucheros and San Pedro) possessed ticks. Leeches were not recovered from any turtles from Isla Palma; however, 59 *R. nasuta* and three *K. leucostomum* from the three mainland populations harbored leech infestations.

1. *Ixodidae* Murray, 1877; *Amblyomma* Koch, 1844; *Amblyomma sabanerae* Stoll, 1891

A total of 509 tick specimens were collected from the three *Rhinoclemmys* species, but none were found on *K. leucostomum*. The only tick species recovered was *A. sabanerae*, consisting of 385 larvae, 65 nymphs, 44 adult males, and 15 adult females (Table 1). Voucher specimens of *A. sabanerae* from each turtle species are as follows: *R. annulata*, CD 2737-2741, CD 2770; *R. melanosterna*, CD 2767-2769; and *R. nasuta*, CD 2614, CD 2663-2727, CD 2742-

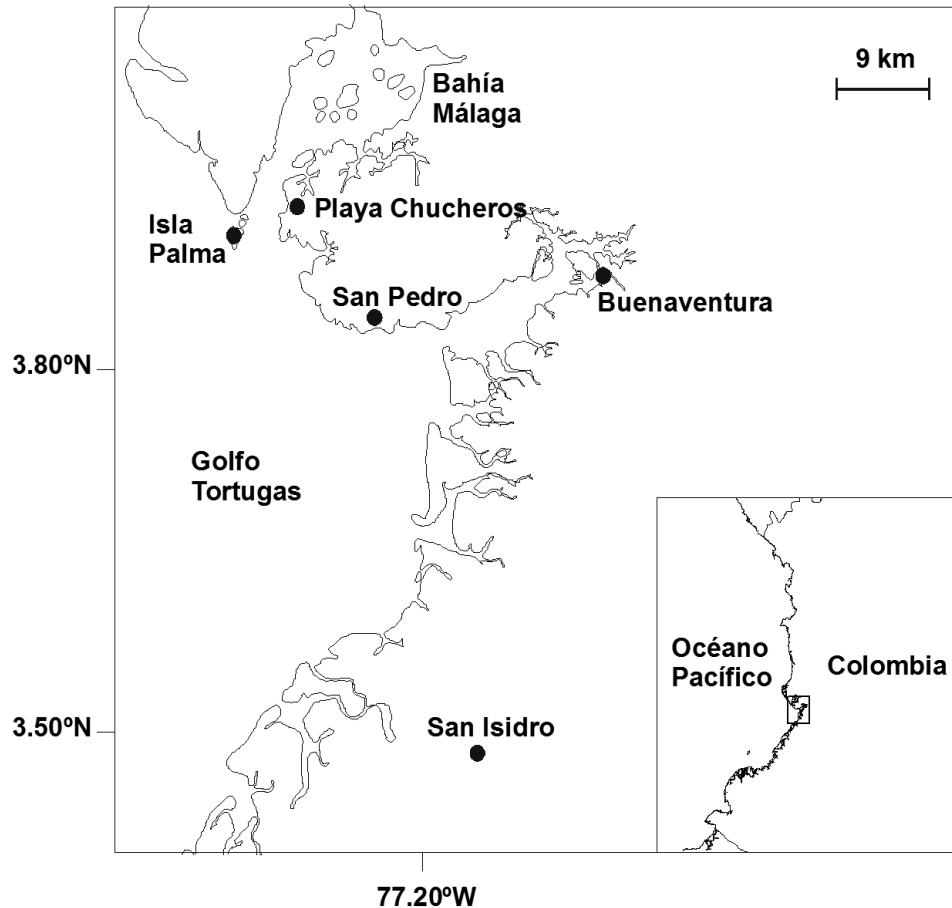


Figure 1. Map of the four collecting localities from coastal areas of the Department of Valle del Cauca, Colombia.

Table 1. Number of ectoparasite specimens for each turtle species.

Species	<i>Amblyomma sabanerae</i>				<i>Placobdella ringueleti</i>
	Male	Female	Nymphs	Larvae	
<i>Rhinoclemmys nasuta</i>	34	11	61	175	463
<i>Rhinoclemmys annulata</i>	8	3	3	210	0
<i>Rhinoclemmys melanosterna</i>	2	1	1	0	0
<i>Kinosternon leucostomum</i>	0	0	0	0	102

2766. The immature stages (i.e., larvae and nymphs) have not been described for *A. sabanerae* (Guglielmone et al. 2003); therefore we followed the practice of “identifying” the preimaginal stages by their association with adult ticks present in the turtle population (Robbins et al. 2001). Robbins et al. (2001) described the hypostomal dentition of nymph specimens associated with adult *A. sabanerae* from *R. areolata* (Duméril & Bibron in Duméril & Duméril 1851) in Belize, and documented a 2/2 hypostomal dentition for the nymphs, as opposed to the 3/3 dental formula they attributed to *A. dissimile*, which is also known to parasitize *Rhinoclemmys* species (Ernst & Ernst 1977). The nymphal dentition we observed varied between 2/2 and 3/3. The 2/2 dental formula was observed in 65.5% of the nymphs recovered and the other 34.5% were 3/3. The different dental formulae observed were not only among nymphs on different individual turtle

hosts, but also between nymphs on the same turtle. The adult dental formula for *A. sabanerae* is 4/4.

Rhinoclemmys nasuta and *R. melanosterna* represent new host records for *A. sabanerae*, adding another two species to the previously recorded five species of *Rhinoclemmys* [*R. annulata*, *R. areolata*, *R. funerea* (Cope 1876), *R. pulcherrima* (Gray 1856), *R. punctularia* (Daudin 1801)], parasitized by this tick (Ernst & Ernst 1977, Burridge 2001, Robbins et al. 2001). Also, the presence of *A. sabanerae* in Valle del Cauca represents a new department record, south of the nearest reported locality where it was recovered from a *R. annulata* specimen in the Department of the Chocó (Ernst & Ernst 1977). Osorno-Mesa (1940) previously reported *A. sabanerae* from Colombia based on Schulze (1937); however, there was no mention of the host or a specific locality.

2. *Glossiphoniidae* Vaillant, 1890; *Placobdella* Blanchard, 1893; *Placobdella ringueleti* López-Jiménez & Oceguera-Figueroa, 2009

A total of 565 leech specimens (including both adults and juveniles) were recovered over the course of this study, and *Placobdella ringueleti* was the only leech species identified from *R. nasuta* and *K. leucostomum* (Table 1). Voucher specimens of *P. ringueleti* from each turtle species are as follows: *R. nasuta*, CD 2606-2662, CD 2729-2736, and *K. leucostomum*, CD 2613, CD 2638-2639. This record of *R. nasuta* represents a new host for this leech, which is now recorded for two species of *Rhinoclemmys*. Oceguera-Figueroa & Pacheco-Chaves (2012) reported *P. ringueleti* from *R. annulata* in Costa Rica. This record of *P. ringueleti* in Colombia represents a new locality record and substantial range extension compared to the previously reported localities in Chiapas, Mexico (López-Jiménez & Oceguera-Figueroa 2009), and Costa Rica (Oceguera-Figueroa & Pacheco-Chaves, 2012). *Kinosternon leucostomum* is the host species from which the type material of *P. ringueleti* was obtained, and it has also been recorded from three other turtle species, *Staurotyphlus triporcatus* (Wiegmann 1828), *Dermatemys mawii* (Gray 1847) (López-Jiménez & Oceguera-Figueroa 2009), and *K. scorpioides* (Oceguera-Figueroa & Pacheco-Chaves 2012). The turtle taxon in southern Mexico corresponds with the nominal subspecies, *K. l. leucostomum*, and our specimens from western Colombia correspond with the subspecies *K. l. postinguinale*.

Although the taxonomic description of *P. ringueleti* was relatively recent (López-Jiménez & Oceguera-Figueroa 2009), the key of Oceguera-Figueroa & Pacheco-Chaves (2012) and several morphological characteristics helped us to identify the specimens. Externally, the leech specimens exhibit an ovate-lanceolate body shape, are brownish in color, and possess a single confluent dorsal stripe. The external feature that was diagnostic for this species identification was the presence of papillae on the dorsal surface of the posterior sucker (López-Jiménez & Oceguera-Figueroa 2009). Internally, the leech specimens have two pairs of compact salivary glands and a pair of mycetomes (López-Jiménez & Oceguera-Figueroa 2009).

Discussion

The biogeographic affinities of the two ectoparasite species identified here coincide with those of the turtles. Turtles of the Chocoan biogeographic region have a strong relationship with the fauna of lower Central America, a relationship between the *trans-Andean* forest herpetofauna of Colombia and Ecuador and the Central American herpetofauna that has long been recognized (Savage 1966, Duellman 1979). The difference in distribution among sites for the two ectoparasite species is also of biogeographic interest in that the leech is absent from the island locality. Although it might be thought the intolerance of *Placobdella* for seawater could account for this distributional difference, there is no evidence that the turtles colonized the island from the mainland across the seawater barrier – more than likely given that the maximum depths of the area around the island at the entrance to Bahía Málaga are <50 m (Cantera et al. 1998, Guevara-Fletcher et al. 2011), the island would have been connected to the mainland within the last 18,000 years during the last glacial period (Martinez 1993).

The geographic range and host distribution of both ectoparasite species have been expanded with our observations. The tick *Amblyomma sabanerae* is now reported from seven of nine *Rhinoclemmys* species (Ernst & Ernst 1977), with a distribution extending from western (Fairchild et al. 1966) and southern Mexico

(Paredes-León et al. 2008) at least as far south as Valle del Cauca in *trans-Andean* Colombia along the Pacific coast. The only record of the species from east of the Andes in South America is that of Ernst & Ernst (1977) based on a nymph found on a specimen of *R. punctularia* in Suriname. Our new record of the leech *Placobdella ringueleti* extends the known range from Costa Rica to western Colombia (approximately 1000 km), again a distributional pattern coinciding with the distribution of the host species, *K. leucostomum*, distributed from Mexico to South America. The species is now also recorded from two species of *Rhinoclemmys*, *R. annulata* in Costa Rica (Oceguera-Figueroa & Pacheco-Chaves 2012) and *R. nasuta* in Colombia. Although there has been some question about whether or not there were species of *Placobdella* distributed in South America (Siddall et al. 2005, López-Jiménez & Oceguera-Figueroa 2009), there are four species of *Placobdella* listed from *cis-Andean* South America (Christoffersen 2007, 2009), but this appears to be the first reported from the *trans-Andean* region. Both ectoparasite species recorded here have an apparently broad host tolerance among turtle species in lowland Neotropical localities.

The observed decline of turtles throughout the world has amplified the need for research that stands to clarify all possible reasons for their demise. The presence of ectoparasites on turtles is not novel; however, studies have shown that heavy sanguivore infestations could produce anemia and significantly limit the aerobic capacity and behavior of the host (Ernst & Ernst 1977, Burridge 2005), thus reducing its viability in a population (Jacobson 1994). In addition, ticks and leeches are known vectors of hemogregarine infections in different kinds of reptiles, which could reduce hemoglobin concentrations (Burridge & Simmons 2003, Ryan & Lambert 2005, McCoy et al. 2007, Read et al. 2008), and the lesions they create may serve as sites of pathogen entry and infection (Ernst & Ernst 1977). The first step in monitoring the potential threats of ectoparasite associations with a host species is to identify the ectoparasite species involved.

Acknowledgments

We thank R. Fiorillo for comments and suggestions on the project. We thank R.G. Robbins, Walter Reed Army Medical Hospital, Washington, DC, for literature and assistance with tick identification, and A. Oceguera-Figueroa for advice and assistance with leech identification. We thank people who helped collect turtles and their ectoparasites during the course of this study: M. Merchán, J. Loaiza, J.V. Pérez, A. Quintero, and B. Valencia. This work was partially financed by the Grupo de Investigación en Ecología Animal and the Vicerrectoría de Investigaciones of the Universidad del Valle (CI:7707), the Herpetology Laboratory of the University of Louisiana at Monroe, the Turtle Research Fund of the ULM Foundation, and the Linnaeus Fund.

References

- AGASSIZ, L. 1857. Contributions to the natural history of the United States of America. First Monograph. v.I. Part I. Essay on classification. Part II. North American Testudinata. Little, Brown and Co, Boston.
- ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE HERPETOLOGÍA - ACH. 2011. Plan Estratégico de Conservación para las Tortugas Continentales Colombianas. Asociación Colombiana de Herpetología, Medellín.
- BERRY, J.F. & IVERSON, J.B. 2011. *Kinosternon scorpioides* (Linnaeus 1766) - scorpion mud turtle. In Conservation biology of freshwater turtles and tortoises: A compilation project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group (A.G.J. Rhodin, P.C.H. Pritchard, P.P. Van Dyke, R.A. Saumure, K.A. Buhlmann, J.B. Iverson & R.A. Mittermeier, eds.) Chelon. Res. Monogr. 5, p.063.1-063.15.
- BLANCHARD, R. 1893. Courtes notices sur les Hirudinées. X. Hirudinées de l'Europe boréale. Bull. Soc. zool. France 18:92-98.

- BOULENGER, G.A. 1902. Descriptions of new batrachians and reptiles from north-western Ecuador. *Ann. Mag. Nat. Hist.* 79:51-57. <http://dx.doi.org/10.1080/00222930208678538>
- BROOKS, R.J., GALBRAITH, D.A. & LAYFIELD, J.A. 1990. Occurrence of *Placobdella parasitica* (Hirudinea) on snapping turtles, *Chelydra serpentina*, in southeastern Ontario. *J. Parasitol.* 76(2):190-195. <http://dx.doi.org/10.2307/3283014>
- BURRIDGE, M.J. 2001. Ticks (Acari: Ixodidae) spread by the international trade in reptiles and their potential roles in dissemination of diseases. *Bol. Entomol. Res.* 91:3-23.
- BURRIDGE, M.J. 2005. Controlling and eradicating tick infestations on reptiles. *Comp. Cont. Educ. Pract.* 27(5):371-376.
- BURRIDGE, M.J. & SIMMONS, L.A. 2003. Exotic ticks introduced into the United States on imported reptiles from 1962 to 2001 and their potential roles in international dissemination of diseases. *Vet. Parasitol.* 113:289-320. [http://dx.doi.org/10.1016/S0304-4017\(03\)00060-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0304-4017(03)00060-8)
- CAGLE, F.R. 1939. A system for marking turtles for future identification. *Copeia* 1939:170-173. <http://dx.doi.org/10.2307/1436818>
- CANTERA, J.R., NEIRA, R. & RICAURTE, C. 1998. Bioerosión en acantilados del Pacífico colombiano. Fondo FEN-Proyecto Biopacífico, Santa Fé de Bogotá.
- CASTAÑO-MORA, O.V. 1997. Status of the tortoises and freshwater turtles of Colombia. In *Proceedings: Conservation, Restoration and Management of Tortoises and Turtles - An International Conference* (J. Van Abbema, ed.). New York Turtle and Tortoise Society, New York, p.302-306.
- CHRISTOFFERSEN, M.L. 2007. Clitellate evolution and leech diversity: Glossiphoniidae excl. *Helobdella* (Annelida, Hirudinea, Rhynchobdellida) from South America. *Gaia Scientia* 1(2):131-140.
- CHRISTOFFERSEN, M.L. 2009. A catalogue of *Helobdella* (Annelida, Clitellata, Hirudinea, Glossiphoniidae), with a summary of leech diversity, from South America. *Neotrop. Biol. Conserv.* 4(2):89-98. <http://dx.doi.org/10.4013/nbc.2009.42.04>
- COPE, E.D. 1876. On the Batrachia and Reptilia of Costa Rica. In *On the Batrachia and Reptilia of Costa Rica with notes on the herpetology and ichthyology of Nicaragua and Peru* (E.D. Cope, ed.). *J. Acad. Nat. Sci. Philadelphia* (2)8(4)1875[1876]:93-154.
- COPE, E.D. 1887. Catalogue of Batrachia and Reptilia of Central America and Mexico. *Bull. U.S. Natl. Mus.* 32:1-98. <http://dx.doi.org/10.5479/si.03629236.32>
- CORREDOR-LONDOÑO, G., KATTAN, G., GALVIS-RIZO, C.A. & AMOROCHO, D. 2007. Tortugas del Valle del Cauca. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), Santiago de Cali.
- DAUDIN, F.M. 1801. *Histoire Naturelle, Générale et Particulière des Reptiles*. Tome Second. Dufart, Paris.
- DE CAMPOS-BRITES, V.L. & RANTIN, F.T. 2004. The influence of agricultural and urban contamination on leech infestation of freshwater turtles, *Phrynos geoffroanus*, taken from two areas of the Uberabinha River. *Environ. Monit. Assess.* 96:273-281. <http://dx.doi.org/10.1023/B:EMAS.0000031733.98410.3c>
- DODD, C.K. 1988. Patterns of distribution and seasonal use of the turtle *Sternotherus depressus* by the leech *Placobdella parasitica*. *J. Herpetol.* 22:74-81. <http://dx.doi.org/10.2307/1564358>
- DUELLMAN, W.E. 1979. The South American herpetofauna: a panoramic view. In *The South American Herpetofauna: Its Origin, Evolution, and Dispersal* (W.E. Duellman, ed.). Monograph of the Museum of Natural History, University of Kansas, Lawrence, p.1-28.
- DUMÉRIL, A.M.C. & DUMÉRIL, A.H.A. 1851. *Catalogue methodique de la collection des reptiles du Museum d' Histoire Naturelle*. Gide and Boudry, Paris.
- ENNEN, J.R. & QUALLS, C.P. 2011. Distribution and habitat utilization of the gopher tortoise tick (*Amblyomma tuberculatum*) in southern Mississippi. *J. Parasitol.* 97:202-206. <http://dx.doi.org/10.1645/GE-2599.1>
- ERNST, C.H. 1971. Seasonal incidence of leech infestation on the painted turtle, *Chrysemys picta*. *J. Parasitol.* 57:32. <http://dx.doi.org/10.2307/3277749>
- ERNST, C.H. & ERNST, E.M. 1977. Ectoparasites associated with Neotropical turtles of the genus *Callopsis* (Testudines, Emydidae, Batagurinae). *Biotropica* 9:139-142. <http://dx.doi.org/10.2307/2387671>
- FABRICIUS, J.C. 1787. *Mantissa insectorum sistens species nuper detectas adiectis synonymis, observationibus, descriptionibus, emendationibus*. Hafniae.
- FAIRCHILD, G.B., KOHLS, G.M. & TIPTON, V.J. 1966. The ticks of Panama (Acarina: Ixodoidea). In *Ectoparasites of Panama* (R.L. Wenzel & V.J. Tipton, eds.). Field Museum of Natural History, Chicago, Illinois.
- FITZINGER, L.J. 1835. Entwurf einer systematischen Anordnung der Schildkröten nach den Grundsätzen der natürlichen Methode. *Ann. Wiener Mus. Naturgeschichte* 1:105-128.
- GIBBONS, J.W., SCOTT, D.E., RYAN, T.J., BUHLMANN, K.A., TUBERVILLE, T.D., METTS, B.S., GREENE, J.L., MILLS, T., LEIDEN, Y., POPPY, S. & WINNE, C. T. 2000. The global decline of reptiles, déjà vu amphibians. *BioScience* 50:653-666. [http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568\(2000\)050\[0653:TGDORD\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568(2000)050[0653:TGDORD]2.0.CO;2)
- GRAHAM, T.E., SAUMURE, R.A. & ERICSON, B. 1997. Map turtle winter leech loads. *J. Parasitol.* 83:1185-1186. <http://dx.doi.org/10.2307/3284384>
- GRAY, J.E. 1847. Description of a new genus of Emydidae. *Proc. Zool. Soc. London* 1847:55-56.
- GRAY, J.E. 1856. Catalogue of shield reptiles in the collection of the British Museum. Part I. Testudinata (tortoises). British Museum, London.
- GRAY, J.E. 1860. Description of a new species of *Geoclemmys* from Ecuador. *Proc. Zool. Soc. Proc. Zool. Soc. London* 1860:231-232.
- GRAY, J.E. 1861. On a new species of water-tortoise (*Geoclemmys melanosterna*) from Darien. *Proc. Zool. Soc. London* 1861:204-205.
- GUERRERO, R. 1996. Las garrapatas de Venezuela (Acarina: Ixodidae). Listado de especies y claves para su identificación. *Bol. Mal. Salud Amb.* 36:1-24.
- GUEVARA-FLETCHER, C.E., CANTERA KINTZ, J.R., MEJÍA-LADINO, L.M. & CORTÉS, F.A. 2011. Benthic macrofauna associated with submerged bottoms of a tectonic estuary in tropical Eastern Pacific. *J. Mar. Biol.* 2011: Article ID 193759, 13p. <http://dx.doi.org/10.1155/2011/193759>
- GUGLIELMONE, A.A., ESTRADA-PEÑA, A., KEIRANS, J.E. & ROBBINS, R.G. 2003. Ticks (Acari: Ixodida) of the Neotropical Zoogeographic Region. International Consortium on Ticks and Tick-borne Diseases, Utrecht.
- HULSE, A.C. & ROUTMAN, E.J. 1982. Leech (*Placobdella parasitica*) infestations on the wood turtle, *Clemmys insculpta*. *Herpetological Review* 13:6.
- JACOBSON, E.R. 1994. Causes of mortality and diseases in tortoises: a review. *J. Zoo. Wildlife. Med.* 25:2-17.
- JONES, E.K., CLIFFORD, C.M., KEIRANS, J.E. & KOHLS, G. M. 1972. The ticks of Venezuela (Acarina: Ixodoidea) with a key to the species of *Amblyomma* in the Western Hemisphere. *Brigham Young Univ. Sci., Biol. Ser.* 17:1-40.
- KNUDSEN, J.W. 1966. *Biological Techniques*. Harper & Row, Publishers, New York.
- KOCH, C.L. 1844. Systematische Uebersicht über die Ordnung der Zecken. *Arc. Naturgeschichte* 10(1):217-239.
- LABRUNA, M.B., CAMARGO, L.M.A., TERRASSINI, F.A., SCHUMAKER, T.T.S. & CAMARGO, E.P. 2002. Notes on parasitism by *Amblyomma humerale* (Acari: Ixodidae) in the State of Rondônia, Western Amazon, Brazil. *J. Med. Entomol.* 39:814-817. <http://dx.doi.org/10.1603/0022-2585-39.6.814>
- LINNAEUS, C. 1766. *Systema naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species cum characteribus, differentiis, Synonymis, locis*. 12th ed. Salvius, Stockholm, v.1. 1.
- LÓPEZ-JIMÉNEZ, S. & OCEGUERA-FIGUEROA, A. 2009. New species of rhychobdellid leech (Hirudinea: Glossiphoniidae): a parasite of turtles from Chiapas, Mexico. *J. Parasitol.* 95:1356-1359. <http://dx.doi.org/10.1645/GE-2128.1>

- MARTINEZ, J.O. 1993. Geomorfología. In Colombia Pacifico (P. Leyva, ed.). Santafé de Bogota, Fondo FEN-Proyecto Biopacifico, Tomo I, p.111-119.
- McCOY, J.C., FAILEY, E.L., PRICE, S.J. & DORCAS, M.E. 2007. An assessment of leech parasitism on semi-aquatic turtles in the western piedmont of North Carolina. Southeast. Nat. 6:191-202. [http://dx.doi.org/10.1656/1528-7092\(2007\)6\[191:AAOLPO\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1656/1528-7092(2007)6[191:AAOLPO]2.0.CO;2)
- MEDEM, F. 1956. Informe sobre reptiles colombianos (I). Noticia sobre el primer hallazgo de la tortuga *Geoemyda annulata* (Gray) en Colombia. *Caldasia* 7(34):317-325.
- MEDEM, F. 1962a. La distribución geográfica y ecología de los Crocodylia y Testudinata en el Departamento del Chocó. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 11:279-303.
- MEDEM, F. 1962b. Informe final sobre la comisión a los ríos Atrato, San Juan y Baudó. Consejo Nal. Pol. Econ. Planeación; Documentos Desarrollo Chocó, Plan Fomento Regional Edit. Norma, Cali, Colombia.
- MURRAY, A. 1877. *Economic Entomology*. Chapman and Hall, London, England.
- OCEGUERA-FIGUEROA, A. & PACHECO-CHAVES, B. 2012. Registros de sanguijuelas de Costa Rica y clave para la identificación de las especies con redescritión de *Cylicobdella costaricae*. *Rev. Mex. Biodivers.* 83:946-957.
- OCEGUERA-FIGUEROA, A. & SIDDALL, M.E. 2008. *Placobdella lamotheni* n. sp. (Hirudinea: Glossiphoniidae), a new leech parasite of freshwater turtles from Estado de México, Mexico. *Rev. Mex. Biodivers.* 79:135-139.
- OSORNO-MESA, E. 1940. Las garrapatas de la Republica de Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 4(13):6-24.
- PARDES-LEÓN, R., GARCÍA-PRIETO, L., GUZMÁN-CORNEJO, C., LEÓN RÈGAGNON, V. & PÉREZ, T.M. 2008. Metazoan parasites of Mexican amphibians and reptiles. *Zootaxa* (1904):1-166.
- READEL, A.M., PHILLIPS, C.A. & WETZEL, M.J. 2008. Leech parasitism in a turtle assemblage: effects of host and environmental characteristics. *Copeia* 2008:227-233.
- RHODIN, A.G.J., WALDE, A.D., HORNE, B.D., VAN DIJK, P.P., BLANCK, T. & HUDSON, R. 2011. Turtles in Trouble: The World's 25+ Most Endangered Tortoises and Freshwater Turtles-2011. Turtle Conservation Coalition [IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group, Turtle Conservation Fund, Turtle Survival Alliance, Turtle Conservancy, Chelonian Research Foundation, Conservation International, Wildlife Conservation Society, and San Diego Zoo Global], Lunenburg.
- RINGUELET, R.A. 1976. Clave para las familias y generos de sanguijuelas (Hirudinea) de aguas dulces y terrestres de Mesoamérica y Sudamérica. *Limnobiós* 1:9-19.
- ROBBINS, R.G., PLATT, S.G., RAINWATER, T.R. & WEISMAN, W. 2001. Statistical measures of association between *Amblyomma sabanerae* Stoll (Acari: Ixodida: Ixodidae) and the furrowed wood turtle, *Rhinoclemmys areolata* (Duméril & Bibron) (Testudines: Emydidae), in northern Belize. *P. Entomol. Soc. Wash.* 103:54-59.
- ROBBINS, R.G., DEEM S.L. & OCCI, J.L. 2003. First report of *Amblyomma humerale* Koch (Acari: Ixodida: Ixodidae) from Bolivia, with a synopsis of collections of this tick from the South American Yellow-footed Tortoise, *Geochelone denticulata* (L.) (Reptilia: Testudines: Testudinidae). *P. Entomol. Soc. Was.* 105:502-505.
- ROBINSON, L. E. 1926. Ticks. A Monograph of the Ixodoidea. Part IV. The Genus *Amblyomma*. Cambridge University Press, Cambridge.
- RYAN, T.J. & LAMBERT, A. 2005. Prevalence and colonization of *Placobdella* on two species of freshwater turtles (*Graptemys geographica* and *Sternotherus odoratus*). *J. Herpetol.* 39:284-287. <http://dx.doi.org/10.1670/180-04N>
- SAVAGE, J.M. 1966. The enigma of the Central American herpetofauna: dispersals or vicariance? *Ann. Mo. Bot. Gard.* 69(3):464-547. <http://dx.doi.org/10.2307/2399082>
- SCHMIDT, K.P. 1947. A new kinosternid turtle from Colombia. *Fieldiana (Zool.)* 31(13):109-112.
- SCHULZE, P. 1937. Beiträge zur Kenntnis der Zeckengattung *Amblyomma*. *Z. Parasit.* 9:690-694. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02122157>
- SIDDALL, M.E., BUDINOFF, R.B. & BORDA, E. 2005. Phylogenetic evaluation of systematics and biogeography of the leech family Glossiphoniidae. *Invertebr. Syst.* 19:105-112. <http://dx.doi.org/10.1071/IS04034>
- SIDDALL M.E & GAFFNEY, E.S. 2004. Observations on the leech *Placobdella ornata* feeding from bony tissues of turtles. *J. Parasitol.* 90:1186-1188. <http://dx.doi.org/10.1645/GE-277R>
- SOOS, A. 1969. Identification key to the leech (Hirudinaidea) genera of the world, with a catalogue of the species VI. Family; Glossiphoniidae. *Acta zool. Acad Sci. H.* 15:397-454.
- SPIX, J.B. 1824. *Animalia Nova sive Species Novae Testudinum et Ranarum. Monachii*, 53p.
- STOLL, O. 1891. *Amblyomma sabanerae*. In *Biologia Centrali-Americana, Arachnida, Acaridea 1886-1893* (O. Stoll, ed.). London, p v-xxi, 1-55.
- THEOBALD, W. 1868. Catalogue of Reptiles in the Museum of the Asiatic Society of Bengal. *J. Asiatic Soc.*, extra number, 88p.
- THORP, J.H. & COVICH, A.P. 2010. *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*. 3rd ed. Academic Press, Boston.
- VAILLANT, L.L. 1890. Histoire naturelle des annelés marins et d'eau douce. In *Lombriciniens, Hirudiniens, Bdellomorphes, Térétulariens et Planariens*, v.3(2) (A. De Quatrefages & L. Vaillant, eds.). Paris.
- VOLTZIT, O.V. 2007. A review of Neotropical *Amblyomma* species (Acari: Ixodidae). *Acarina* 15:3-134.
- WHARTON, G.W. 1938. Acarina of Yucatan caves. *Carnegie I. Wash.* 491:137-152.
- WIEGMANN, A.F.A. 1828. *Beyträge zur Amphibienkunde. Isis von Oken* 21 (4):364-383.

Received 10/11/2012

Revised 07/05/2013

Accepted 07/26/2013

Variation in the diet of the lizard *Tropidurus torquatus* along its coastal range in Brazil

Carla Costa Siqueira^{1,4}, Mara Cíntia Kiefer^{1,2}, Monique Van Sluys^{1,3} & Carlos Frederico Duarte Rocha¹

¹Departamento de Ecologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, CEP 20550-011, Rua São Francisco Xavier 524, Rio de Janeiro, RJ, Brazil

²Departamento de Biologia Geral, Instituto de Biologia, Universidade Federal Fluminense – UFF, CP 100436, Centro, CEP 24020-971, Niterói, RJ, Brazil

³Taronga Conservation Society Australia, Bradleys Head Road, 2088, Mosman, NSW, Australia

⁴Corresponding author: Carla Costa Siqueira, e-mail: carlacsiqueira@yahoo.com.br

SIQUEIRA, C.C., KIEFER, M.C., VAN SLUYS, M. & ROCHA, C.F.D. **Variation in the diet of the lizard *Tropidurus torquatus* along its coastal range in Brazil**. *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?article+bn01913032013>

Abstract: The diet composition of lizards of a given species may vary among different populations. The feeding ecology of the tropidurid lizard *Tropidurus torquatus* was studied in 10 coastal areas in Brazil in order to detect to what extent the diet varies along its geographic range. A non-metric multidimensional scaling technique revealed three groups of localities according to the diet composition: one characterized by a relatively high consumption of Isoptera, one characterized by a relatively high proportion of plant matter, and one in which there was a great importance of Formicidae. We found a weak pattern of latitudinal differences in restingas regarding the general consumption of items by *T. torquatus*, probably because this is a generalist and opportunistic lizard, which consumes most of the available types of potential food items in the habitat. However, lizards from northern populations consumed a larger quantity of smaller items (e.g., Isoptera) than those from southern populations. In the southern populations, on the other hand, larger items such as Coleoptera, Lepidoptera larvae and fruits were more frequently consumed. It is likely that the observed interpopulational variation in some aspects of the feeding ecology of coastal *T. torquatus* is mainly given by food availability.

Keywords: *geographic variation, feeding ecology, restinga habitat, tropical lizard, Tropiduridae.*

SIQUEIRA, C.C., KIEFER, M.C., VAN SLUYS, M. & ROCHA, C.F.D. **Variação na dieta do lagarto *Tropidurus torquatus* ao longo de sua distribuição costeira no Brasil**. *Biota Neotrop.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?article+bn01913032013>

Resumo: A composição da dieta de lagartos de uma determinada espécie pode variar entre diferentes populações. A ecologia alimentar do lagarto tropidurídeo *Tropidurus torquatus* foi estudada em 10 áreas da costa do Brasil a fim de detectar em que extensão a dieta varia ao longo de sua distribuição geográfica. Uma técnica de escalonamento multidimensional não-métrico revelou três grupos de localidades de acordo com a composição da dieta: um caracterizado por um relativamente alto consumo de Isoptera, um caracterizado pela relativamente alta proporção de material vegetal, e um em que houve uma grande importância de Formicidae. Nós encontramos um fraco padrão de diferença latitudinal nas restingas em relação ao consumo geral de itens por *T. torquatus*, provavelmente porque este é um lagarto generalista e oportunista, que consome a maioria dos tipos disponíveis de potenciais itens alimentares no habitat. No entanto, os lagartos das populações mais ao norte consumiram uma maior quantidade de menores itens (e.g., Isoptera) do que aqueles das populações mais ao sul. Nas populações mais ao sul, por outro lado, itens maiores como Coleoptera, Lepidoptera, larvas e frutos foram mais frequentemente consumidos. É provável que a variação interpopulacional observada em alguns aspectos da ecologia alimentar de *T. torquatus* costeiros seja ocasionada principalmente pela disponibilidade de alimento.

Palavras-chave: *variação geográfica, ecologia alimentar, restinga, lagarto tropical, Tropiduridae.*

Introduction

Different populations of a given species can exhibit similar morphological and/or ecological characteristics independently of the variation in the environmental parameters of the localities where they occur (e.g. Niewiarowski 1994, Mesquita & Colli 2003a, b). On the other hand, some lizard species have interpopulational variation in some life history characteristics that can be attributed to genetic differentiation or to local environmental variation along their geographic distribution (e.g. Ballinger 1983, Niewiarowski 1994). Environmental characteristics (e.g. habitat availability for shelter, thermoregulation and reproduction) and local climatic conditions can influence ecological parameters of lizard populations, resulting in differences among populations of a given species (e.g. Pianka 1970, Vitt & Colli 1994, Kiefer et al. 2005, 2007). For example, the diet of a lizard can vary among different populations in relation to prey type, number and size (e.g. Parker & Pianka 1975, Vitt & Colli 1994, Vitt et al. 1998). In Brazil, the teiid *Ameiva ameiva* eats the same general types of prey, and geographic or temporal differences in its diet results from variation in the availability of those general prey categories (Vitt & Colli 1994). In the teiid *Aspidoscelis tigris* (= *Cnemidophorus tigris*; Pianka 1970) and the phrynosomatid *Uta stansburiana* (Parker & Pianka 1975), a latitudinal gradient in diet was reported, with populations at the southern limits of their distribution usually consuming more Isoptera.

Studies of intraspecific geographical variation have played an important role in identifying the potential ecological sources of variation, and in providing hypotheses concerning the evolution of life histories (Niewiarowski 1994). Thus, to understand how ecological or evolutionary (genetic) factors may affect life history traits in lizards large data sets are needed. The tropidurid lizard *Tropidurus torquatus* is widely distributed in South America, from central

Brazil to northern Argentina (Frost et al. 2001). Along the eastern Brazilian coast these lizards occur in sandy coastal habitats from the south of Bahia state to Rio de Janeiro state, along approximately 1500 km. For this lizard species there is evidence of interpopulation differences, apparently related to differences in the local environment, in some ecological aspects such as mean activity body temperatures (Kiefer et al. 2005), thermoregulatory behavior (Kiefer et al. 2007), mean clutch and egg size (Kiefer et al. 2008), mean diversity of gut nematodes (Kiefer 2003), and proportion of plant material consumed (Siqueira et al. 2011).

Restinga habitats tend to differ across areas as a result of the historical and ecological processes that originated them (Suguió & Tessler 1984). Because of this, we expected that food resources may also change among restinga habitats and the prey consumed by *T. torquatus* (a generalist, opportunistic forager; Fialho et al. 2000) would change accordingly. If such changes in diet occur we could assume that local availability of prey is the most important determinant of the species diet. If not, historical factors (genetic) could better explain the food items consumed by the lizards. Therefore, we compared the diet of *T. torquatus* from 10 populations along its distribution in Brazilian coastal areas to investigate the extent to which diet composition differs among populations.

Material and Methods

1. Study areas

The study was carried out in 10 areas of 'restinga' habitat of the Brazilian eastern coast (Figure 1). Two localities were in Bahia state: Trancoso (16° 39' S and 39° 05' W) and Prado (17° 18' S and 39° 13' W), three in Espírito Santo state: Gurirí (18° 41' S and 39° 45' W), Setiba (20° 35' S and 40° 27' W) and Praia das Neves (21°

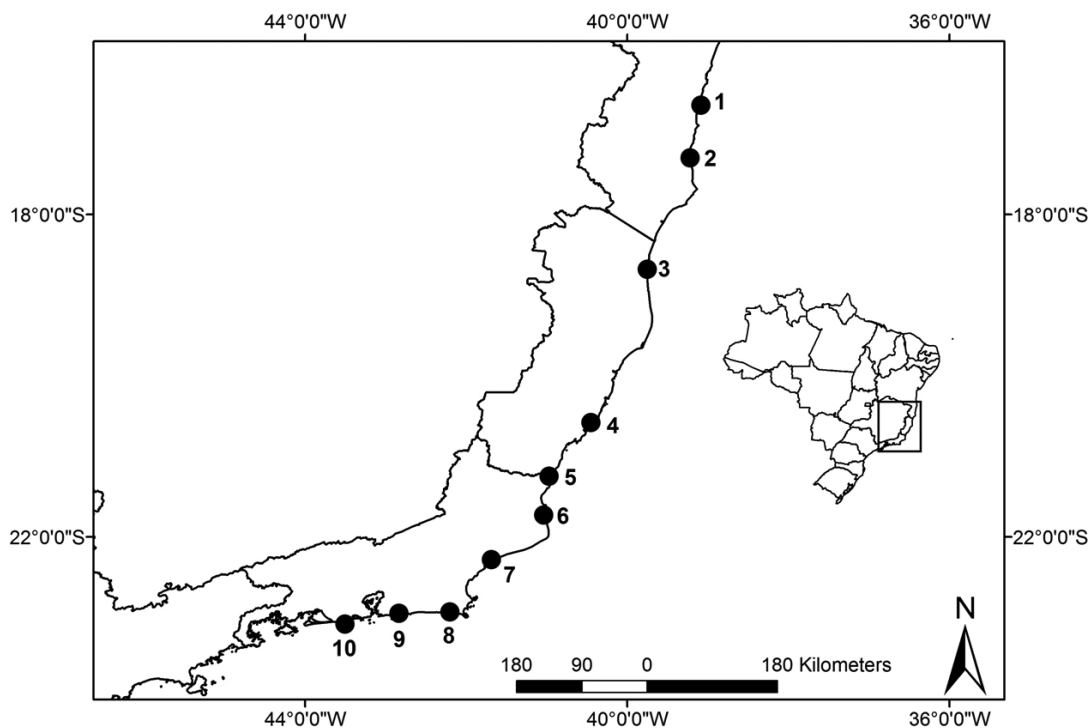


Figure 1. Map showing the 10 restinga habitats where the specimens of *Tropidurus torquatus* were captured along the Brazilian coast in the states of Bahia (1: Trancoso, 2: Prado), Espírito Santo (3: Gurirí, 4: Setiba, 5: Praia das Neves) and Rio de Janeiro (6: Grussaí, 7: Jurubatiba, 8: Massambaba, 9: Barra de Maricá and 10: Grumari). Map by Mauricio Almeida-Gomes.

15° S and 40° 58' W), and the remaining five areas were located in Rio de Janeiro state: Grussaí (21° 44' S and 41° 02' W), Jurubatiba (22° 17' S and 41° 41' W), Massambaba (22° 56' S and 42° 12' W), Barra de Maricá (22° 57' S and 42° 50' W) and Grumari (23° 05' S and 43° 30' W). These localities comprise a representative sample of the distribution of *T. torquatus* in coastal areas.

Restingas are Quaternary habitats characterized by sandy soils with high salt concentration and a predominance of herbaceous and shrubby vegetation (Suguio & Tessler 1984). They occur along most of the Brazilian coast and are part of the Atlantic Forest Biome (Suguio & Tessler 1984). In general, restingas have a rainy season from December to March and a dry season from May to September (Nimer 1979). Mean annual temperatures average 23°C and mean annual rainfall ranges from 1000 to 1350 mm (Nimer 1979).

2. Methodology and analyzes

Lizards were collected during the same wet season (spring-summer), from November 1999 to March 2000, to factor out possible effects due to seasonality. Each restinga was sampled once, during 3-4 days and lizards were captured with pellet rifles, rubber bands or nooses; the specimens that were caught alive were killed with ether. The snout-vent length (SVL) and the jaw width (JW) of lizards were measured with a digital caliper (General®, USA, New York; precision of 0.1 mm). After all measurements were taken, lizards were fixed in 10% formalin in the field, and later preserved in 70% alcohol. Lizards were dissected and their gonads were examined for sex identification.

Diet composition was analyzed in terms of number, volume (mm³) and frequency of occurrence (proportion of stomachs containing a given food category) of items found in the stomachs. Invertebrate preys were identified to Order (except for ants, identified to family) and vertebrates were identified to species. Insects also were categorized as larvae/adult. Plant material found was classified as flowers, fruits, seeds or leaves. Unidentified arthropod remains (URA) were considered only for volumetric analysis. We measured length and width of each prey item with a digital caliper (precision of 0.1 mm) and estimated the volume (in mm³) using the formula for an ellipsoid (Dunham 1983). We measured leaf volume by multiplying their three dimensions (length, width and depth) (Schoener 1967). An Index of Relative Importance (*I_x*, presented in %) of each prey type in the diet of each population was estimated by the sum of the percentages of number (%N), volume (%V) and frequency of occurrence (%F) divided by three (Howard et al. 1999).

At each restinga, potential *T. torquatus* prey was sampled to evaluate the relationship between prey consumption by lizards and prey availability in the environment. At each locality we put 30 plastic vials (300 ml) containing water and liquid soap, buried on the ground along a 150 m transect. We set two traps in 15 points distant 10 m from each other, one trap at each side of the transect. The traps remained open for eight hours per day, for one or two days in each area, depending on the climatic conditions (when it rained, the traps were removed). All invertebrates sampled were fixed in 70% alcohol, identified and counted.

For statistical analysis, volume values were transformed in log. To compare the diet composition between sexes, we correlated the diet of males and females in terms of numeric proportion of items consumed by each sex using Spearman Rank Correlation (Zar 1999). To test if there were local differences between sexes in number and in volume of largest food items per stomach, we performed an Analysis of Variance (ANOVA) (Zar 1999). To summarize the differences in the diet among populations, food items consumed by *T. torquatus* in each restinga were examined using non-metric multidimensional scaling (NMDS) technique, based on a Bray-Curtis similarity matrix (McCune & Grace 2002). The index of similarity was calculated

based on the *I_x* value because, as it combines %N, %V and %F for each food item, it provides more complete information about the diet of the lizards. For this analysis, we only considered those food items with *I_x* > 5% of the diet in at least one population. This ordination technique compares mean rank of dissimilarities of samples within and among groups and does not make the assumption that data are normally distributed or that variances or covariances are equal (McCune & Grace 2002). The final stress coefficient provides a measure of goodness-of-fit of the regression; stress values larger than 0.20 cannot be interpreted reliably.

For each population we calculated the numeric proportions of each prey category for pooled stomachs and for individual lizards. From these proportions, we calculated niche breadths ($B = 1/\sum p_i^2$) for pooled stomachs and for each individual, using the inverse of Simpson's diversity index (Simpson 1949). Because not all food categories were represented in each population studied, we adjusted niche breadths by dividing each value (*B*) by its corresponding number of food categories. We compared the niche breadths among populations through Analyses of Variance (ANOVA) followed by Scheffé post-hoc test (Zar 1999). We also calculated the niche overlap in diet composition using the equation $\Phi_{jk} = \sum_{i=1}^n P_{ij} P_{ik} / \sqrt{\sum_{i=1}^n P_{ij}^2 P_{ik}^2}$ (Pianka 1973), where *P* represents the proportion of the food category, and *j* and *k* represent the pair of populations compared. We related the niche overlap values (arcsine transformed) between pairs of populations and the distance (in km) between the respective localities using Regression Analysis (Zar 1999).

The number and the volume of the largest item consumed by lizards were compared among all *T. torquatus* populations through ANOVA, and a Scheffé post-hoc test (Zar 1999). To evaluate whether lizard body size and jaw width influence the number and volume of largest food items ingested, we performed Simple Regression Analysis between the number of food items per stomach and the snout-vent length (SVL) of lizards and between the volume of the largest item per stomach and lizard jaw width (JW) for each population (Zar 1999). The same analysis was done to evaluate in which extent the variation in the mean number of food item and in the mean volume of largest food item is explained by the mean body size and mean lizard jaw width, respectively, along the coastal *T. torquatus* populations (Zar 1999). Spearman Rank Correlation was used to test the relationship among the numeric proportion of food items (excluding plant material) consumed by *T. torquatus* and the numeric proportion of available prey in the habitat (Zar 1999). We used significance level of 0.05. All statistical analyses were performed in SYSTAT 11 software. Descriptive statistics are represented in the text as mean ± 1 SD.

Results

We analyzed 601 individuals of *Tropidurus torquatus*, varying from 23 in Grumari to 105 in Prado (Tables 1, 2). Almost all lizards had some food in their stomachs, except for eight (1.3% of the total sample): one from Prado (0.9% of the population sample), four from Setiba (4%), one from Massambaba (1.7%), one from Maricá (2.7%) and one from Grumari (4.2%).

The diet of *T. torquatus* was composed of arthropods (mainly insects), mollusks and plant material (Tables 1, 2). In nine populations, the diet was predominantly insectivorous, whereas in Maricá lizards consumed a high degree of plant material. Formicidae and Isoptera were the most numerous items in the diet in all populations. Considering the volumetric proportion in the diet, Formicidae (Praia das Neves, Grussaí and Grumari), Isoptera (Trancoso, Prado and Setiba), Coleoptera (Guriri), fruits (Massambaba and Maricá) and flowers (Jurubatiba) were the dominant items. Formicidae was the

Table 1. Percentages of the number (%N), volume (%V), frequency of occurrence (%F) and Importance Index (Ix) of each food item in the diet of the lizard *Tropidurus torquatus* in Brazilian coastal populations: Trancoso (N = 89), Prado (N = 105), Guriri (N = 26), Setiba (N = 97) and Praia das Neves (N = 74). URA means unidentified arthropod remains. In the first column, L. and A. mean, respectively, larvae and adults. **Tropidurus torquatus*.

Item/Areas	Trancoso				Prado				Guriri				Setiba				Praia das Neves			
	%N	%V	%F	Ix	%N	%V	%F	Ix	%N	%V	%F	Ix	%N	%V	%F	Ix	%N	%V	%F	Ix
GASTROPODA	0.2	0.7	9.0	3.3	0.1	0.1	6.7	2.3	0.1	0.1	3.1	1.1	0.1	0.02	2.7	1.0				
ARACHNIDA																				
Araneae	1.0	1.8	29.2	10.7	0.3	0.6	18.1	6.3	0.4	0.5	11.5	4.1	1.5	2.4	41.2	15.0	1.6	1.6	27.0	10.1
Acari	0.1	0.002	2.2	0.8	0.2	0.02	4.8	1.7	0.1	0.001	3.8	1.3	0.1	0.002	2.1	0.7	0.1	0.01	2.7	1.0
Pseudoscorpiones																				
MALACOSTRACA																				
Isopoda	0.03	0.01	1.1	0.4													0.4	0.4	6.8	2.5
DIPLOPODA	0.1	0.3	3.4	1.3	0.01	0.01	1.0	0.3	0.1	0.3	3.8	1.4	0.03	0.1	1.0	0.4	0.2	0.1	4.1	1.5
CHILOPODA	0.1	1.8	4.5	2.1					0.3	0.4	11.5	4.1	0.1	0.05	4.1	1.4				
HEXAPODA																				
Odonata L.					0.01	0.1	1.0	0.3												
Odonata A.	0.03	0.2	1.1	0.5					0.1	5.5	4.1	3.2								
Orthoptera	0.1	3.0	3.4	2.2	0.1	2.7	5.7	2.8	0.1	0.6	7.7	2.8	0.2	5.6	6.2	4.0	0.3	5.4	5.4	3.7
Embiidina	0.03	0.002	1.1	0.4																
Isoptera	36.0	36.8	59.6	44.1	73.5	40.4	73.3	62.4	0.4	7.5	42.3	30.1	65.3	30.6	55.7	50.5	34.8	6.8	39.2	26.9
Blattodea	0.3	2.5	11.2	4.7	0.1	1.4	5.7	2.4												
Hemiptera	0.3	0.3	9.0	3.2	0.1	0.7	9.5	3.4	0.5	1.7	19.2	7.2	0.2	0.6	9.3	3.4	0.6	2.7	10.8	4.7
Homoptera	2.5	1.2	16.9	6.9	0.1	0.2	3.8	1.4	0.3	8.8	15.4	8.1	0.7	2.1	24.7	9.2	0.7	0.7	8.1	3.2
Coleoptera L.	6.1	2.6	9.0	5.9	0.1	0.2	4.8	1.7												
Coleoptera A.	2.2	4.8	41.6	16.2	0.4	1.0	18.1	6.5	3.3	22.8	73.1	33.0	1.7	5.6	42.3	16.5	4.5	22.9	48.6	25.4
Neuroptera L.	0.1	0.1	1.1	0.4					0.03	0.4	1.0	0.5								
Neuroptera A.	0.03	0.01	1.1	0.4																
Hymenoptera																				
Formicidae	46.7	9.7	97.8	51.4	23.0	33.8	97.1	51.3	47.1	11.9	100	53.0	25.6	19.8	94.8	46.8	53.2	52.3	95.9	67.3
Others	1.3	8.5	30.3	13.4	0.6	4.7	20.0	8.4	2.6	7.5	42.3	17.5	1.1	5.3	30.9	12.5	0.9	3.0	13.5	5.8
Lepidoptera L.	1.9	14.5	40.4	19.0	0.6	2.6	27.6	10.3	1.0	4.9	30.8	12.2	1.2	15.1	36.1	17.5	0.7	0.4	10.8	4.0
Lepidoptera A.	0.1	0.1	3.4	1.2	0.1	0.1	3.8	1.3	0.1	0.04	3.8	1.3	0.2	0.9	8.2	3.1	0.1	0.1	2.7	1.0
Diptera L.					0.1	0.3	1.0	0.4	0.1	0.02	3.8	1.3								
Diptera A.	0.4	0.03	9.0	3.1	0.2	2.7	13.3	5.4	0.2	3.6	7.7	3.9	0.8	1.2	9.3	3.8	0.3	0.1	5.4	1.9
Pupae																				
URA	1.0					0.5				3.8				0.5						
VERTEBRATES																				
<i>T. torquatus</i> *									0.1	6.0	3.8	3.3								
Plant material																				
Flowers	0.1	0.8	2.2	1.0	0.1	1.4	4.8	2.1	0.7	1.6	30.8	11.8	0.2	2.4	5.2	2.6	0.1	1.2	2.7	1.4
Fruits	0.3	7.2	9.0	5.5	0.2	6.4	7.6	4.7	0.4	15.4	23.1	8.4	0.1	0.5	4.1	1.6				
Seeds									1.6	0.3	3.8	6.9	0.6	0.1	3.1	1.3				
Leaves					0.1	0.02	4.8	1.6	0.7	0.04	11.5	4.2	0.1	0.003	1.0	0.4				
Remains		2.1	9.0			0.3	3.8			2.3	26.9			6.2						
TOTAL	3598	22179.1			6825	43524.1			1378	14730.6			3923	30847.5			1334	16433.8		

Variation in the diet of the lizard *Tropidurus torquatus*

Table 2. Percentages of the number (%N), volume (%V), frequency of occurrence (%F) and Importance Index (Ix) of each food item in the diet of the lizard *Tropidurus torquatus* in Brazilian coastal populations: Grussai (N = 30), Jurubatiba (N = 55), Massambaba (N = 58), Barra de Maricá (N = 36) and Grumari (N = 23). URA means unidentified arthropod remains. In the first column, L, and A, mean, respectively, larvae and adults.

Item/Areas	Grussai				Jurubatiba				Massambaba				Maricá				Grumari				
	%N	%V	%F	Ix	%N	%V	%F	Ix	%N	%V	%F	Ix	%N	%V	%F	Ix	%N	%V	%F	Ix	
GASTROPODA	0.2	0.03	6.7	2.3																	
ARACHNIDA																					
Araneae	0.4	0.2	10.0	3.5	3.0	4.2	45.5	17.6	2.5	2.7	31.0	12.1	2.5	1.9	33.3	12.6	1.9	0.5	21.7	8.0	
Acari					0.1	0.001	1.8	0.6					0.3	0.01	2.8	1.0	0.3	0.1	4.3	1.6	
Pseudoscorpiones					0.2	0.02	1.8	0.7	0.1	0.004	1.7	0.6									
MALACOSTRACA																					
DIPLOPODA					0.1	0.01	1.8	0.6	0.1	0.01	1.7	0.6	0.1	0.1	2.8	1.0					
CHILOPODA	0.4	0.1	10.0	3.5					0.2	0.4	3.4	1.3	0.6	5.1	11.1	5.6	0.8	0.9	8.7	3.5	
HEXAPODA																					
Odonata A.					0.6	6.2	16.4	7.8					0.3	0.9	5.6	2.2					
Orthoptera	0.7	1.5	16.7	6.3	0.4	3.2	9.1	4.2	0.3	1.6	5.2	2.4	0.4	3.0	8.3	3.9	1.6	10.8	26.1	12.8	
Embiidina					0.1	0.02	1.8	0.6													
Isoptera	12.3	2.6	33.3	16.1	37.5	4.0	16.4	19.3	13.8	1.7	27.6	14.4	18.7	1.0	19.4	13.1	19.2	0.6	26.1	15.3	
Mantodea					0.2	0.6	5.5	2.1									0.5	2.9	4.3	2.6	
Blattodea					1.1	2.4	7.3	3.6	0.6	6.6	6.9	4.7	0.3	0.3	5.6	2.0	0.3	0.8	4.3	1.8	
Hemiptera	0.6	1.0	16.7	6.1	1.2	1.4	9.1	3.9	0.7	1.1	12.1	4.6	0.4	3.8	8.3	4.2	0.8	1.6	8.7	3.7	
Homoptera					1.6	3.6	30.9	12.0	1.3	5.2	20.7	9.1	1.0	2.1	19.4	7.5	0.8	0.1	13.0	4.6	
Coleoptera L.	0.1	0.02	3.3	1.2	0.1	0.1	1.8	0.6	1.4	0.2	8.6	3.4	0.1	0.05	2.8	1.0	0.8	0.6	13.0	4.8	
Coleoptera A.	2.8	9.2	53.3	21.8	4.8	5.8	56.4	22.3	3.7	18.1	34.5	18.8	2.0	1.3	30.6	11.3	6.1	14.2	65.2	28.5	
Neuroptera L.																	1.9	6.9	17.4	8.7	
Hymenoptera																					
Formicidae	80.0	76.3	96.7	84.3	32.9	7.5	89.1	43.2	63.6	12.6	96.6	57.6	53.1	10.4	88.9	50.8	52.8	18.1	100.0	57.0	
Others	0.1	0.01	3.3	1.2	1.9	6.9	27.3	12.0	2.3	4.7	32.8	13.2	3.3	2.2	33.3	13.0	2.9	10.5	34.8	16.1	
Lepidoptera L.	0.7	0.6	13.3	4.9	5.5	12.9	52.7	23.7	2.5	2.5	29.3	11.4	1.3	1.4	19.4	7.4	4.3	16.5	43.5	21.4	
Lepidoptera A.	0.2	0.001	6.7	2.3	0.4	0.6	9.1	3.4	0.4	0.8	6.9	2.7	0.1	0.2	2.8	1.0	0.3	0.8	4.3	1.8	
Diptera L.																	0.1	0.05	2.8	1.0	
Diptera A.	0.1	0.001	3.3	1.2	0.5	0.02	10.9	3.8	0.4	0.1	8.6	3.0	1.0	0.6	19.4	7.0	3.2	9.4	13.0	8.5	
Pupae					0.2	0.2	3.6	1.3	0.6	0.4	1.7	0.9									
URA		0.3				0.6				3.4											
VERTEBRATES																					
<i>Cnemidophorus litoralis</i>					0.1	3.1	3.6	2.3					0.1	1.1	2.8	1.3					
<i>Mabuya macrorhyncha</i> (tail)																					
<i>Scinax cuspidatus</i>																					
Plant material																					
Flowers	1.0	6.7	20.0	7.1	3.8	16.8	43.6	21.4	1.1	6.1	17.2	8.2	0.9	0.5	13.9	5.1	0.3	1.8	4.3	2.1	
Fruits	0.2	0.9	6.7	2.4	2.6	16.5	23.6	14.2	3.2	22.9	34.5	20.2	12.5	56.7	63.9	44.3	0.3	0.9	4.3	1.8	
Seeds	0.1	0.2	3.3	3.4	0.9	3.2	9.1	4.4	1.2	5.5	8.6	5.1	0.4	0.9	8.3	3.2					
Leaves					0.4	0.1	5.5	2.0													
Remains		0.2	10.0			0.1	10.9			3.4	10.3								0.1	4.3	
TOTAL	829	21954.1			1404	32356.4			1141	17401.7			689	22107.3			375	13560.4			

most frequent item in the diet of overall populations and the main prey (I_x) in the diet of most populations (Tables 1, 2). In three restinga areas, adult males *T. torquatus* consumed vertebrates (juvenile lizards of three species and an adult female treefrog) (Tables 1, 2). Because we found a significant association between males and females in diet composition (except for Grussaí, $P > 0.05$), and we found a lack of differences in mean volume (except for Guriri, $P < 0.05$) and mean number of food items, we analyzed both sexes pooled.

The NMDS revealed a particular pattern in the diet in relation to the Index of Importance (I_x) among populations of *T. torquatus* (Figure 2) and yielded a stress coefficient of 0.127, indicating that the ordination plot could be reliably interpreted. Restingas of Trancoso, Prado and Setiba clustered in one simple group. Populations of Jurubatiba, Massambaba and Maricá formed another group while Praia das Neves, Grussaí and Grumari also tended to cluster together (Figure 2).

We found the highest value of niche breadth for pooled stomachs in Guriri (Table 3). We found a significant difference ($F_{9,572} = 7.115$; $P < 0.001$) in the niche breadth of the individuals among populations of *T. torquatus* (Table 3), but differences were detected among the

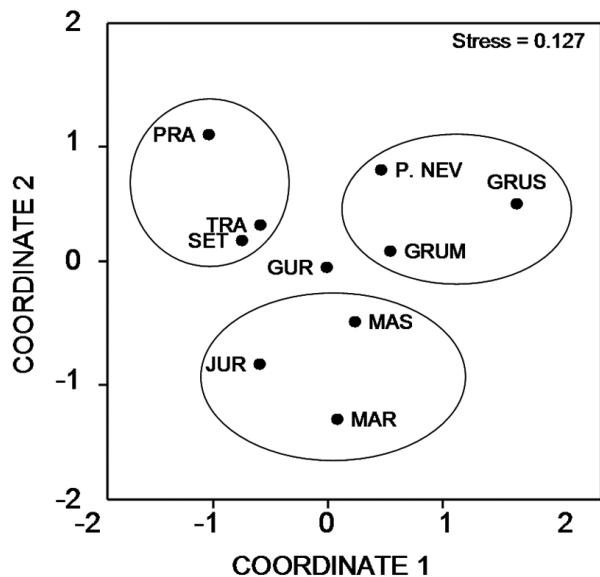


Figure 2. Non-metric multidimensional scaling (NMDS) ordination of the diet of the lizard *Tropidurus torquatus* based on Bray-Curtis similarity matrix constructed on the Index of Importance (I_x) of diet. Points in the graph correspond to the 10 studied areas in Brazil: Trancoso, Prado, Guriri, Setiba, Praia das Neves, Grussaí, Jurubatiba, Massambaba, Maricá and Grumari.

population of Trancoso and Jurubatiba and Massambaba, among Grumari and Trancoso, Prado and Setiba, and between Prado and Massambaba ($P < 0.05$). We did not find a significant relationship in niche overlap values between pairs of populations (Table 4) and distance between the respective localities ($R^2 = 0.03$; $F_{1,43} = 1.34$; $P = 0.25$).

The mean number of items per stomach varied significantly ($F_{9,580} = 14.20$; $P < 0.01$) among populations (Table 5). The differences occurred mainly between Praia das Neves and those populations to the north, and between Prado and some southern populations (Table 6). Mean volume of the largest items per stomach consumed by *T. torquatus* also varied significantly ($F_{9,577} = 7.55$; $P < 0.01$) among populations (Table 5). The differences occurred between Jurubatiba and northern populations (Table 6). In general, lizards from the northern populations (states of Bahia and Espírito Santo) consumed more items than those from the southern ones (state of Rio de Janeiro). In contrast, the mean volume of the consumed food items was generally smaller in the northern populations when compared to those of the south (Table 5).

The mean number of items per stomach was not significantly related to lizard SVL in most populations ($P > 0.05$), except Praia das Neves ($R^2 = 0.08$; $F_{1,69} = 6.40$; $P < 0.05$) and Massambaba ($R^2 = 0.08$; $F_{1,51} = 4.68$; $P < 0.05$). Mean volume of the largest item per stomach consumed by lizards was significantly related to lizard JW in all populations (Regression Analysis, $P < 0.01$). The mean number of food items and the mean volume of the largest items per stomach were not significantly related, respectively, to mean SVL ($R^2 = 0.03$; $F_{1,8} = 0.26$; $P = 0.63$) and mean JW ($R^2 = 0.33$; $F_{1,8} = 3.95$; $P = 0.08$; Figure 3) of the lizards.

Table 3. Standard numeric niche breadths (B) for pooled stomachs and mean niche breadth \pm standard deviation for individual stomachs of the lizard *Tropidurus torquatus* in 10 Brazilian coastal populations.

Area	B (pooled stomachs)	B (individual stomachs)
Trancoso	0.12	0.08 \pm 0.04
Prado	0.08	0.08 \pm 0.04
Setiba	0.09	0.09 \pm 0.04
Guriri	0.22	0.09 \pm 0.04
P. Neves	0.14	0.10 \pm 0.04
Grussaí	0.10	0.10 \pm 0.04
Jurubatiba	0.15	0.11 \pm 0.05
Massambaba	0.12	0.11 \pm 0.05
Maricá	0.14	0.11 \pm 0.05
Grumari	0.15	0.13 \pm 0.07

Table 4. Niche overlap values between pairs of populations of the lizard *Tropidurus torquatus* in 10 Brazilian coastal populations.

Areas	Trancoso	Prado	Guriri	Setiba	P. Neves	Grussaí	Jurubatiba	Massambaba	Maricá	Grumari
Trancoso		0.81	0.99	0.85	0.99	0.87	0.97	0.90	0.92	0.94
Prado			0.85	0.997	0.77	0.44	0.90	0.49	0.58	0.60
Guriri				0.88	0.99	0.85	0.98	0.88	0.91	0.93
Setiba					0.81	0.50	0.93	0.55	0.64	0.66
P. Neves						0.90	0.95	0.93	0.95	0.97
Grussaí							0.76	0.99	0.96	0.97
Jurubatiba								0.80	0.86	0.87
Massambaba									0.98	0.98
Maricá										0.97
Trancoso										

There was no significant relationship between diet composition of *T. torquatus* and food availability in the habitat, except for Maricá population ($r_s = 0.63$; $N = 21$; $P < 0.01$).

Discussion

Diet composition of *Tropidurus torquatus* of the coastal populations studied was, in general, composed mainly by arthropods, but included high counts of plant material (see Siqueira et al. 2011). This result is similar to those reported for other *T. torquatus* populations (e.g. Alvarez et al. 1985, Fialho et al. 2000, Rocha et al. 2002, Dutra et al. 2011) and also for various congeneric species (e.g. Vitt 1991, Colli et al. 1992, Van Sluys 1993, Mesquita et al. 2006, Rocha & Siqueira 2008). We recorded a differential consumption of plant material (mainly fruits and flowers) by the lizards in three localities (Maricá, Massambaba and Jurubatiba). Fialho et al. (2000) also found a great volume of fruits in the diet of *T. torquatus* in Maricá, consumed mainly by adult lizards. In this study, however, we cannot attribute the differences in plant consumption among populations to the presence of juvenile lizards in the samples. Smaller volumes of plant material consumed by lizards were recorded in Praia das Neves and Setiba, for which samples had 10% and 18% of juveniles, respectively; whereas lizards from Maricá and Massambaba consumed the highest volumes of plant material and had similar or higher proportions of juveniles in the samples (20 and 44%, respectively).

The NMDS tended to form three groups of localities. In Trancoso, Prado and Setiba, lizards consumed a relatively higher amount of Isoptera that probably contributed to their clustering in the analysis.

Table 5. Mean \pm standard deviation of the number (N) and largest volume per stomach (V, in mm³), and amplitude (in parenthesis) of food item ingested by the lizard *Tropidurus torquatus* in 10 Brazilian coastal populations.

Areas	N	V (mm ³)
Trancoso	40.8 \pm 35.2 (2-190)	78.8 \pm 125.4 (0.3-805.4)
Prado	63.7 \pm 63.4 (3-258)	97.8 \pm 133.2 (0.9-815.2)
Guriri	52.5 \pm 67.0 (8-347)	244.3 \pm 280.7 (0.8-886.2)
Setiba	41.5 \pm 51.6 (2-284)	125.5 \pm 358.4 (1.0-3248.4)
Praia das Neves	17.5 \pm 22.4 (1-155)	102.4 \pm 201.5 (0.5-1191.4)
Grussaí	28.6 \pm 20.5 (2-76)	109.7 \pm 113.4 (11.9-457.4)
Jurubatiba	25.7 \pm 46.3 (4-337)	246.7 \pm 303.5 (4.8-1833.9)
Massambaba	19.3 \pm 16.1 (1-83)	130.4 \pm 146.6 (3.1-697.1)
Maricá	19.2 \pm 18.5 (1-77)	202.9 \pm 219.5 (1.0-1089.3)
Grumari	16.3 \pm 11.4 (3-56)	218.7 \pm 233.7 (1.3-870.9)

Table 6. Results of Scheffé Post-hoc test (probability values, p) for statistical analyzes of differences in number (above diagonal) and largest volume (V, in mm³) (below diagonal) of food item consumed by the lizard *Tropidurus torquatus* in 10 Brazilian populations.

Areas	Trancoso	Prado	Guriri	Setiba	P. Neves	Grussaí	Jurubatiba	Massambaba	Maricá	Grumari
Trancoso	–	0.70	0.99	0.96	< 0.01	0.98	0.34	0.07	0.16	0.36
Prado	0.94	–	1.00	0.02	< 0.01	0.27	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01
Guriri	0.27	0.87	–	0.72	< 0.01	0.83	0.20	0.05	0.09	0.17
Setiba	1.00	1.00	0.54	–	0.01	1.00	0.97	0.70	0.80	0.90
P. Neves	1.00	1.00	0.73	1.00	–	0.24	0.50	0.86	0.97	0.99
Grussaí	0.62	0.99	1.00	0.87	0.95	–	1.00	0.98	0.98	0.99
Jurubatiba	< 0.01	< 0.01	0.99	< 0.01	< 0.01	0.85	–	1.00	1.00	1.00
Massambaba	0.29	0.96	1.00	0.65	0.86	1.00	0.62	–	1.00	1.00
Maricá	0.01	0.30	1.00	0.07	0.18	0.99	1.00	0.98	–	1.00
Grumari	0.42	0.93	1.00	0.68	0.82	1.00	1.00	1.00	1.00	–

Another group, formed by populations of Jurubatiba, Massambaba and Maricá, was characterized by a relatively high proportion of plant matter in the diet compared to the other populations. We can attribute the clustering of the third group (formed by Praia das Neves, Grussaí and Grumari) to the great importance of Formicidae in the diet of these populations.

We did not find a clear pattern of latitudinal difference in restingas regarding the general consumption of items by *T. torquatus*, probably because this is a generalist and opportunistic lizard, that consumes most of the available types of prey items in the habitat (Fialho et al. 2000). However, lizards consumed Isoptera in large proportions (> 30% in volume) in three areas (Trancoso, Setiba and Prado) located to the central-northern portion of the species' range along the coast. Isoptera has already been found in relatively high frequencies in previous studies about feeding habits of *T. torquatus* (e.g. Fialho et al. 2000) and constitute a food item with a great relative amount of water, which can contribute to the water balance of these lizards (Nagy et al. 1984). Although there was an apparent tendency of larger consumption of Isoptera by individuals from northern populations, the reasons for this are still unclear and deserve further investigation. Possibly, colonies of Isoptera are more abundant in the northern restingas than in the southern ones. Variation among populations in the consumption of Isoptera has also been recorded for

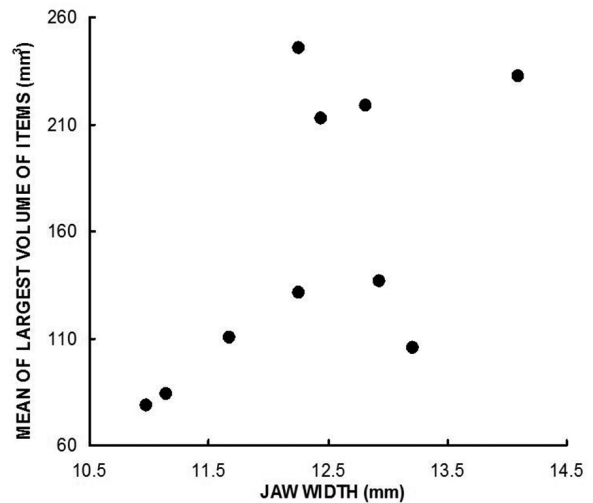


Figure 3. Relationship between mean volume (in mm³) of largest food item consumed and mean jaw width (mm) of the lizard *Tropidurus torquatus* at 10 areas in Brazil. Each point corresponds to one population.

the teiid lizard *Cnemidophorus ocellifer* (an active forager that feeds on clumped prey) and was attributed to geographical distribution in the availability of this item in the Central Brazilian Cerrado (Mesquita & Colli 2003b). In the teiid *Aspidoscelis tigris* (Pianka 1970) and the phrynosomatid *Uta stansburiana* (Parker & Pianka 1975) a latitudinal variation was observed in diet composition along their range, with individuals from the southernmost populations ingesting Isoptera in higher numbers than the northernmost ones, probably as result of the differences in food availability among localities.

The number and the mean volume of food items in the stomachs of *T. torquatus* varied considerably among the coastal populations. In general, lizards from northern populations consumed more and smaller items than those from southern populations, probably as a number/volume trade off that leads to an evenly energetically balanced diet. These geographic differences probably result from the greater ingestion of small items, such as Isoptera, by individuals of the northern populations. In the southern populations, on the other hand, larger items such as Coleoptera, Lepidoptera larvae and fruits were more frequently consumed. Due to the relatively larger size of these items, it is expected that they will be consumed. However, if large food items are energetically advantageous, the abundant, small and spatially clumped ones, such as Formicidae and Isoptera, also favor a positive energy balance due to the low energy costs associated to their location, capture and ingestion (Schoener 1971). We recorded that lizards from southern populations had broader niches than those from northern populations indicating that they are consuming a wider variety of food types.

In each population studied, lizard mouth size influenced the largest volume of items consumed, indicating that adult *T. torquatus* consumed larger prey than did juveniles. In order to be advantageous for a lizard, a prey must contain more energy than is spent with its capture and ingestion (Schoener 1971). Thus, the consumption of large prey by adult lizards is not only feasible but also advantageous in terms of energy gain, although some large lizards may also consume small, abundant available preys in the habitat due to the low energy costs associated to their capture and ingestion (e.g. De Marco et al. 1985, Van Sluys 1993). Despite the lack of a significant result between mean volume of the largest food item and the mean lizard jaw width along the coastal populations, there was a tendency of populations with a small mean jaw width to have preys with lower mean volumes when compared to populations with lizards with wider jaws (see Figure 3).

We did not find a significant relationship between prey consumption by lizards and the availability of arthropods. This can be partially explained by two reasons. First, small arthropods such as Collembola and Acari were numerous in the samplings, but little consumed by lizards. Second, some sedentary prey may not be properly sampled in the traps used, either due to their restricted displacement abilities (larvae) or their behavior of aggregation in colonies (Isoptera), whereas the lizards may consume them in relatively large proportions. For example, coleopteran larvae are dug out by lizards, but they will barely be captured by traps.

Changes in environment temperatures influence the occurrence of geographical variation among populations of *Tropidurus torquatus* both in body temperature (Kiefer et al. 2005) and in their thermoregulatory behavior (Kiefer et al. 2007). At lower taxonomic level (e.g. species), adaptations to local environmental factors can play a major role in determining life-history traits of neotropical lizards (Colli 1991). *Tropidurids* from neotropical savannas were more affected by ecological factors than other lineages (Mesquita et al. 2007), at least on diet composition, thus stressing the importance of local conditions in determining dietary patterns. We believe that the observed interpopulational variation in some aspects of the feeding

ecology of coastal *T. torquatus* (including plant consumption; Siqueira et al. 2011) results from local environmental factors, mainly the availability of food items.

Acknowledgements

This study is part of the “Programa de Ecologia, Conservação e Manejo de Ecossistemas do Sudeste Brasileiro”, of the research project “Ecologia geográfica das espécies de *Tropidurus* (Squamata: Tropiduridae) do grupo *torquatus* do leste e centro-oeste do Brasil”, and of the “Southeastern Brazilian Vertebrate Ecology” Project (Laboratory of Vertebrate Ecology), Departamento de Ecologia, Instituto de Biologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. We thank Davor Vrcibradic, Mônica Cunha-Barros, Conrado A. B. Galdino, Vanderlaine A. Menezes, Angélica F. Fontes, and Fabio H. Hatano for field assistance, Mauricio Almeida-Gomes for help with the map and Míriam Pinto for help with statistical analysis. D. Vrcibradic kindly revised a first draft of the manuscript and offered helpful suggestions. This study was supported by research grants from the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) to M.C. Kiefer (processes 146442/1999-7 and 150353/2003-0), C.F.D. Rocha (processes 304791/2010-5 and 470265/2010-8), and M. Van Sluys (process 307773/2008-6), and from Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) to M.C. Kiefer (process E-26/171.168/2006) and to C.F.D. Rocha through “Cientistas do Nosso Estado” Program (process E-26/102.765/2012). This study was supported partially from the Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD / CNPq - Site 5 Restinga de Jurubatiba) and from the Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). During this study C.C. Siqueira received a graduate fellowship from FAPERJ. Currently, CCS receives post doctoral (150151/2012-8) grants from CNPq. The permit for collecting the lizards was given by IBAMA (process 2001.03486/99.85).

References

- ALVAREZ, B.B., TORALES, G. & TEDESCO, M.E. 1985. Comportamiento alimentario de una población de *Tropidurus torquatus* (Iguanidae) del Departamento Capital, Provincia de Corrientes, Argentina. *Hist. Nat.* 5:281-288.
- BALLINGER, R.E. 1983. Life-history variations. In *Lizard Ecology, Studies of a Model Organism* (R.B. Huey, E.R. Pianka & T.W. Schoener, eds.). Harvard University Press, Cambridge, p.241-260.
- COLLI, G.R. 1991. Reproductive ecology of *Ameiva ameiva* (Sauria, Teiidae) in the Cerrado of Central Brazil. *Copeia* 1991(4):1002-1012. <http://dx.doi.org/10.2307/1446095>
- COLLI, G.R., ARAÚJO, A.F.B., SILVEIRA, R. & ROMA, F. 1992. Niche partitioning and morphology of two syntopic *Tropidurus* (Sauria: Tropiduridae) in Mato Grosso, Brazil. *J. Herpetol.* 26(1):66-69. <http://dx.doi.org/10.2307/1565023>
- DE MARCO, V.G., DRENNER, R.W. & FERGUSSON, G.W. 1985. Maximum prey size of an insectivorous lizard, *Sceloporus undulatus*. *Copeia* 1985(4):1077-1080. <http://dx.doi.org/10.2307/1445269>
- DUNHAM, A.E. 1983. Realized niche overlap, resource abundance, and intensity of interspecific competition. In *Lizard Ecology, Studies of a Model Organism* (R.B. Huey, E.R. Pianka & T.W. Schoener, eds.). Harvard University Press, Cambridge, p.261-280.
- DUTRA, G.F., SIQUEIRA, C.C., VRCIBRADIC, D., KIEFER, M.C. & ROCHA, C.F.D. 2011. Plant consumption of insular and mainland populations of a tropical lizard. *Herpetologica* 67(1):32-45. <http://dx.doi.org/10.1655/HERPETOLOGICA-D-09-00009.1>
- FIALHO, R.F., ROCHA, C.F.D. & VRCIBRADIC, D. 2000. Feeding ecology of *Tropidurus torquatus*: ontogenetic shift in plant consumption and seasonal trends in diet. *J. Herpetol.* 34(2):325-330. <http://dx.doi.org/10.2307/1565437>

- FROST, D.R., RODRIGUES, M.T., GRANT, T. & TITUS, T.A. 2001. Phylogenetics of the lizard genus *Tropidurus* (Squamata: Tropidurinae), direct optimization, and sensitivity analysis of congruence between molecular data and morphology. *Mol. Phyl. Evol.* 21(3):352-371. PMID:11741379. <http://dx.doi.org/10.1006/mpev.2001.1015>
- HOWARD, A.K., FORESTER, J.D., RUDER, J.M., PARMERLEE, J.S. & POWELL, R. 1999. Natural history of a terrestrial Hispaniolan anole, *Anolis barbouri*. *J. Herpetol.* 33(4):702-706. <http://dx.doi.org/10.2307/1565590>
- KIEFER, M.C. 2003. Ecologia geográfica de *Tropidurus torquatus* (Squamata: Tropiduridae) em áreas de restinga da costa sudeste e sul-nordeste do Brasil: aspectos reprodutivos, ecologia térmica e comunidade de nematódeos associados. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 200p.
- KIEFER, M.C., VAN SLUYS, M. & ROCHA, C.F.D. 2005. Body temperatures of *Tropidurus torquatus* (Squamata, Tropiduridae) from coastal populations: Do body temperatures vary along their geographic range? *J. Thermal. Biol.* 30:449-456. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtherbio.2005.05.004>
- KIEFER, M.C., VAN SLUYS, M. & ROCHA, C.F.D. 2007. Thermoregulatory behaviour in *Tropidurus torquatus* (Squamata, Tropiduridae) from Brazilian coastal populations: an estimate of passive and active thermo regulation in lizards. *Acta Zool.* 88:81-87. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1463-6395.2007.00254.x>
- KIEFER, M.C., VAN SLUYS, M. & ROCHA, C.F.D. 2008. Clutch and egg size of the tropical lizard *Tropidurus torquatus* (Tropiduridae) along its geographic range in coastal eastern Brazil. *Can. J. Zool.* 86:1376-1388. <http://dx.doi.org/10.1139/Z08-106>
- McCUNE, B. & GRACE, J.B. 2002. Analysis of Ecological Communities. MjM Software Design, Gleneden Beach, 300p.
- MESQUITA, D.O. & COLLI, G.R. 2003a. Geographical variation in the ecology of populations of some Brazilian species of *Cnemidophorus* (Squamata, Teiidae). *Copeia* 2003(2):285-298. [http://dx.doi.org/10.1643/0045-8511\(2003\)003\[0285:GVITEO\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1643/0045-8511(2003)003[0285:GVITEO]2.0.CO;2)
- MESQUITA, D.O. & COLLI, G.R. 2003b. The ecology of *Cnemidophorus ocellifer* (Squamata, Teiidae) in a Neotropical savanna. *J. Herpetol.* 37(3):498-509. <http://dx.doi.org/10.1670/179-02A>
- MESQUITA, D.O., COSTA, G.C. & COLLI, G.R. 2006. Ecology of an Amazonian savanna lizard assemblage in Monte Alegre, Pará State, Brazil. *S. Am. J. Herpetol.* 1(1):61-71. [http://dx.doi.org/10.2994/1808-9798\(2006\)1\[61:EOAASL\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.2994/1808-9798(2006)1[61:EOAASL]2.0.CO;2)
- MESQUITA, D.O., COLLI, G.R. & VITT, L.J. 2007. Ecological release in lizard assemblages of neotropical savannas. *Oecologia* 153:185-195. PMID:17437128. <http://dx.doi.org/10.1007/s00442-007-0725-z>
- NAGY, K.A., HUEY, R.B. & BENNETT, A.F. 1984. Field energetics and foraging modes of Kalahari lacertid lizards. *Ecology* 65(2):588-596. <http://dx.doi.org/10.2307/1941421>
- NIEWIAROWSKI, P.H. 1994. Understanding geographic life-history variation in lizards. In *Lizard Ecology, Historical and Experimental Perspectives* (L.J. Vitt & E.R. Pianka, eds.). Princeton University Press, Princeton, p.31-49.
- NIMER, E. 1979. Climatologia do Brasil. IBGE, Rio de Janeiro, 422 p.
- PARKER, W.S. & PIANKA, E.R. 1975. Comparative ecology of populations of the lizard *Uta stansburiana*. *Copeia* 1975:615-632. <http://dx.doi.org/10.2307/1443314>
- PIANKA, E.R. 1970. Comparative autecology of the lizard *Cnemidophorus tigris* in different parts of its geographical range. *Ecology* 51(4):703-720. <http://dx.doi.org/10.2307/1934053>
- PIANKA, E.R. 1973. The structure of lizard communities. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 4:53-74. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000413>
- ROCHA, C.F.D., DUTRA, G.F., VRCIBRADIC, D. & MENEZES, V.A. 2002. The terrestrial reptile fauna of the Abrolhos Archipelago: species list and ecological aspects. *Braz. J. Biol.* 62(2):285-291. PMID:12489402. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842002000200013>
- ROCHA, C.F.D. & SIQUEIRA, C.C. 2008. Feeding ecology of the lizard *Tropidurus oreadicus* (Tropiduridae) at Serra dos Carajás, Pará state, north Brazil. *Braz. J. Biol.* 68(1):631-637. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842008000100015>
- SCHOENER, T.W. 1967. The ecological significance of sexual dimorphism in size in the lizard *Anolis conspersus*. *Science* 155:474-477. PMID:17737565. <http://dx.doi.org/10.1126/science.155.3761.474>
- SCHOENER, T.W. 1971. Theory of feeding strategies. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 2:369-404. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.es.02.110171.002101>
- SIMPSON, E.H. 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163:688-688. <http://dx.doi.org/10.1038/163688a0>
- SIQUEIRA, C.C., KIEFER, M.C., VAN SLUYS, M. & ROCHA, C.F.D. 2011. Plant consumption in coastal populations of the lizard *Tropidurus torquatus* (Reptilia: Squamata: Tropiduridae): how do herbivory rates vary along their geographic range? *J. Nat. Hist.* 45(3-4):171-182. <http://dx.doi.org/10.1080/00222933.2010.520826>
- SUGUIO, K. & TESSLER, M.G. 1984. Planícies de cordões litorâneos quaternários do Brasil: origem e nomenclatura. In *Restingas, Origem, Estrutura e Processos* (L.D. Lacerda, D.S.D. Araújo, R. Cerqueira & B. Turcq, eds.). Centro Editorial da Universidade Federal Fluminense, Niterói, p.15-25.
- VAN SLUYS, M. 1993. Food habits of the lizard *Tropidurus itambere* (Tropiduridae) in southeastern Brazil. *J. Herpetol.* 27(3):347-351. <http://dx.doi.org/10.2307/1565162>
- VITT, L.J. 1991. An introduction to the ecology of Cerrado lizards. *J. Herpetol.* 25(1):79-90. <http://dx.doi.org/10.2307/1564798>
- VITT, L.J. & COLLI, G.R. 1994. Geographical ecology of a Neotropical lizard: *Ameiva ameiva* (Teiidae) in Brazil. *Can. J. Zool.* 72:1986-2008. <http://dx.doi.org/10.1139/z94-271>
- VITT, L.J., ZANI, P.A., AVILA-PIRES, T.C.S. & ESPÓSITO, M.C. 1998. Geographical ecology of the gymnophthalmid lizard *Neusticurus eupleopus* in the Amazon rain forest. *Can. J. Zool.* 76:1671-1680.
- ZAR, J.H. 1999. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall, Upper Saddle River, 622p.

Received 03/04/2013

Revised 07/20/2013

Accepted 08/09/2013