

## Canopy bridges as road overpasses for wildlife in urban fragmented landscapes

Fernanda Zimmermann Teixeira<sup>1,3,4</sup>, Rodrigo Cambará Printes<sup>2,3</sup>,

João Cláudio Godoy Fagundes<sup>3</sup>, André Chein Alonso<sup>3</sup> & Andreas Kindel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 9500, Bloco IV, prédio 43411, sala 209, CP 15007, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil. <http://www.ecologia.ufrgs.br/ppgeco/>

<sup>2</sup>Laboratório de Gestão Ambiental e Negociação de Conflitos, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UFRGS, Campus II, Rua Assis Brasil, 842, Centro, São Francisco de Paula, RS, Brasil

<sup>3</sup>Núcleo de Extensão Macacos Urbanos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 9500, Bloco IV, anexo prédio 43411, sala 21, CP 15007, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil. <http://www.ufrgs.br/macacosurbanos>

<sup>4</sup>Corresponding author: Fernanda Zimmermann Teixeira, e-mail: [fernandazteixeira@gmail.com](mailto:fernandazteixeira@gmail.com)

TEIXEIRA, F.Z., PRINTES, R.C., FAGUNDES, J.C.G., ALONSO, A.C. & KINDEL, A. **Canopy bridges as road overpasses for wildlife in urban fragmented landscapes.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?article+bn02713012013>

**Abstract:** The effects of habitat fragmentation and deforestation are exacerbated by some elements, such as roads and power lines, which may become filters or barriers to wildlife movements. In order to mitigate mortality and restore connectivity, wildlife passages are being constructed as linear corridors. The installation of these mitigation measures must be followed by systematic monitoring, in order to evaluate their use and effectiveness, to assist in their management, and to convince stakeholders of their value. In this paper we present the results of a monitoring study of the use of rope overpasses developed near a protected area in Porto Alegre, southern Brazil. The canopy bridges were installed by the Urban Monkeys Program in places where electric hazards and road-kills of brown howler monkeys (*Alouatta guariba clamitans* Cabrera, 1940) were recorded. Camera traps were installed at each bridge, and local people were selected and trained to monitor overpass use over 15 months, from August 2008 to October 2009. Three species were recorded using canopy bridges: brown howler monkey (*Alouatta guariba clamitans* Cabrera, 1940), white-eared opossum (*Didelphis albiventris* Lund, 1840) and porcupine (*Sphiggurus villosus* Cuvier, 1823). Rope bridges with the highest number of species recorded had more forest cover and lower urban area around them than overpasses little used. Our results indicate that overpasses, in Porto Alegre, work as a linear corridor between forest remnants, although the outcomes for individual survival, group persistence, population demography or gene flow have not been measured. Furthermore, canopy bridges may be important to mitigate the impact of roads and power lines on wildlife, but electric cables also need to be completely isolated when present, to warrant animals' physical integrity.

**Keywords:** road, power lines, primates, mitigation, wildlife passage, rope bridge.

TEIXEIRA, F.Z., PRINTES, R.C., FAGUNDES, J.C.G., ALONSO, A.C. & KINDEL, A. **Pontes de corda como passagens para animais silvestres em paisagens urbanas fragmentadas.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?article+bn02713012013>

**Resumo:** Os efeitos do desmatamento e da fragmentação de habitats são exacerbados por elementos como rodovias e redes elétricas, que podem atuar como filtros ou barreiras aos movimentos da vida silvestre. Com o objetivo de mitigar a mortalidade e restaurar a conectividade, passagens de fauna têm sido construídas como corredores lineares. A instalação dessas estruturas deve ser seguida de monitoramento sistemático, visando à avaliação de seu uso e efetividade e a geração de informações para seu manejo e para convencer os tomadores de decisão sobre seu valor. Neste artigo, apresentamos os resultados do monitoramento do uso de seis pontes de corda, realizado durante 15 meses, entre agosto de 2008 e outubro de 2009, nas imediações da Reserva Biológica do Lami José Lutzenberger, em Porto Alegre, Brasil. As pontes de dossel foram instaladas pelo Núcleo de Extensão Macacos Urbanos em locais com registros de atropelamentos e choques elétricos de bugios-ruivos (*Alouatta guariba clamitans* Cabrera, 1940). Instalamos armadilhas fotográficas em cada ponte e selecionamos moradores locais para registrarem seu uso. Três espécies foram registradas usando as pontes de corda: o bugio-ruivo (*Alouatta guariba clamitans* Cabrera, 1940), o gambá-de-orelha-branca (*Didelphis albiventris* Lund, 1840) e o ouriço-cacheiro (*Sphiggurus villosus* Cuvier, 1823). As pontes de corda mais usadas por maior número de espécies são aquelas situadas nas áreas de maior cobertura florestal e menor área urbanizada, em relação às pontes menos usadas pelas espécies. Nossos resultados indicam que as pontes de corda funcionam como um corredor linear entre os remanescentes florestais, embora não tenhamos avaliado os efeitos das pontes sobre a sobrevivência dos indivíduos, persistência e demografia dos grupos e fluxo gênico na população. Além disso, as pontes podem ser usadas para mitigar o impacto de redes elétricas e rodovias sobre a mortalidade, mas os cabos elétricos também devem ser completamente isolados quando presentes.

**Palavras-chave:** rodovias, redes elétricas, primatas, mitigação, passagens de fauna, pontes de corda.

## Introduction

Tropical and subtropical forests are threatened by deforestation and fragmentation. These processes reduce the extension of forests and transform them in small and isolated fragments. In extreme cases, the creation of isolated patches could result in the interruption of wildlife movements between local populations (Valladares-Padua et al. 1995). Habitat fragmentation creates small and isolated subpopulations, rising extinction probabilities due to demographic, environmental, and genetic forces (Frankham et al. 2004). In urban areas, these effects are exacerbated by elements of urban matrix, such as roads and power lines, which may become filters or barriers to wildlife movements. Nowadays, road-kills are considered the major direct human cause of mortality of terrestrial animals worldwide (Forman & Alexander 1998), and wildlife electrocutions have been documented as having an important impact on some animal populations in urban landscapes (Lehman et al. 2007, Lokschin et al. 2007).

Some alternatives are being developed to mitigate mortality and restore landscape connectivity, such as the construction of wildlife passages as linear corridors (Goosem et al. 2006, Laurence et al. 2009). These connection structures are site-specific movement corridors constructed over or below roads (Clevenger & Walther 2003). Underpasses and green bridges over roads are being widely built, and their use has been documented in different places around the world (Taylor & Goldingay 2010, Beckmann et al. 2010). On the other hand, canopy rope bridges are a recent innovation that aims to provide functional connectivity for target arboreal species (Taylor & Goldingay 2010) where canopy maintenance is infeasible (Laurence et al. 2009). Although the first canopy bridge was installed in 1963 in the United States (Weston 2003), only recently these overpass structures have been disseminated and installed in places like Australia (Goosem et al. 2006), Belize (Lyon & Horwich 1996), and Brazil (Valladares-Padua et al. 1995, Lokschin et al. 2007).

The installation of these mitigation measures must be followed by systematic monitoring of their use, in order to evaluate the effectiveness of the passages, to assist in their management, and to convince stakeholders of their value (Malo et al. 2006, Cuarón 1995). Some efforts have been expended in monitoring passages, but the available information usually derives from a few intensive studies carried out in relatively few places (Forman et al. 2003). Although the monitoring of wildlife underpasses has become more common recently (Beckmann et al. 2010), only in Australia, to our knowledge, monitoring studies have been developed on the use of rope overpasses by arboreal mammals (Goosem et al. 2006, Soanes & van der Ree 2009, Weston et al. 2011). The use of wildlife passages is a precondition and first approximation to the effectiveness of these measures, even though it is not a direct measure of effectiveness, which should be demonstrated by indicators such as survival rates or gene flow, variables relatively difficult to obtain.

In order to generate information to the management of canopy bridges, we present here the results of a monitoring study of the use of rope overpasses developed near a protected area in Porto Alegre, southern Brazil. The Urban Monkeys Program ([www.ufrgs.br/macacosurbanos](http://www.ufrgs.br/macacosurbanos)) has been recording electric hazards and road-kills of brown howler monkeys (*Alouatta guariba clamitans* Cabrera, 1940) in that region since 1999 (Printes 1999), and some mitigation measures have been implemented to reduce mortality of howlers and birds (i.e. *Asio clamator* Vieillot, 1808 and *Chauna torquata* Oken, 1816) due to these causes. Power lines were insulated to avoid wildlife electrocutions, and rope overpasses were installed to stimulate the crossing of howlers between forest patches (Lokschin et al. 2007).

Our goal in this study was to identify which species use the rope bridges and to evaluate if their use is related with the landscape

composition around each rope bridge. To obtain data on overpass use we installed camera traps and selected and trained local people to monitor each bridge.

## Materials and Methods

### 1. Study area

This study was conducted at the Lami district, in the Porto Alegre municipality, southern Brazil. With a 1.4 million population (Instituto... 2010), around 10% of the municipality is still covered by semi-deciduous seasonal forests (Menegat et al. 1998), one of the forest typologies of Atlantic rainforest in southern Brazil (Oliveira-Filho & Fontes et al. 2000). The José Lutzenberger-Lami Biological Reserve (180 ha) is located in the southernmost region of Porto Alegre, and its surroundings are composed of a heterogeneous matrix of wetlands, forest patches, and native and planted grasslands (see Results). The urban area of the Lami district is also located near the reserve, with 0.39% of Porto Alegre's inhabitants (Instituto... 2010), characterized by houses with native trees still remaining in their yards. Due to the small size of the reserve, animals transit between the reserve and its surrounding area. Since 1999, the Urban Monkeys Program has been documenting howler monkey mutilations and deaths caused by electric hazards in Lami, due to aerial power lines used by them for moving between forest patches and resource trees (Printes 1999).

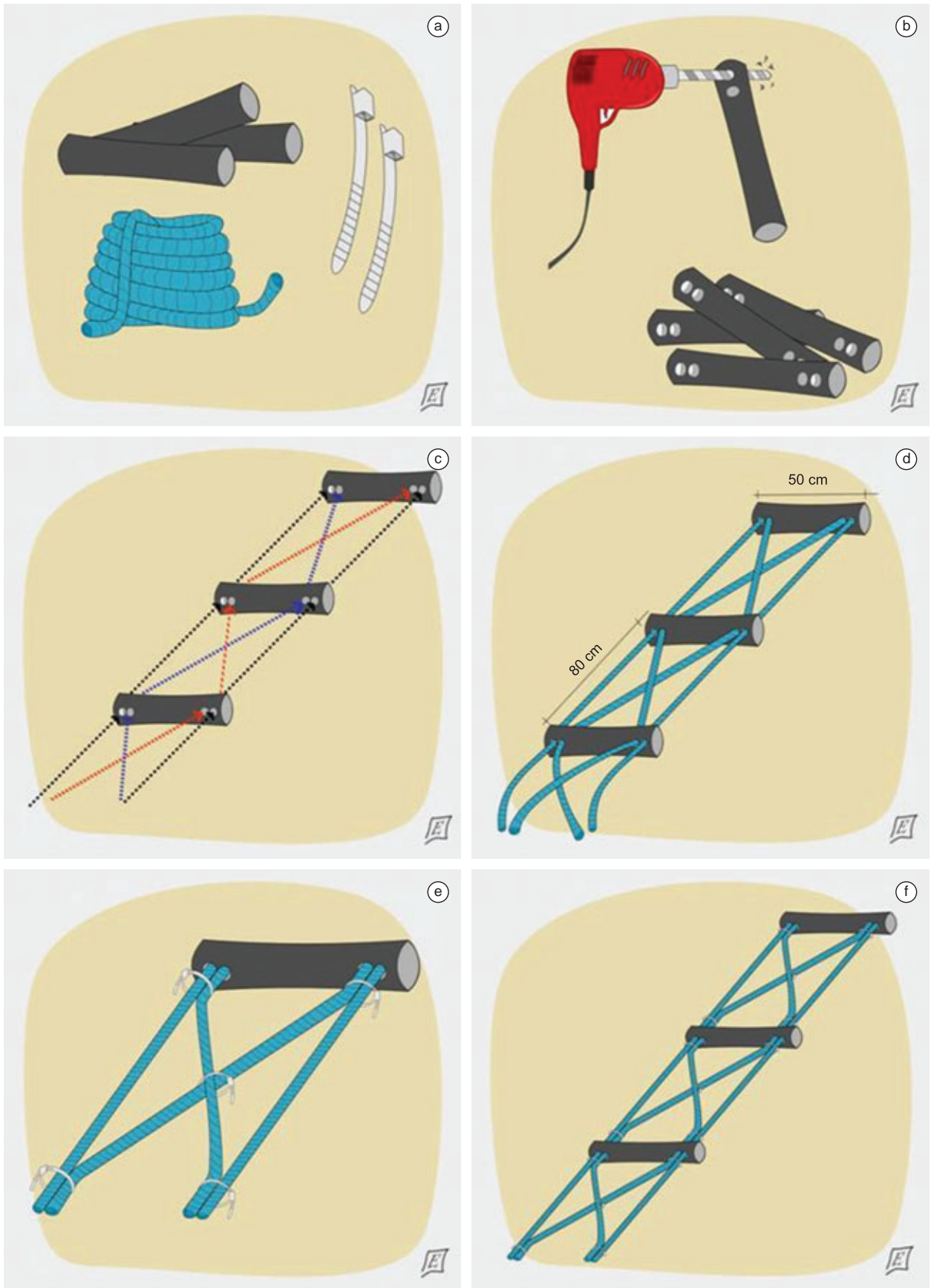
### 2. The canopy bridges

The six rope bridges monitored in this study are distributed in the Lami district, in the buffer zone of the José Lutzenberger-Lami Biological Reserve. Each rope bridge is similar to a horizontal 'ship' ladder (Lokschin et al. 2007), and the length of each bridge varies with the width of the road. The bridge is constructed with four 12 mm parallel ropes, the two external ones always straight and approximately 50 cm from each other, while the two internal ones are interlaced forming an "X" between each step. The "X" is fixed with a plastic clamp. The ladder steps are formed by rubber hose with a diameter of approximately 7 cm and are separated from each other by approximately 80 cm (Figures 1 and 2). Each canopy bridge costs near US\$ 100.00, not considering the material needed for fixation and installation. They were installed over roads in critical points, based on documented cases of electrocuted and road-killed animals and on known crossing attempts by howlers. These are dirty and paved roads with one or two narrow lanes without central median. The installation of rope overpasses was carried out together with the insulation of electric cables where the majority of accidents occurred (Lokschin et al. 2007). The rope bridges were installed as an effort of the Urban Monkeys Program for howler conservation, with collaborative support from the municipal environmental agency and electric energy company. Three bridges were installed in 2001 and 2003, and the other three were installed in 2006, but their use was not systematically monitored until 2008. Rope bridges were designed targeting the brown howler monkey (*Alouatta guariba clamitans* Cabrera, 1940), a species vulnerable to extinction in the Rio Grande do Sul state (Marques 2003), often electrocuted, road-killed, and attacked by dogs in the Porto Alegre municipality.

### 3. Data collection and analysis

Each of the six rope bridges was monitored using a camera trap installed during seven days per month to record the different arboreal species using it. The rope bridges were monitored over 15 months, from August 2008 to October 2009, except for one of them (the Samir bridge) where the cameras were installed only over the first six months due to access limitations to the area (Table 1). We used *Tigrinus*

Canopy bridges as road overpasses



**Figure 1.** Construction of rope overpass with four 12 mm ropes interlaced and rubber hose to form ladder steps. Author: Elisandro Oliveira dos Santos.



**Table 1.** Location of canopy bridges and sample effort of camera traps (number of days) during monitoring.

Rope overpass	UTM coordinates 22J datum SAD69	Camera trap sample effort (days)
Pontal (1)	490898/6654835	119
Samir (2)	491457/6654600	33
Tonho (3)	491575/6654731	152
Fupala (4)	491712/6654832	148
Espigão (5)	492198/6654789	127
Pituca (6)	492365/6654454	110

**Figure 2.** Rope overpass constructed with four 12 mm ropes interlaced and rubber hose to form ladder steps in Lami district, Porto Alegre municipality, southern Brazil. Photo: João Cláudio Godoy Fagundes.

(www.tigrinus.com.br) analogical camera traps, and each camera operated until all 36 photos were shot. Additionally, we involved the local community in the monitoring by choosing neighbors to record overpass use. Each local observer should record the species, number of individuals, date and sighting time of animals they saw crossing the bridges. Camera and local community monitoring were carried out during the same period.

In order to relate the use of the rope bridges to the surrounding land use/cover, we evaluated the landscape composition in a buffer with an 80 m radius (2000 m<sup>2</sup>) around each rope bridge. This buffer size was selected to avoid superposition of buffers due to the proximity of the bridges. We recorded the percentage of each class of land use/cover within each buffer, according to Porto Alegre's Environmental Diagnostic (Hasenack 2008). The analysis was performed with the Idrisi Andes software (Eastman 2003).

The study design was planned aiming to manage real situations, thus each bridge location was chosen due to howler electrocution history and they are near to each other, so there is not independence between sample units. Besides that, the number of rope bridges is too low to perform an adequate statistical analysis. The best alternative, in this context, was a descriptive analysis of the data.

## Results

During the 15 months of monitoring we recorded three native mammal species using rope bridges: brown howler monkey (*Alouatta guariba clamitans* Cabrera, 1940), white-eared opossum (*Didelphis albiventris* Lund, 1840), and porcupine (*Sphiggurus villosus* Cuvier, 1823). All three species were photographed by the infrared-triggered camera (Figure 3), but intensive false photograph

shooting (especially due to vehicles passing under the rope bridge) jeopardized the estimates of use frequency. Whereas local people recorded only brown howler monkeys and white-eared opossums using the bridges (Table 2), they documented by photography and videos the use of two overpasses by howlers that were not recorded by camera traps. Although local people recorded the use of howlers in more bridges and more often than camera traps, they recorded only two crossings of opossums and none of porcupines.

We identified four classes of landscape cover neighboring the rope bridges: arboreal, urban, open vegetation and water (Table 3). The only rope bridge that was used by the three species (Fupala) was the one with the highest forest cover (67.26%) and also the lowest urban area (12.91%), although it was located in the center of the urban region of the Lami district (Figure 4). In addition, the bridge with two species recorded (Espigão) had the second lowest urban cover (36.53%) and the highest open vegetation cover (43.36%). On the other hand, the two overpasses with no records of use by any species had higher values of urban cover (Samir and Tonho).

## Discussion

Considering the 19 mammal species that occur in José Lutzenberger-Lami Biological Reserve (Printes 2002) as the species occurring in the Lami district, all medium-sized mammals with arboreal habits were recorded crossing overpasses. This fact indicates that overpasses in the Lami district are a functional canopy connection for these species, working as a linear corridor and restoring connectivity between forest remnants. However, to detect the effectiveness of rope bridges in conservation management, besides identifying the use of overpasses, it is necessary to consider if barrier effects and mortality are reduced and if populations are benefited (Huijser et al. 2007, Taylor & Goldingay 2010). van der Ree et al. (2007) showed that most studies on wildlife passages show that mitigation can be considered successful at the level of the individual animals, but the implications on population persistence should also be monitored.

There are differences between our canopy bridge model and the pole bridge installed for the black lion tamarin (*Leontopithecus chrysopygus* Mikan, 1823) in the São Paulo state, Brazil (Valladares-Padua 1995), and also between our overpass and the canopy bridges installed in Australia (Soanes & van der Ree 2009, Weston et al. 2011). The bridge in São Paulo is constructed using round wooden poles and is installed at a height of 6 m over the road, while in Australia there are two models of canopy overpass – a rope ladder (with the steps also formed by rope) and a rope tunnel. The pole bridge in São Paulo is narrower than the rope bridges, making it difficult for some animals to cross, but it is also less instable than the ropes, what can increase its attractiveness. In Australia, the rope tunnels were built in order to provide protection for crossing animals from aerial predators, but most times animals crossed using the top surface of the rope tunnel. All these different types of overpasses were



## Canopy bridges as road overpasses



**Figure 3.** Species recorded using canopy bridges by camera traps. a) Brown-howler-monkey (*Alouatta guariba clamitans* Cabrera, 1940). b) White-eared-opossum (*Didelphis albiventris* Lund, 1840). c) Porcupine (*Sphiggurus villosus* Cuvier, 1823).

**Table 2.** Wildlife use of canopy rope bridges recorded during monitoring (1=bridge use recorded, 0=bridge use not recorded).

Rope overpass	<i>Alouatta guariba clamitans</i>		<i>Sphiggurus villosus</i>		<i>Didelphis albiventris</i>	
	CT	LP	CT	LP	CT	LP
Pontal (1)	1	1	0	0	0	0
Samir (2)	0	0	0	0	0	0
Tonho (3)	0	0	0	0	0	0
Fupala (4)	0	1	1	0	1	1
Espigão (5)	0	1	1	0	0	0
Pituca (6)	0	1	0	0	0	0

CT = camera trap; LP = local people.

**Table 3.** Landscape composition within each buffer (2000 m<sup>2</sup>) around each rope overpass installed in Lami District, Porto Alegre, RS, Brazil.

Rope overpass	Type of landscape cover (%)			
	Arboreal	Open vegetation	Water	Urban
Pontal (1)	54.87	7.73	0	37.4
Samir (2)	0	11.49	26.75	61.77
Tonho (3)	23.14	0	0	76.86
Fupala (4)	67.26	19.83	0	12.91
Espigão (5)	20.12	43.36	0	36.53
Pituca (6)	0	19.33	0	80.67

constructed for different target species, which makes it difficult to compare their use and effectiveness. When building a rope or pole overpass, the size and weight of the target species must be considered. Also, to increase the probability of a species using a canopy bridge, it is important to consider the distance between animal limbs and the way the species moves. The effects of variables related to the use of mitigation structures are likely to be species or species-group specific (van der Ree et al. 2007).

The information obtained by local people on overpass use by photography and video confirm that this kind of monitoring can be reliable, increasing the amount of data obtained and having an educational impact. Local people collected some important information about howlers' crossings and activities (such as the presence of infants, injured individuals, or some specific native fruit consumed), but there were only two records of use by other species. This difference may be explained by howlers' larger size and behavior, and by their diurnal habits, while the other two species have small body size, and have nocturnal and solitary habits. The results obtained with the monitoring by local people show the usefulness of involving the community in conservation actions, but should be applied carefully, since there are differences in observational effort

and detectability among different local people. The collaboration of local community has educative and interpretive value and is vital for the successful implementation of conservation activities (Lokschin et al. 2007, Weston et al. 2011).

Although all rope bridges have urban areas around them (which is the origin of accidents such as electrocutions, road-kills and dog attacks), the two bridges with the lowest urban areas were the ones where other species besides howlers were recorded. Two overpasses did not have any forest cover within the buffer, but in one of them local people photographed howlers using the bridge. The use of a bridge to cross between areas with no forest cover may be explained by the low resolution of the land use map available, which does not allow the individualization of garden and orchard trees, an important matrix element for fauna in this region. Unfortunately, our small sample size does not allow us to draw conclusions about the importance of particular landscape features for wildlife.

An important question that remains to be answered is if animal movement through the rope bridge is a diurnal movement providing an extension of home range, or if the canopy bridges are used by animals for dispersing. Considering information obtained with local people about howler monkeys' use of the passages, it appears that the same howler group uses the overpass over time, indicating that it plays a role in widening howlers' home range. Goosem et al. (2008) and Weston et al. (2011), while monitoring canopy bridge use by possums in Australia, did not find any evidence that the individuals remained on the visited side, as all the crossing photographs also show the animal returning to the side of origin within a few hours of crossing. Canopy bridges may allow animals to access resources located on the other side of the road, what may increase the probability of individual survival. However, we did not test survivorship of individuals and we also did not test if there was a decrease in mortality due to wildlife-vehicle collisions or electrocutions. Taylor & Goldingay (2012) when analyzing population viability of squirrel gliders (*Petaurus norfolcensis* Kerr, 1792) found that facilitating



**Figure 4.** Landscape composition within buffers of 2000 m<sup>2</sup> around each rope bridge installed in Lami District, Porto Alegre, RS, Brazil.

inter-patch movement by installing canopy bridges and wooden poles for gliding was the key to diminish extinction probabilities.

Studies published on the use and effectiveness of canopy bridges as mitigation measures for the impact of power lines and roads on wildlife are still scarce, although they are critical for evaluating the success of mitigation implemented. In Australia there are already long-term monitoring of rope bridges following overpass construction (Goosem et al. 2008, Weston et al. 2011), while in Brazil this is a novel conservation concern. Other methods can also be used to monitor rope overpass use: Weston et al. (2011) used direct observation, collection of fecal pellets, and hair sampling, with varied species detection.

## Conclusions

This study demonstrates the functionality of rope overpasses in southern Brazil for all arboreal mammals present in the area. Our results are important to demonstrate the use of these structures by all target species, although the importance of these movements for gene flow and population persistence remains to be evaluated. Bridges are very important to keep connectivity between fragments and can mitigate the impact of power lines over wildlife, but electric cables, commonly recognized by howlers as an alternative route for canopy gap crossing, also need to be completely isolated when present, to warrant animals' physical integrity.

## Aknowledgements

We thank the community of Lami District that was involved in data collection, Núcleo de Fauna/SMAM for collaborating in the management of electrocuted howlers, and BIC/UFRGS (project 12944) and Fundação O Boticário de Proteção à Natureza (project 0779\_20081) for financial support. We thank all members of Núcleo de Extensão Macacos Urbanos/UFRGS for the contributions in this study, especially Elisandro Oliveira dos Santos for drawing the canopy bridge model for this manuscript. We also thank the two anonymous reviewers for improvements in an early version of the manuscript.

## References

- BECKMANN, J.O., CLEVINGER, A.P., HUIJSER, M.P. & HILTY, J.A. 2010. Safe passages - Highways, wildlife, and habitat connectivity. Island Press, 396p.
- CLEVINGER, A.P. & WALTHO, N. 2003. Long-term, year-round monitoring of wildlife crossing structures and the importance of temporal and spatial variability in performance studies. In Proceedings of the 2007 International Conference on Ecology and Transportation (C.L. Irwin, D. Nelson & K.P. McDermott, eds.). Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, p.293-302.
- CUARÓN, A.D. 1995. Pole bridges to avoid primate kills: a sequel do Valladares-Padua et al. Neotrop Primates 3(3):74-75.
- EASTMAN, J.R. 2003. IDRISI Kilimanjaro - Guide to GIS and Image Processing. Clark University, 306p.
- FORMAN, R.T.T. & ALEXANDER, L.E. 1998. Roads and their major ecological effects. Annu. Rev. Ecol. Syst. 29:207-31. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.29.1.207>
- FORMAN, R.T.T., SPERLING, D., BISSONETTE, J.A., CLEVINGER, A.P., CUTSHALL, C.D., DALE, V.H., FAHRIG, L., FRANCE, R., GOLDMAN, C.R., HEANUE, K., JONES, J.A., SWANSON, F.J., TURRENTINE, T. & WINTER, T.C. 2003. Road Ecology: Science and Solutions. Washington, Island Press, 481p.
- FRANKHAM, R., BALLOU, J.D. & BRICOE, D.A. 2004. A Primer of Conservation Genetics. Cambridge University Press, 236p. <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511817359>
- GOOSEM, M., WESTON, N. & BHUSHNELL, S. 2006. Effectiveness of rope bridge arboreal overpasses and faunal underpasses in providing connectivity for rainforest fauna. In Proceedings of the 2005 International Conference on Ecology and Transportation (C.L. Irwin, D. Nelson & K.P. McDermott, eds.). Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, p.304-316.
- GOOSEM, M., WILSON, R., WESTON, N. & COHEN, M. 2008. Highway overpass evaluation of effectiveness: Kuranda Range Road Upgrade Project. Commonwealth Environment Research Facilities - Marine and Tropical Sciences Research Facility. School of Earth and Environmental Sciences, James Cook University, Cairns.
- HASENACK, H. (coord.). 2008. Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre: geologia, solos, drenagem, vegetação/ocupação e paisagem. Secretaria Municipal do Meio Ambiente, Porto Alegre, 84p.
- HUIJSER, M.P., WAGNER, M.E., HARDY, A., CLEVINGER, A.P. & FULLER, J.A. 2007. Animal-vehicle collision data collection throughout the United States and Canada. In Proceedings of the 2007 International Conference on Ecology and Transportation (C.L. Irwin, D. Nelson & K.P. McDermott, eds.). Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, p.387-391.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 2010. <http://www.ibge.gov.br>. (último acesso em: 30/07/2012).
- LAURANCE, W.F., GOOSEM, M. & LAURANCE, S.G.W. 2009. Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. Trends Ecol. Evol. 24(12):659-669. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2009.06.009>
- LEHMAN, R.N., KENNEDY, P.L. & SAVIDGE, J.A. 2007. The state of the art in raptor electrocution research: A global review. Biol. Conserv. 136:159-174. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2006.09.015>
- LOKSCHIN, L.X., PRINTES, R.C., CABRAL, J.N.H. & BUSS, G. 2007. Power lines and howler's conservation (*Alouatta guariba clamitans*; Cabrera, 1940) in Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil. Neotrop. Primates 14(2):76-80. <http://dx.doi.org/10.1896/044.014.0206>
- LYON, J. & HORWICH, R.H. 1996. Modification of tropical forest patches for wildlife protection and community conservation in Belize. In Forest Patches in Tropical Landscapes (Schelhas, J. & Greenberg, R., eds.). Island Press, Washington, p.205-230.
- MALO, J.E., HERVÁS, I., HERRANZ, J., MATA, C. & SUÁREZ, F. 2006. How many days to monitor a wildlife passage? Species detection patterns and the estimation of the vertebrate fauna using crossing structures at a motorway. In Proceedings of the 2005 International Conference on Ecology and Transportation (C.L. Irwin, D. Nelson & K.P. McDermott, eds.). Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, p.406-413.
- MARQUES, A.A. 2003. Primatas. In Livro Vermelho da Fauna Ameaçada de Extinção no Estado do Rio Grande do Sul (C. Fontana, G. Bencke, & R.E. Reis, eds). Porto Alegre, Edipucrs, p.499-506.
- MENEGAT, R. (ed.). 1998. Atlas Ambiental de Porto Alegre. UFRGS/PMPA/INPE, Porto Alegre.
- 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>
- PRINTES, R.C. 1999. The Lami biological reserve, Rio Grande do Sul, Brazil and the danger of power lines to howlers in urban reserves. Neotrop. Primates 7(4):135-136.
- PRINTES, R.C. (org.). 2002. Plano de Manejo Participativo da Reserva Biológica do Lami. SMAM, Porto Alegre.
- SOANES, K. & VAN DER REE, R. 2009. Arboreal mammals use an aerial rope bridge to cross a major highway. In International Conference on Ecology and Transportation, Duluth, Minnesota, USA. (P.J. Wagner, D. Nelson & E. Murray, eds.). Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, Raleigh, p.441-451.
- TAYLOR, B.D. & GOLDINGAY, R.L. 2010. Roads and wildlife: impacts, mitigation and implications for wildlife management in Australia. Wildlife Res. 37:320-331. <http://dx.doi.org/10.1071/WR09171>
- TAYLOR, B.D. & GOLDINGAY, R.L. 2012. Facilitated movement over major roads is required to minimise extinction risk in an urban metapopulation of a gliding mammal. Wildlife Res. 39:685-695.
- VALLADARES-PADUA, C., CULLEN JUNIOR, L. & PADUA, S. 1995. A pole bridge to avoid primate road kills. Neotrop. Primates 3(1):13-15.
- VAN DER REE, R., VAN DER GRIFT, E., GULLE, N., HOLLAND, K., MATA, C. & SUAREZ, F. 2007. Overcoming the barrier effect of roads - how effective are mitigation strategies? An international review of the use and effectiveness of underpasses and overpasses designed to increase the permeability of roads for wildlife. In Proceedings of the 2007 International Conference on Ecology and Transportation (C.L. Irwin, D. Nelson & K.P. McDermott, eds.). Center for Transportation and Environment, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina, p.423-431.
- WESTON, N.G. 2003. The provision of canopy bridges to reduce the effects of linear barriers on arboreal mammals in the Wet Tropics of northeastern Queensland. Master Thesis in The School of Tropical Environmental Planning and Geography and the Centre for Tropical Urban & Regional Studies at James Cook University of North Queensland, 228p.
- WESTON, N.G., GOOSEM, M., MARSH, H., COHEN, M. & WILSON, R. 2011. Using canopy bridges to link habitat for arboreal mammals: successful trials in the Wet Tropics of Queensland. Aust. Mammal. 33:93-105. <http://dx.doi.org/10.1071/AM11003>

Received 30/08/2012  
Revised 14/01/2013  
Accepted 04/03/2013



**First record of *Hydrosmilodon primanus* (Eaton)  
(Ephemeroptera, Leptophlebiidae) from South America**

**Luis Gonzalo Salinas<sup>1,2,5</sup>, Ralph Wills Flowers<sup>3</sup> & Lucimar Gomes Dias<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Laboratório de Sistemática e Ecologia de Insetos, Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Tropical, Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, Centro Universitário Norte do Espírito Santo, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, Rod. BR 101 Norte, Km 60, Bairro Litorâneo, CEP 29932-540, São Mateus, ES, Brasil

<sup>2</sup>Programa de Estudantes-Convênio de Pós-graduação – PEC-PG, CNPq

<sup>3</sup>Center for Biological Control, FL 32307, Tallahassee, Florida, USA. <http://www.famu.edu/>

<sup>4</sup>Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Caldas, Calle 65, 26-10, A.A 275, Manizales, Caldas, Colombia. <http://www.ucaldas.edu.co/>

<sup>5</sup>Corresponding author: Luis Gonzalo Salinas, e-mail: [biobaetodes@gmail.com](mailto:biobaetodes@gmail.com)

SALINAS, L.G., FLOWERS, R.W. & DIAS, L.G. **First record of *Hydrosmilodon primanus* (Eaton) (Ephemeroptera, Leptophlebiidae) from South America.** *Biota Neotrop.* (13)1: <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?short-communication+bn01513012013>

**Abstract:** In this paper the first record of *Hydrosmilodon primanus* (Eaton, 1892) from South America is presented. The record of the species is based on nymphs collected in San Sebastián de Mariquita city, Tolima department, Colombia.

**Keywords:** *Hermanella*, mayfly, Colombia.

SALINAS, L.G., FLOWERS, R.W. & DIAS, L.G. **Primer registro de *Hydrosmilodon primanus* (Eaton) (Ephemeroptera, Leptophlebiidae) para Sur América.** *Biota Neotrop.* (13)1: <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?short-communication+bn01513012013>

**Resumen:** En este trabajo se presenta por primera vez el registro de la especie *Hydrosmilodon primanus* (Eaton, 1892) para Sur América. El registro de la especie es basado en ninfas colectadas en el municipio de San Sebastián de Mariquita, departamento del Tolima, Colombia.

**Palabras clave:** *Hermanella*, efímera, Colombia.

## Introduction

The *Hermanella* complex of the Leptophlebiidae is a group of distinctive mayflies distributed primarily in the neotropics and also extending into the Nearctic region (Domínguez & Flowers 1989). Nymphs are distinguished by possess large maxillary palpi attached at the posterior portion of maxilla, with long and fine setae on the third segment in parallel rows; an expanded labrum nearly as wide as the head capsule; also prominent anterolateral areas of the clypeus, rectangular shape of the mandibles, often with sharp anterolateral angle; and broad and rectangular superlinguae. Moreover, the abdominal postero-lateral spines are present on segments 8 and 9, rarely also 7. Genera described in this group are *Hermanella* (Needham & Murphy, 1924), *Leentvaaria* (Demoulin, 1966), *Traverella* (Edmunds, 1948), *Hylister* (Domínguez & Flowers, 1989), *Needhamella* (Domínguez & Flowers, 1989), *Hydrosmilodon* (Flowers & Domínguez, 1992), *Paramaka* (Savage & Domínguez, 1992), and *Hydrosmastodon* (Polegatto & Batista, 2007).

The genus *Hydrosmilodon* Domínguez & Flowers, 1992 (Ephemeroptera: Leptophlebiidae) was described based on the adult of the type species *Thraulius primanus* Eaton, 1892 found in Mexico. They also described the new species *Hydrosmilodon saltensis* Flowers & Domínguez, 1992, based on the male imago and mature nymph found in Argentina. In the same paper, these authors recorded *H. primanus* from Panama, Costa Rica, and Honduras (Flowers & Domínguez 1992), broadening the range of the species. Currently, two species of the genus are documented from South America: *Hydrosmilodon gilliesae* Thomas & Boutonnet, 2004 and *Hydrosmilodon saltensis*. The first record of the genus from Colombia was during studies in Catugado and Totunendo rivers in the Chocó department, where the species were not determined (Casas-Cordoba et al. 2006).

## Materials and Methods

Specimens were collected in the stream “El Chondo” 5° 11’ 31” N and 74° 53’ 59” W, located in San Sebastián de Mariquita (Tolima),

in the Cordillera Central of Colombia. Species were identified using the key of Domínguez et al. (2006) and the original description made by Flowers & Domínguez (1992). The individuals collected are deposited in the Entomological Collections of the Biology Program of the Universidad de Caldas (CEBUC) in Manizales, Colombia.

## Results and Discussion

In this study, *H. primanus* initially recorded from Central America (Panama, Honduras and Costa Rica) (Flowers & Domínguez 1992) is recorded for the first time from South America based on 10 nymphs collected in El Chondo stream, Tolima department, Colombia (Figure 1). The altitude found in El Chondo is similar to the registered in some streams in Costa Rica (479 m.a.s.l. and 470 m.a.s.l., respectively). The nymphs collected in both sites were found in rocky substrate.

During identification of *Hydrosmilodon* nymphs, it could be noted that they can be confused with nymphs of two genera of the *Hermanella* group (*Leentvaaria* Demoulin, 1966 and *Hydrosmastodon* Polegatto & Batista, 2007). These genera possess slender gills and well developed maxillary tooth (Polegatto & Batista, 2007). However, the genus *Hydrosmilodon* can be separated from these two genera, mainly by the size of apical denticle of the tarsal claw and the anterior margin of labrum distinctly emarginated.

Nymphs of *H. primanus* found in Colombia possess mandibles with setae confined to base, basal segment of labial palpi with well-defined dark markings and the anterior margin of labrum distinctly emarginated. These characters are the same used for Flower & Domínguez (1992) for the identification and determination of the specie.

With this paper we present the first report of this species in South America and the broadening the distribution of the genera in Colombia.

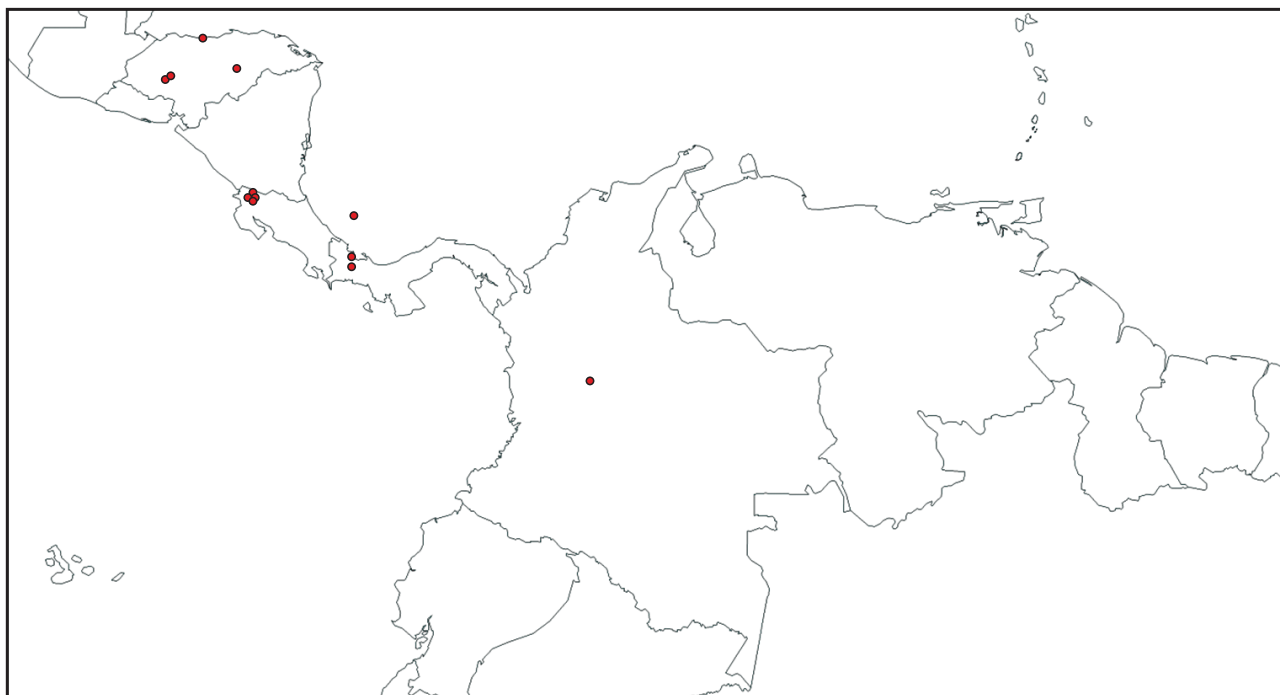


Figure 1. Distribution of *Hydrosmilodon primanus* on America.

## Acknowledgements

The authors acknowledge to Universidad de Caldas who facilitated its installations for the samples analysis. Luis Salinas acknowledge to Natalia Hurtado for her helpful review of the manuscript.

## References

- CASAS-CORDOBA, L., CORDOBA-ARAGON, K., ASPRILLA-MURILLO, S. & MOSQUERA, Z. 2006. Composición y distribución del orden Efemeróptera en los ríos Tutunendo y Catugadó. Quibdó - Chocó - Colombia. In VII Seminario Colombiano de Limnología y I Reunión de Ríos y Humedales Neotropicales. Ibagué, p.92-97.
- DOMÍNGUEZ, E. & FLOWERS, R.W. 1989. A revision of *Hermanella* and related genera (Ephemeroptera: Leptophlebiidae: Atalophlebiinae) from subtropical South America. *Ann Entomol Soc Am.* 82:555-573.
- DOMÍNGUEZ, E., MOLINERI, C., PESCADOR, M.L., HUBBARD, M.D. & NIETO, C. 2006. Ephemeroptera of South America. In Aquatic Biodiversity of Latin America (J. Adis, J.R. Arias, G. Rueda-Delgado & K.M. Wantzen, eds.). Pensoft, Moscow-Sofia, v.2, p.1-646.
- FLOWERS, R.W. & DOMÍNGUEZ, E. 1992. New genus of Leptophlebiidae (Ephemeroptera) from Central and South America. *Ann Entomol Soc Am.* 85(6):655-661.
- POLEGATTO, C.M & BATISTA, J.D. 2007. *Hydromastodon sallesi*, new genus and new species of Atalophlebiinae (Insecta: Ephemeroptera: Leptophlebiidae) from West and North of Brazil, and notes on systematics of *Hermanella* group. *Zootaxa* 1619:53-60.

Received 07/06/2011

Revised 25/09/2012

Accepted 04/02/2013



## Composição e riqueza de espécies de anfíbios anuros em três diferentes habitat em um agrossistema no Cerrado do Brasil central

Vitor Azarias Campos<sup>1</sup>, Fabrício Hiroiuki Oda<sup>2,6</sup>, Leandro Juen<sup>3</sup>, Adriane Barth<sup>4</sup> & Aline Dartora<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade – PPG-ECB, Instituto de Biociências, Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, Av. Fernando Corrêa da Costa, s/n, CCBS-II, Boa Esperança, CEP 78060-900, Cuiabá, MT, Brasil. [www.ufmt.br](http://www.ufmt.br)

<sup>2</sup>Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aqüicultura – Nupélia, Laboratório de Ictioparasitologia, Programa de Pós-graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais – PEA, Universidade Estadual de Maringá – UEM, Av. Colombo, 5790, Bloco G-90, CEP 87020-900, Maringá, PR, Brasil. <http://ictioparasito.nupelia.uem.br/>

<sup>3</sup>Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará – UFPA, Rua Augusto Correia, 1, Guama, CEP 66075-110, Belém, PA, Brasil. [www.portal.ufpa.br](http://www.portal.ufpa.br)

<sup>4</sup>Programa de Pós-graduação em Genética e Biologia Molecular – PPGGBM, Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC, Rod. Ilhéus/Itabuna, Km 16, Salobrinho, CEP 45662-000, Ilhéus, BA, Brasil. [www.uesc.br](http://www.uesc.br)

<sup>5</sup>Laboratório de Zoologia, Departamento de Ciências Biológicas, Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, Campus Universitário de Tangará da Serra, Rod. MT 358, Km 07, Jardim Aeroporto, Tangará da Serra, MT, Brasil. [www.tangara.unemat.br](http://www.tangara.unemat.br)

<sup>6</sup>Autor para correspondência: Fabrício Hiroiuki Oda, e-mail: [fabricao\\_oda@hotmail.com](mailto:fabricao_oda@hotmail.com)

CAMPOS, V.A., ODA, F.H., JUEN, L., BARTH, A. & DARTORA, A. **Composition and species richness of anuran amphibians in three different habitat in an agrosystem in Central Brazilian Cerrado.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?inventory+bn03213012013>

**Abstract:** Adaptive plasticity has been postulated as one of the integrating factors that explain the distribution and abundance of species on different habitat with different environmental variations. The environmental heterogeneity is the most important factor for the maintenance, increment or decrement of biodiversity. On this study we determined the effect of periodicity and habitat structure on the richness and composition of species of three different habitat: stream (P1), temporary ponds (P2) and permanent dam (P3) in an agrosystem in the Central Brazilian Cerrado. We performed nine excursions to the field during November 2005 to April 2007. We found and registered the species by direct search and vocalization orientation. We identified 19 anuran species belonging to four families: Bufonidae (one species), Hylidae (nine species), Leptodactylidae (five species), and Leiuperidae (four species). The greatest richness and abundance were recorded in temporary ponds (P2), which differed significantly from the stream (P1) and from the permanent dam (P3). *Dendropsophus nanus*, *Hypsiboas raniceps* and *Leptodactylus chaquensis* showed strong association with P2. P2 and P3 showed greater differentiation between themselves in species composition than when compared to P1. Despite the fact that the studied areas are surrounded by intense farming and present a high degree of anthropic disturbance, these areas showed a high species richness being an important refuge for the amphibians, although the species found on this work are usually associated to impacted areas or open phytophysionomies and are favored with the creation of artificial environments such as those in this study.

**Keywords:** anurofaunal, adaptive plasticity, environmental heterogeneity, habitat structure, anthropic disturbance.

CAMPOS, V.A., ODA, F.H., JUEN, L., BARTH, A. & DARTORA, A. **Composição e riqueza de espécies de anfíbios anuros em três diferentes habitat em um agrossistema no Cerrado do Brasil central.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?inventory+bn03213012013>

**Resumo:** A plasticidade adaptativa tem sido postulada como um fator importante para explicar a distribuição e abundância de espécies em habitat com diferentes níveis de variação ambiental e a heterogeneidade ambiental tem sido apontada como responsável pela manutenção, aumento ou diminuição da diversidade. Neste trabalho, determinamos o efeito da periodicidade e estrutura do habitat sobre a riqueza e composição de espécies em três diferentes habitat: córrego (P1), poças temporárias (P2) e represa permanente (P3) em um agrossistema no Cerrado do Brasil central. Nove expedições de campo foram realizadas entre outubro de 2005 e abril de 2007. Os métodos de amostragem por encontro visual e procura auditiva foram utilizados para o registro das espécies. Foram registradas 19 espécies de anuros pertencentes a quatro famílias: Bufonidae (uma espécie), Hylidae (nove espécies), Leptodactylidae (cinco espécies) e Leiuperidae (quatro espécies). Maior riqueza e a abundância foram registradas nas lagoas temporárias (P2), que diferiram significativamente do córrego (P1) e da represa permanente (P3). *Dendropsophus nanus*, *Hypsiboas raniceps* e *Leptodactylus chaquensis* apresentaram forte associação com

o sítio P2. Os sítios P2 e P3 apresentaram maior diferenciação entre si na composição de espécies, do que quando comparados ao sítio P1. Apesar dos corpos d'água estudados estarem inseridos em área de intensa agricultura e sofrerem elevado grau de perturbação antrópica, esses ambientes apresentam elevada riqueza de espécies, constituindo-se como importantes refúgios para anurofauna da região. Entretanto, as espécies registradas são associadas a áreas antropizadas ou fitofisionomias abertas sendo favorecidas com a criação de ambientes artificiais como os observados no presente estudo.

**Palavras-chave:** anurofauna, plasticidade adaptativa, heterogeneidade ambiental, estrutura do habitat, perturbação antrópica.

## Introdução

A plasticidade adaptativa tem sido postulada para explicar a distribuição e abundância de espécies em habitat com diferentes níveis de variação ambiental (Griffiths 1997). Existem muitas discussões a respeito dos efeitos que as mudanças na paisagem provocam sobre as comunidades que nela habitam (Knutson et al. 1999, Herrmann et al. 2005, Soares-Filho et al. 2006). As alterações no ambiente podem criar um efeito homogeneizador, levando a uma diminuição na complexidade ambiental e consequentemente na riqueza de espécies (Hazell et al. 2001, Olden et al. 2004, Conte & Machado 2005, Vasconcelos & Rossa-Feres 2005).

Considerando que poças são ambientes temporários, os organismos que utilizam esse tipo de habitat devem possuir um desenvolvimento mais rápido, maior amplitude de nicho (mais generalistas) e com maior capacidade de dispersão do que espécies de habitat permanente. Desta forma, seriam menos suscetíveis a variações ambientais, e com as alterações do ambiente, sofreriam menos do que as outras espécies. Com isso poderiam aumentar sua abundância e distribuição, a predominância de tais espécies resultaria em homogeneização biótica e baixa diversidade (veja Griffiths 1997, Leips et al. 2000, Olden et al. 2004).

A heterogeneidade ambiental do Cerrado tem sido utilizada para explicar a riqueza e distribuição local da herpetofauna, visto que o mosaico de habitat contrastantes, abertos e florestais, úmidos e secos (Cavalcanti & Joly 2002, Oliveira-Filho & Ratter 2002), distribuídos lado a lado no ambiente, cria um gradiente de condições ambientais e condições variadas de recursos que podem ser exploradas por um grande número de anfíbios e répteis (Brandão & Araújo 2001, Colli et al. 2002, Nogueira et al. 2009, Oda et al. 2009). Como as espécies possuem exigências eco fisiológicas diferenciadas, os limites de nicho inerentes de cada organismo promovem um gradiente de distribuição das espécies. Segundo Giaretta et al. (2008), a heterogeneidade e descontinuidade dos habitat ajudam a explicar a existência de espécies com distribuição descontínua como por exemplo a *Ameerega flavopicta*.

Anuros são ectotérmicos, possuem pele permeável e, como consequência, são suscetíveis às condições ambientais, que podem afetar sua distribuição e uso de habitat (Duellman & Trueb 1986). Entretanto, a maioria das espécies, habita regiões que têm altos níveis de umidade e temperaturas moderadas a quentes, devido à permeabilidade de sua pele e da dependência dos habitat aquáticos e terrestres durante seus ciclos de vida (Duellman & Trueb 1994, Wells 2007). Assim, impactos humanos no ambiente fazem dos anfíbios um dos grupos animais mais vulneráveis a modificações.

Devido à elevada dependência que anuros têm da qualidade ambiental, tem sido demonstrado em algumas áreas que fatores abióticos (chuva, temperatura e heterogeneidade da vegetação) têm maiores efeitos sobre a estrutura das comunidades de anuros do que os fatores bióticos (competição e predação) (Vasconcelos et al. 2009). Assim, acreditamos que a heterogeneidade ambiental e hidroperíodo

instável de habitat perenes influenciam fortemente a riqueza e composição de espécies do que habitat permanentes. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi determinar o efeito da periodicidade e estrutura do habitat sobre a riqueza e composição de espécies em três diferentes habitat em um agrossistema no Cerrado do Brasil central.

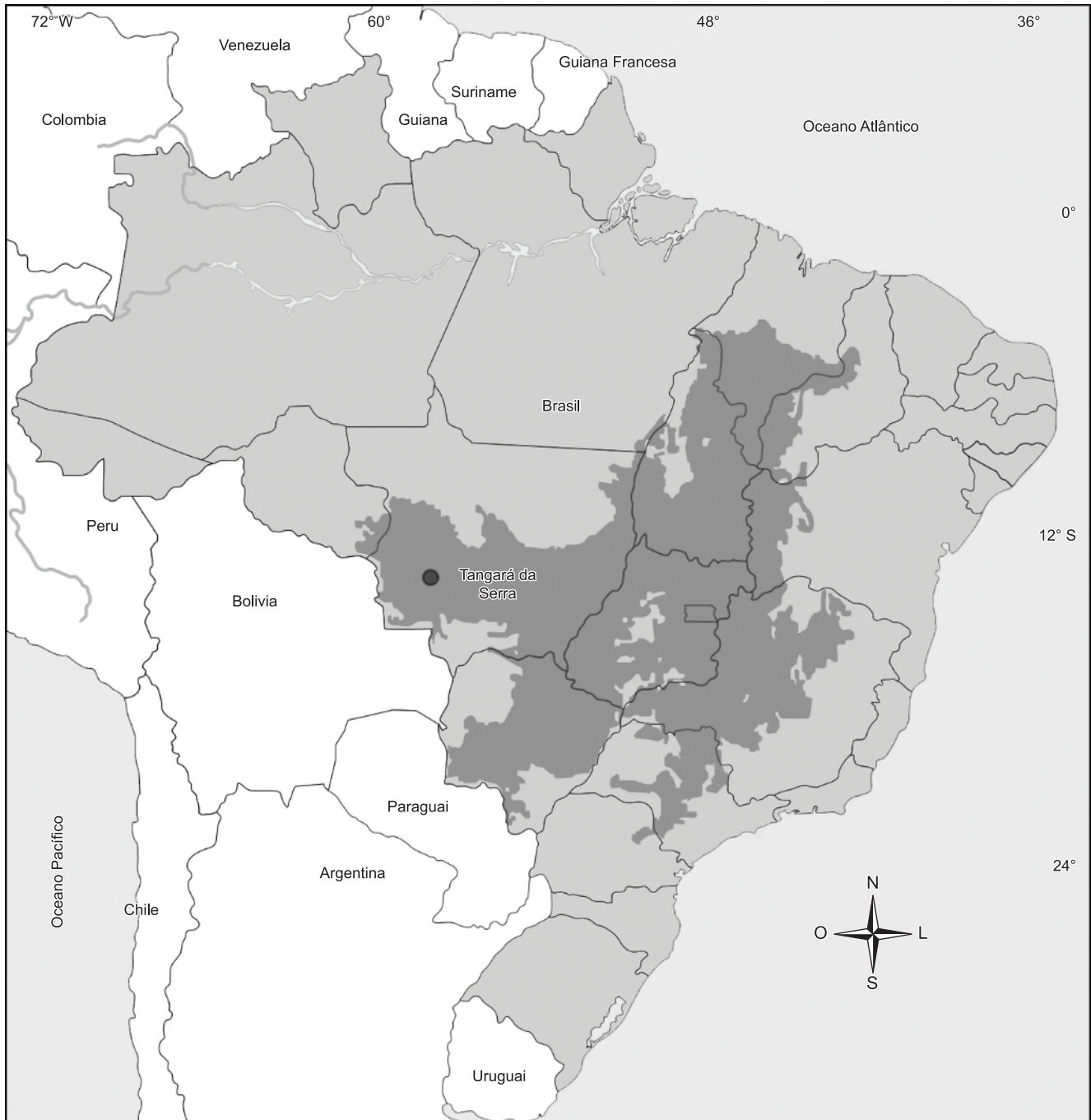
## Material e Métodos

### 1. Área de estudo

O estudo foi realizado em três tipos de corpos d'água dentro do domínio fitogeográfico do Cerrado, localizados no município de Tangará da Serra (Figura 1), situados a 6,5 km a oeste da cidade de Tangará da Serra, estado de Mato Grosso (14° 37' 59" S e 57° 33' 39" O). A região situa-se a 240 km a noroeste da capital Cuiabá, localizada entre as serras de Tapirapuã e dos Parecis, apresentando relevo de topografia plana (Soares & Nogueira 2008).

A precipitação anual varia entre 1300 a 2000 mm com um período de chuvas (setembro-abril) e de seca (maio-agosto) bem determinados. A temperatura oscila entre 16 e 36 °C, com umidade relativa média de 80% (Cruz et al. 2008). Apesar da ocorrência de Floresta Estacional Semidecidual, a vegetação da região é predominantemente caracterizada pela presença de formações savânicas e áreas antrópicas (Brasil 1982). As principais atividades econômicas são pecuária de corte, cultivo de soja, algodão, café, arroz e cana-de-açúcar.

Foram amostrados três tipos de ambiente, córrego no interior de floresta de galeria (14° 37' 57" S e 57° 33' 38" O) (Sítio P1), lagoas temporárias na borda de floresta de galeria (14° 37' 58" S e 57° 33' 39" O) (Sítio P2) e represa permanente (14° 37' 59" S e 57° 33' 36" O) (Sítio P3). Sítio P1 (148,48 m<sup>2</sup>): a vegetação é constituída por árvores de médio a grande porte e palmeiras de Bacuri (*Platonia insignis* Mart.). O solo apresenta grande quantidade de serapilheira e rochas. A água possui aspecto cristalino, com fundo formado por rochas e areia. No Sítio P2 (184,90 m<sup>2</sup>): para que o tamanho amostral fosse similar a área amostrada nos outros tratamentos foi considerado as três lagoas como sendo uma única área. A distância entre as lagoas era de aproximadamente 2 m. A margem em contato com a floresta de galeria é composta por árvores de médio a grande porte, cobertas por lianas herbáceas e lenhosas. As outras margens são constituídas por capim navalha (*Panicum maximum* Jacq.), arbustos e Embaúba (*Cecropia* sp.). Durante o período da seca o interior das lagoas apresenta o solo úmido com predomínio de *P. maximum*. A água possui aspecto cristalino, com substrato formado de matéria orgânica vegetal em decomposição. O Sítio P3 (171,49 m<sup>2</sup>): é formado a partir do represamento do córrego e é utilizada para criação de peixes. A vegetação marginal é constituída por gramíneas, arbustos, árvores de médio a grande porte e palmeiras de Bacuri (*P. insignis*). A água possui aspecto túrbido, com substrato formado por barro.



**Figura 1.** Localização do município de Tangará da Serra no estado de Mato Grosso, Brasil. O domínio fitogeográfico do Cerrado é mostrado em cinza escuro.  
**Figure 1.** Location of the municipality of Tangará da Serra in the state of Mato Grosso, Brazil. The Cerrado phytogeographic domain is displayed in dark gray.

## 2. Amostragem

Nove expedições de campo foram realizadas na área de estudo entre outubro de 2005 e abril de 2007. As amostragens foram feitas pelos métodos de encontro visual (Crump & Scott Junior 1994) e procura auditiva (Zimmerman 1994), durante o período noturno em cada corpo d'água.

Alguns indivíduos de cada espécie foram coletados, fixados em solução de formalina a 10% e posteriormente conservados em etanol a 70%. Exemplares-testemunho foram depositados no Museu de Zoologia de Tangará da Serra (MZT) – Coleção Herpetológica da

Universidade Estadual de Mato Grosso. Licença de coleta concedida pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA; permissão: 17914-2, processo: 21619-1).

## 3. Análises estatísticas

Considerando que a riqueza de espécies observada é freqüentemente um estimador viciado em relação à riqueza de espécies real (Santos 2006), foi usado o estimador não paramétrico *Jackknife* de 1ª ordem para extrapolação da riqueza de espécies na área de estudo. Este estimador atribui maior peso às espécies raras (aquelas que ocorreram em apenas uma amostra) (Burnham



& Overton 1979). Mesmo que o método subestime a riqueza da comunidade, isto não constitui um grande problema, uma vez que em geral o que se espera das estimativas de riqueza é obter parâmetros para comparações entre inventários (Santos 2004). Para um melhor suporte dos resultados, também foi realizada a rarefação padronizada por amostra, pois conforme argumenta Courtemanch (1996), não se pode comparar amostras padronizadas por uma certa quantidade de indivíduos, visto que se perde muita informação quanto à abundância/densidade das espécies nas comunidades. A técnica de rarefação utilizada foi a “baseada em momentos” (*Mao Tau*) (Gotelli & Colwell 2001), que elimina completamente a necessidade de réplica e permite a comparação direta de riqueza entre amostras (Colwell et al. 2004). Ambas as técnicas de estimativas foram calculadas no programa EstimateS 7.5.0 (Colwell 2005).

Para testar se houve diferenças na abundância de indivíduos entre as três áreas, aplicou-se a análise de variância (*ANOVA* unifatorial) (Zar 1999). Os pressupostos de normalidade e de homocedasticidade (teste de Levene) foram calculados e testados. Quando os pressupostos não foram satisfatórios, a abundância foi transformada usando  $\log_{10}+1$ . Quando a *ANOVA* foi significativa, aplicou-se o teste de Tukey para identificar quais locais apresentaram médias diferentes.

Para verificar a associação das espécies a um determinado local usamos o Teste de Espécies Indicadoras (*IndVal*) de Dufrêne & Legendre (1997), submetidos ao teste randomização de Monte Carlo, para os três locais de amostragem. Este teste analisa a fidelidade e a especificidade das espécies a uma determinada variável, servindo para mensurar o grau de associação.

Para sumarizar os dados da estrutura e composição da assembléia, utilizou-se a análise de correspondência com remoção do efeito do arco

(ACD) (Hill & Gauch 1980, Gauch 1982, Ter Braak 1995) ordenando os locais estudados com base na similaridade de composição a partir de dados de abundância das espécies transformados ( $\log+1$ ). Para testar a diferença na composição de espécies entre as áreas, aplicou-se a Análise de Similaridade Bi-fatorial (*ANOSIM*), método usado para detectar diferenças na estrutura da composição (Melo & Hepp 2008).

## Resultados

Foram registradas 19 espécies de anuros pertencentes a quatro famílias: Bufonidae (uma espécie), Hylidae (nove espécies), Leptodactylidae (cinco espécies) e Leiuperidae (quatro espécies, Tabela 1). Maior riqueza foi observada no sítio P2 com 16 espécies, seguido pelos sítios P3 e P1 com 11 e 10 espécies, respectivamente (Tabela 1).

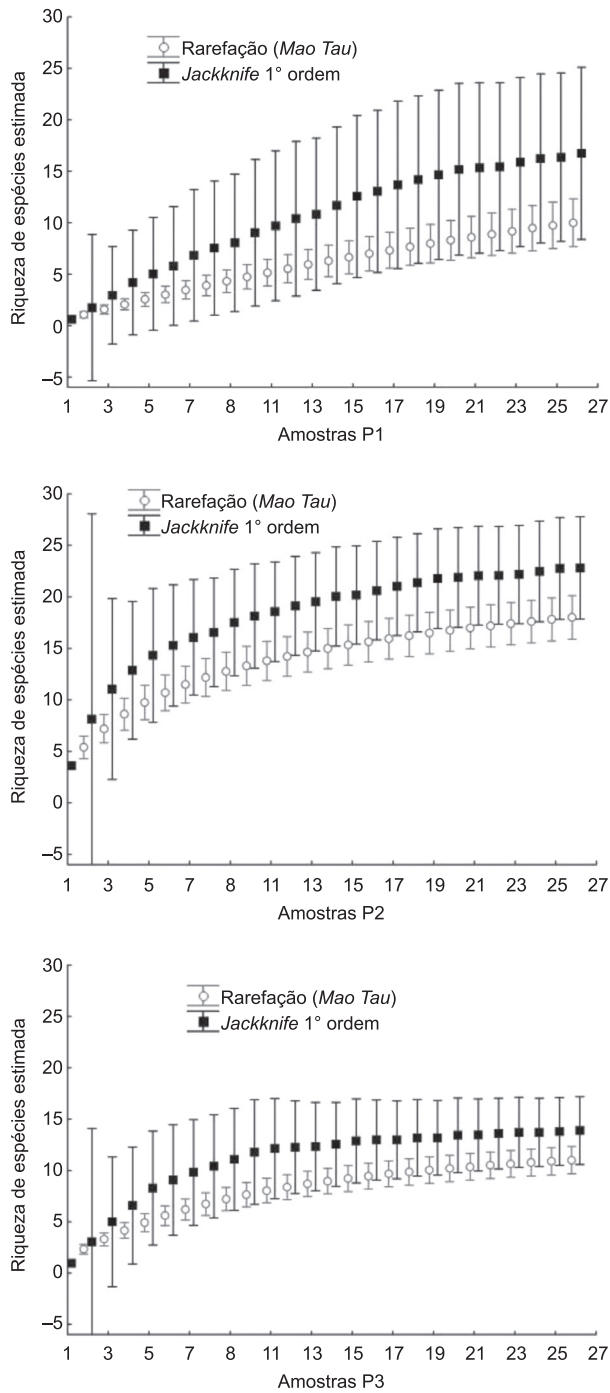
As curvas de rarefação de espécies baseadas em esforço de coleta nos três sítios reprodutivos apresentaram forte tendência à estabilização (Figura 2), representando que o esforço amostral foi suficiente para registrar as espécies da localidade. Usando os dados gerados pelo estimador *Jackknife* e a técnica de inferência por intervalo de confiança, o sítio P2 teve maior riqueza de espécies  $22,81 \pm 4,96$  (média  $\pm$  intervalo de confiança), apresentando em média nove espécies a mais do que P3 ( $13,88 \pm 1,60$ ), mas não apresentou diferença significativa com P1 ( $16,73 \pm 8,36$ ), pois houve sobreposição do intervalo de confiança de um grupo com a média do outro. O mesmo foi observado quando foram comparados os sítios P3 e P1 (Figura 3).

O padrão de abundância das espécies diferiu entre os sítios reprodutivos amostrados (Tabela 1). No sítio P1, foram registrados

**Tabela 1.** Espécies e abundância de anuros registradas em três ambientes no município de Tangará da Serra, estado de Mato Grosso, Brasil.

**Table 1.** Species and abundance of anurans registered in three environments in the municipality of Tangará da Serra, Mato Grosso state, Brazil.

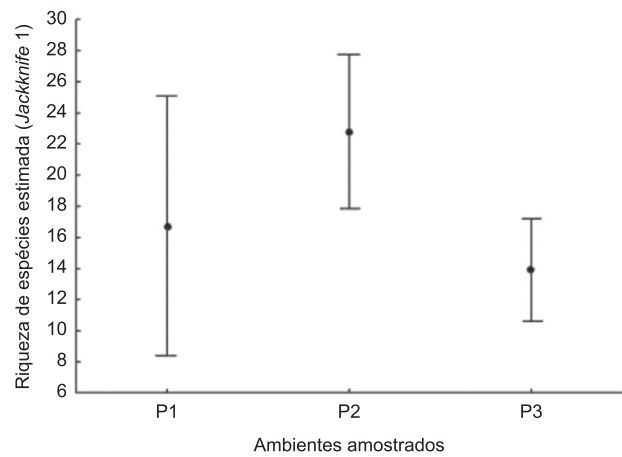
Famílias e espécies	N	Ambientes amostrados					
		P1		P2		P3	
		N1	%	N2	%	N3	%
<b>BUFONIDAE</b>							
<i>Rhinella schneideri</i> (Werner, 1894)	32	2	12,5	28	3,0	2	1,8
<b>HYLIDAE</b>							
<i>Dendropsophus melanargyreus</i> (Cope, 1887)	2	-	-	2	0,2	-	-
<i>Dendropsophus minutus</i> (Peters, 1872)	5	1	6,2	3	0,3	1	0,9
<i>Dendropsophus nanus</i> (Boulenger, 1889)	379	1	6,2	366	39,8	12	10,9
<i>Hypsiboas geographicus</i> (Spix, 1824)	139	1	6,2	107	11,6	31	28,1
<i>Hypsiboas punctatus</i> (Schneider, 1799)	63	1	6,2	23	2,5	39	35,4
<i>Hypsiboas raniceps</i> Cope, 1862	54	3	18,7	41	4,5	10	9,1
<i>Scinax fuscomarginatus</i> (A. Lutz, 1925)	280	4	25,0	275	29,9	1	0,9
<i>Scinax fuscovarius</i> (A. Lutz, 1925)	1	-	-	1	0,1	-	-
<i>Scinax nebulosus</i> (Spix, 1824)	32	-	-	28	3,0	4	3,6
<b>LEIUPERIDAE</b>							
<i>Eupemphix nattereri</i> Steindachner, 1863	3	-	-	-	-	3	2,7
<i>Physalaemus albonotatus</i> (Steindachner, 1864)	7	1	6,2	6	0,6	-	-
<i>Physalaemus centralis</i> Bokermann, 1962	5	-	-	5	0,5	-	-
<i>Physalaemus cuvieri</i> Fitzinger, 1826	3	-	-	3	0,3	-	-
<b>LEPTODACTYLIDAE</b>							
<i>Leptodactylus chaquensis</i> Cei, 1950	22	-	-	18	2,0	4	3,6
<i>Leptodactylus fuscus</i> (Schneider, 1799)	6	-	-	6	0,6	-	-
<i>Leptodactylus labyrinthicus</i> (Spix, 1824)	2	1	6,2	1	0,1	-	-
<i>Leptodactylus mystacinus</i> (Burmeister, 1861)	2	1	6,2	1	0,1	-	-
<i>Leptodactylus podicipinus</i> (Cope, 1862)	7	-	-	4	0,4	3	2,7
Número de indivíduos	1044	16		918		110	
Número de espécies	19	10		18		11	



**Figura 2.** Curvas de rarefação de espécies de anfíbios anuros geradas pelo estimador *Jackknife* 1 em três ambientes no município de Tangará da Serra, estado de Mato Grosso, Brasil. a) córrego no interior de floresta de galeria, b) lagoas temporárias na borda de floresta de galeria e c) represa permanente.

**Figure 2.** Rarefaction curves of amphibian anuran species generated by the estimator *Jackknife* 1 in three environments in the municipality of Tangará da Serra, Mato Grosso state, Brazil. a) stream inside gallery forest, b) temporary ponds in the edge of gallery forest, and c) permanent dam.

apenas 16 indivíduos. No sítio P2, foram registrados 918 indivíduos. No sítio P3, foram registrados 110 indivíduos (Tabela 1). Diferença significativa foi observada na abundância do sítio P2 em relação aos sítios P1 e P3 ( $F_{(2,36)} = 15,884$ ;  $p < 0,001$ ). O sítio P2 apresentou em média 65 indivíduos a mais do que os sítios P1 e P3. Não foi



**Figura 3.** Riqueza estimada (estimador *Jackknife* 1) de espécies de anfíbios anuros em três ambientes no município de Tangará da Serra, estado de Mato Grosso, Brasil. P1: córrego no interior de floresta de galeria, P2: lagoas temporárias na borda de floresta de galeria e P3: represa permanente.

**Figure 3.** Estimated species richness (estimador *Jackknife* 1) of amphibian anuran species in three environments in the municipality of Tangará da Serra, Mato Grosso state, Brazil. P1: stream inside gallery forest, P2: temporary ponds in the edge of gallery forest, and P3: permanent dam.

observada diferença significativa na abundância entre os sítios P1 e P3 (Figura 4).

Dentre as 19 espécies registradas no estudo, 95% ocorreram no sítio P2 (lagoas temporárias). Cerca de 37% das espécies ocorreram nos três sítios (*Rhinella schneideri*, *Dendropsophus minutus*, *D. nanus*, *Hypsiboas geographicus*, *H. punctatus*, *H. raniceps*, *Scinax fuscomarginatus*), 32% ocorreram em dois sítios (*Physalaemus albonotatus*, *Leptodactylus chaquensis*, *L. labyrinthicus*, *L. mystacinus*, *L. podicipinus*, *Scinax nebulosus*) e 32% ocorreram em apenas um dos sítios (*Eupemphix nattereri*, *Physalaemus centralis*, *P. cuvieri*, *Leptodactylus fuscus*, *Dendropsophus melanargyreus*, *Scinax fuscovarius*). Por meio do Teste de Espécies Indicadoras (*IndVal*) foi observado que *Dendropsophus nanus*, *Hypsiboas raniceps* e *Leptodactylus chaquensis* apresentaram forte associação com o sítio P2 (Tabela 2).

Através da ordenação das amostras dos sítios reprodutivos produzida pela ACD foi possível constatar que os sítios P2 e P3 apresentaram maior diferenciação entre si na composição de espécies, do que quando comparados ao sítio P1 (Figura 5). Este resultado é confirmado pela análise *ANOSIM* onde foi observada diferença significativa entre os sítios P2 e P3 ( $R = 0,114$ ;  $p = 0,042$ ). Por outro lado, não foram encontradas diferenças significativas entre os sítios P1 e P2 ( $R = 0,060$ ;  $p = 0,300$ ) e P1 e P3 ( $R = -0,009$ ;  $p = 0,479$ ).

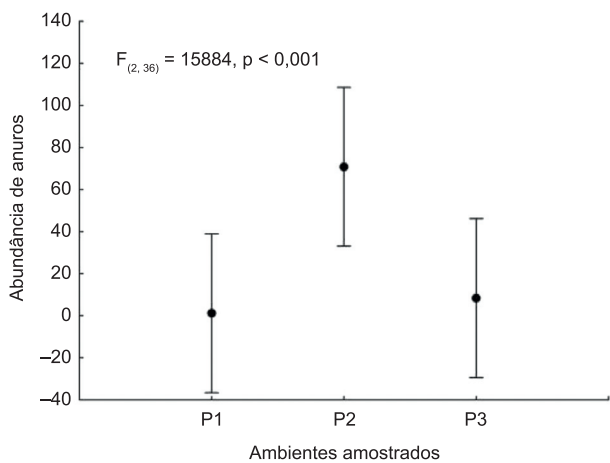
## Discussão

A taxocenose de anfíbios anuros da área estudada é composta em sua maioria (79%) por espécies amplamente distribuídas na América do Sul, frequentemente associadas a áreas antropizadas ou fitofisionomias abertas (*Rhinella schneideri*, *Dendropsophus melanargyreus*, *D. minutus*, *D. nanus*, *Hypsiboas geographicus*, *H. punctatus*, *H. raniceps*, *Scinax fuscomarginatus*, *S. nebulosus*, *Physalaemus cuvieri*, *Leptodactylus fuscus*, *L. labyrinthicus*, *L. mystacinus* e *L. podicipinus*) (Bernarde & Kokubum 1999, Vasconcelos & Rossa-Feres 2005, Santos et al. 2007, 2009). Apenas 21% das espécies estão relacionadas às formações abertas do Chaco (*Physalaemus albonotatus* e *Leptodactylus chaquensis*) e Cerrado (*Eupemphix nattereri* e *Physalaemus centralis*).

**Tabela 2.** Valor individual de indicação (*IndVal*) das espécies de anuros amostradas em três ambientes no município de Tangará da Serra, estado de Mato Grosso, Brazil.

**Table 2.** Indication individual value (*IndVal*) of the anuran species sampled in the three environments in the municipality of Tangará da Serra, Mato Grosso state, Brazil.

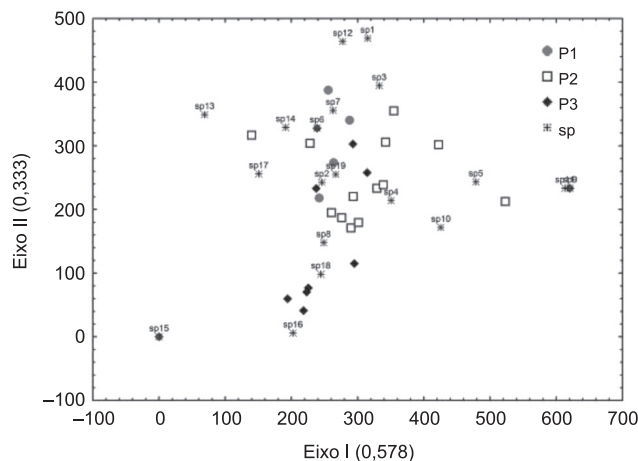
Espécies	Valor da indicação ( <i>IndVal</i> )	p	Ambiente
<i>Dendropsophus nanus</i>	58,9	0,028	P2
<i>Hypsiboas raniceps</i>	52,1	0,138	P2
<i>Leptodactylus chaquensis</i>	49,6	0,066	P2
<i>Hypsiboas geographicus</i>	40,1	0,218	P2
<i>Scinax fuscomarginatus</i>	36,6	0,164	P2
<i>Scinax nebulosus</i>	33,5	0,108	P3
<i>Hypsiboas punctatus</i>	30,8	0,303	P3
<i>Eupemphix nattereri</i>	25	0,107	P3
<i>Rhinella schneideri</i>	23,5	0,472	P2
<i>Leptodactylus fuscus</i>	23,1	0,179	P2
<i>Leptodactylus labyrinthicus</i>	19,1	0,142	P1
<i>Leptodactylus mystacinus</i>	19,1	0,142	P1
<i>Dendropsophus minutus</i>	15,5	0,264	P1
<i>Physalaemus centralis</i>	15,4	0,610	P2
<i>Physalaemus albonotatus</i>	15	0,466	P2
<i>Leptodactylus podicipinus</i>	12,7	0,749	P2
<i>Dendropsophus melanargyreus</i>	7,7	1,000	P3
<i>Scinax fuscovarius</i>	7,7	1,000	P2
<i>Physalaemus cuvieri</i>	6,9	0,878	P2



**Figura 4.** Abundância das espécies de anfíbios anuros registradas em três ambientes no município de Tangará da Serra, estado de Mato Grosso, Brasil.

**Figure 4.** Abundance of amphibian anuran species registered in three environments in the municipality of Tangará da Serra, Mato Grosso state, Brazil.

A forte tendência a estabilização das curvas de rarefação, bem como a riqueza estimada para os três sítios reprodutivos analisados, mostraram que o método de coleta empregado foi apropriado para a determinação da riqueza local, uma vez que a eficiência de captura foi de 60% para P1 (riqueza observada/observada), 79% para P2 e 80% para P3. Estudos recentes como os realizados no Alto Tocantins, Niquelândia, Goiás (29 espécies; Oda et al. 2009), região sudoeste de Goiás (36 espécies; Morais et al. 2011) e que usaram a mesma



**Figura 5.** Diagrama de ordenação da Análise de Correspondência Destendenciada (ACD) baseado na composição de espécies de anfíbios anuros em três ambientes no município de Tangará da Serra, estado de Mato Grosso, Brasil.

**Figure 5.** Ordination diagram of Detrended Correspondence Analysis (DCA) based in the composition of amphibian anuran species in three environments in the municipality of Tangará da Serra, Mato Grosso state, Brazil.

metodologia também obtiveram resultados similares, resultando a eficiência amostral do nosso estudo.

Maior número de espécies e abundância foram encontrados em corpos d'água temporários (lagoas temporárias na borda de floresta de galeria), corroborando resultados obtidos em outros estudos em regiões de clima sazonal (e.g. Prado et al. 2005, Santos et al. 2007, Vasconcelos et al. 2009), onde a maioria das espécies também utilizou corpos d'água temporários para reprodução. Williams et al. (2003)



também evidenciaram uma elevada biodiversidade em lagoas quando comparadas a rios, riachos e diques em área de agricultura.

Em nosso estudo, a não utilização de réplicas espaciais é justificada pela dificuldade de instituí-las de forma que se represente fielmente os corpos d'água com os mesmos tipos de impactos, uma vez que a variação na composição das espécies pode existir por qualquer outro fator externo desconhecido, o que poderia mascarar nossos resultados. Assim, a elevada riqueza em corpos d'água temporários quando comparados com a lagoa permanente e o córrego, concordam com os resultados obtidos em outros estudos em regiões de clima sazonal (e.g. Prado et al. 2005, Santos et al. 2007, Vasconcelos et al. 2009), onde a maioria das espécies utilizou poças temporárias para reprodução. Além disso, os ambientes temporários, onde os predadores de girinos são menos abundantes ou ausentes, podem atrair maior número de espécies de anuros que os ambientes permanentes (Smith 1983, Woodward 1983, Skelly 1997), permitindo as larvas explorarem fontes de alimento antes da colonização de insetos e peixes, enquanto ao mesmo tempo, evitam predadores (Barreto & Moreira 1996, Eterovick & Sazima 2000, Prado et al. 2005). Entretanto, Kopp & Eterovick (2006) observaram que a riqueza de espécies de girinos não foi associada ao número de tipos ou abundância de potenciais predadores de girinos em poças, sugerindo que fatores ambientais e estocásticos são mais prováveis a produzir os padrões observados de distribuição das espécies do que as interações bióticas.

Neste estudo, dois fatores não mutuamente exclusivos podem explicar a maior riqueza e composição de espécies em P2 (três lagoas temporárias na borda de floresta de galeria): 1) a heterogeneidade estrutural do habitat e 2) a plasticidade no desenvolvimento larval das espécies de anuros. O diversificado estrato vegetal (arbóreas, arbustivas e herbáceas) presente nesse ambiente possibilita a ocupação vertical do habitat pelos hilídeos que juntamente com as espécies terrestres, principalmente leiuperídeos e leptodactilídeos, contribuem para a maior diversificação e número de espécies nesse ambiente (veja Cardoso et al. 1989, Pombal 1997).

Já a plasticidade no desenvolvimento larval permite aos anuros ajustarem as taxas reprodutivas de acordo com a variação ambiental do habitat (veja Griffiths 1997). Como exemplo, anuros quando expostos a condições favoráveis (baixo risco de predação e de dessecação do habitat) apresentam um maior período larval, o qual garante tamanho de corpo maior durante a metamorfose, aprimora o sucesso de acasalamento dos machos, aumenta a probabilidade de sobrevivência durante a hibernação, diminui o tempo para a primeira reprodução e aumenta a fecundidade das fêmeas (Howard 1978, Berven 1981, 1982, 1990, Berven & Gill 1983, Pough & Kamel 1984, Smith 1987, Semlitsch et al. 1988). Por outro lado, em condições menos favoráveis (alto risco de predação e dessecação), os anuros diminuem o período larval o qual minimiza o risco acumulado de mortalidade por predação ou dessecação do habitat, mas com um custo de menor tamanho do corpo durante a metamorfose e suas desvantagens concomitantes (Leips et al. 2000). Desta forma, mesmo com eventos catastróficos de extinção em uma lagoa, a imigração de juvenis e adultos de lagoas vizinhas pode assegurar a continuidade da população (Griffiths 1997). Sendo assim, é de se esperar que P2 apresente elevada riqueza, uma vez que eventos catastróficos possam ser compensados pela plasticidade no desenvolvimento larval aliado ao fluxo gênico entre as metapopulações existentes entre os diferentes corpos d'água desta localidade.

Em contraste, a menor riqueza de espécies registrada no sítio P1 (córrego no interior de floresta de galeria) pode estar relacionada aos modos reprodutivos das espécies registradas. Segundo Duellman & Trueb (1986) em habitat sazonais com uma estação seca, o modo generalizado (onde os ovos são depositados em corpos de água

lênticos e com girinos aquáticos) é mais frequente, como evidenciado por Hoogmoed & Gorzula (1979) em região savânica na Venezuela, em que 57,7% das espécies apresentam o modo generalizado, no Cerrado, 52% das espécies (Kopp et al. 2010), no Chaco Argentino, 50% das espécies (Perotti 1997) e no Pantanal, 62,5% das espécies (Prado et al. 2005) e no presente estudo, 47% espécies apresentam modo reprodutivo generalizado.

Considerando que os corpos d'água estudados estão inseridos em área de intensa agricultura sofrendo elevado grau de perturbação antrópica, esses ambientes apresentam elevada riqueza de espécies, constituindo-se como importantes refúgios para anurofauna da região. Entretanto, as espécies registradas, de forma geral, são associadas a áreas antropizadas ou fitofisionomias abertas sendo favorecidas com a criação de ambientes artificiais como os observados neste estudo.

## Agradecimentos

Os autores agradecem os proprietários e funcionários da granja Ziane pelo apoio ao estudo; Christine Strüssmann pelas sugestões na versão preliminar do manuscrito, Rogério J. Custódio pelo auxílio nas coletas em campo, Thamy S. Ribeiro e Mariana F. Felismino pelas correções do texto em inglês, e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo suporte financeiro a F.H. Oda.

## Referências Bibliográficas

- BARRETO, L. & MOREIRA, G. 1996. Seasonal variation in age structure and spatial distribution of a savanna larval anuran assemblage in Central Brazil. *J. Herpetol.* 30:87-92. <http://dx.doi.org/10.2307/1564716>
- BERNARDE, P.S. & KOKUBUM, M.N.C. 1999. Anurofauna do município de Guararapes, Estado de São Paulo, Brasil (Amphibia, Anura). *Acta Biol. Leopoldensia* 21(1):89-97.
- BERVEN, K.A. 1981. Mate choice in the wood frog, *Rana sylvatica*. *Evolution* 35:707-722. <http://dx.doi.org/10.2307/2408242>
- BERVEN, K.A. 1982. The genetic basis of altitudinal variation in the wood frog, *Rana sylvatica*. I. An experimental analysis of life history traits. *Evolution* 36:962-983. <http://dx.doi.org/10.2307/2408075>
- BERVEN, K.A. 1990. Factors affecting population fluctuations in larval and adult stages of the wood frog (*Rana sylvatica*). *Ecology* 71:1599-1608. <http://dx.doi.org/10.2307/1938295>
- BERVEN, K.A. & GILL, D.E. 1983. Interpreting geographic variation in life-history traits. *Am. Zool.* 23:85-97.
- BRANDÃO, R.A. & ARAÚJO, A.F.B. 2001. A herpetofauna associada às matas de galeria do Distrito Federal. In *Cerrado: Caracterização e recuperação de Matas de Galeria* (J.F. Ribeiro, C.E.L. Fonseca & J.C. Sousa-Silva, eds.). Embrapa Cerrados, Planaltina, p.561-604.
- BRASIL. 1982. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SD.21 Cuiabá: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 544p.
- BURNHAM, K.P. & OVERTON, W.S. 1979. Robust estimation of population size when capture probabilities vary among animals. *Ecology* 60:927-936. <http://dx.doi.org/10.2307/1936861>
- CARDOSO, A.J., ANDRADE, G.V. & HADDAD, C.F.B. 1989. Distribuição espacial em comunidades de anfíbios (Anura) no sudeste do Brasil. *Rev. Bras. Biol.* 49(1):241-249.
- CAVALCANTI, R.B. & JOLY, C.A. 2002. Biodiversity and conservation priorities in the Cerrado region. 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.351-367.

- COLLI, G.R., BASTOS, R.P., ARAUJO, A.F.B. 2002. The character and dynamics of the Cerrado herpetofauna. In *The Cerrados of Brazil: Ecology and natural history of neotropical savanna* (P.S. Oliveira & R.J. Marquis, eds). New York: Columbia Univ. Press, p.223-241.
- CONTE, C.E. & MACHADO, R.A. 2005. Riqueza de espécies e distribuição espacial e temporal em comunidade de anfíbios anuros (Amphibia, Anura) em uma localidade do Município de Tijucas do Sul, Paraná, Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 22(4):940-948. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752005000400021>
- COLWELL, R.K., MAO, C.X. & CHANG, J. 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology* 85:2717-2727. <http://dx.doi.org/10.1890/03-0557>
- COLWELL, R.K. 2005. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. version 7.5. <http://purl.oclc.org/estimates> (último acesso em 21/05/2012).
- COURTEMANCH, D.L. 1996. Commentary on the sub-sampling procedures used for rapid bioassessments. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 15(3):381-385. <http://dx.doi.org/10.2307/1467284>
- CRUMP, M. & SCOTT JUNIOR, N.J. 1994. Standard techniques for Inventory and Monitoring. In *Measuring and Monitoring Biological Diversity* (W.R. Heyer, M.A. Donnelly, R.W. McDiarmid, L.A.C. Hayek & M.S. Foster, eds.). Smithsonian Institutions Press, Washington and London, p.84-92.
- CRUZ, J.P., LEITE, H.G., SOARES, C.P.B., CAMPOS, J.C.C., SMIT, L. & NOGUEIRA, G.S. 2008. Curvas de crescimento e de índice de local para povoamentos de *Tectona grandis* em Tangará da serra, Mato Grosso. *Rev. Árvore.* 31:669-676.
- DUELLEMAN, W.E. & TRUEB, L. 1986. *Biology of Amphibians*. New York, McGraw-Hill.
- DUELLEMAN, W.E. & TRUEB, L. 1994. *Biology of Amphibians*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- DUFRENE, M. & LEGENDRE, P. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for flexible asymmetrical approach. *Ecol. Monogr.* 67(3):345-366.
- ETEROVICK, P.C. & SAZIMA, I. 2000. Structure of an anuran community in a montane meadow in southeastern Brazil: effects of seasonality, habitat, and predation. *Amphibia-Reptilia.* 21:439-461. <http://dx.doi.org/10.1163/156853800300059331>
- GAUCH, H.G.J. 1982. *Multivariate analysis in community ecology*. Cambridge University Press, Cambridge, 298p. <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511623332>
- GIARETTA, A.A., MENIN, M., FACURE, K.G., KOKUBUM, M.N.C. & OLIVEIRA-FILHO, J.C. 2008. Species richness, relative abundance, and habitat of reproduction of terrestrial frogs in the Triângulo Mineiro region, Cerrado biome, southeastern Brazil. *Iheringia, Sér. Zool.* 98(2):181-188.
- GOTELLI, N. & 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>
- GRIFFITHS, R.A. 1997. Temporary ponds as amphibian habitats. *Aquat. Conserv.: Mar. Freshwat. Ecosyst.* 7:119-126. [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-0755\(199706\)7:2%3C119::AID-AQC223%3E3.0.CO;2-4](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1099-0755(199706)7:2%3C119::AID-AQC223%3E3.0.CO;2-4)
- HAZELL, D., CUNNINGHAM, D.L., MACKAY, B. & OSBORNE, W. 2001. Use of farm dams as frog habitat in an Australian agricultural landscape: factors affecting species richness and distribution. *Biol. Conserv.* 102:155-169. [http://dx.doi.org/10.1016/S0006-3207\(01\)00096-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0006-3207(01)00096-9)
- HERRMANN, H.L., BABBITT, K.J., BABER, M.J. & CONGALTON, R.G. 2005. Effects of landscape characteristics on amphibian distribution in a forest-dominated landscape. *Biol. Conserv.* 123:139-149. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2004.05.025>
- HILL, M.O. & GAUCH JUNIOR, H.G. 1980. Detrended Correspondence analysis: an improved ordination technique. *Vegetation* 42:47-58. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00048870>
- HOOGLMOED, M. & GORZULA, S. 1979. Checklist of the savanna inhabiting frogs of the El Manteco region with notes on their ecology and the description of a new species of tree frog (Hylidae, Anura). *Leiden, Zool. Meded.* 54:183-216.
- HOWARD, R.D. 1978. The evolution of mating strategies in bullfrogs, *Rana catesbeiana*. *Evolution* 32:850-871. <http://dx.doi.org/10.2307/2407499>
- KNUTSON, M.G., SAUER, J.R., OLSEN, D.A., MOSSMAN, M.J., HEMESATH, L.M. & LANNOO, M.J. 1999. Effects of landscape composition and wetland fragmentation on frog and toad abundance and species richness in Iowa and Wisconsin, U.S.A. *Conserv. Biol.* 13(6):1437-1446. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1523-1739.1999.98445.x>
- KOPP, K. & ETEROVICK, P. 2006. Factors influencing spatial and temporal structure of frog assemblages at ponds in southeastern Brazil. *J. Nat. Hist.* 40:1813-1830. <http://dx.doi.org/10.1080/00222930601017403>
- KOPP, K., SIGNORELLI, L. & BASTOS, R.P. 2010. Distribuição temporal e diversidade de modos reprodutivos de anfíbios anuros no Parque Nacional das Emas e entorno, estado de Goiás, Brasil. *Iheringia, Sér. Zool.* 100:192-200. <http://dx.doi.org/10.1590/S0073-47212010000300002>
- LEIPS, J., McMANUS, M.G. & TRAVIS, J. 2000. Response of Treefrog Larvae To Drying Ponds: Comparing Temporary and Permanent Pond Breeders. *Ecology* 81:2997-3008. [http://dx.doi.org/10.1890/0012-9658\(2000\)081\[2997:ROTLTD\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1890/0012-9658(2000)081[2997:ROTLTD]2.0.CO;2)
- MELO, A.S. & HEPP, L.U. 2008. Ferramentas estatísticas para análise de dados provenientes de biomonitoramento. *Oecol. Bras.* 12(3):463-486.
- MORAIS, A.R., SIGNORELLI, L., GAMBALE, P.G., KOPP, K., NOMURA, F., GUIMARÃES, L.D., VAZ-SILVA, W., RAMOS, J. & BASTOS, R.P. 2011. Anfíbios anuros associados a corpos d'água do sudoeste do estado de Goiás (Brasil). *Biota Neotrop.* 11(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n3/pt/abstract?inventory+bn03611032011> (último acesso em 20/05/2012).
- NOGUEIRA, C., COLLI, G.R. & MARTINS, M. 2009. Local richness and distribution of the lizard fauna in natural habitat mosaics of the Brazilian Cerrado. *Austral Ecol.* 34:83-96. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1442-9993.2008.01887.x>
- ODA, F.H., BASTOS, R.P. & SÁ LIMA, M.A.D.C. 2009. Taxocenose de anfíbios anuros no Cerrado do Alto Tocantins, Niquelândia, Estado de Goiás: diversidade, distribuição local e sazonalidade. *Biota Neotrop.* 9(4): <http://www.biotaneotropica.org.br/v9n4/en/abstract?inventory+bn03609042009> (último acesso em 19/05/2012).
- OLDEN, J.D., POFF, N.L., DOUGLAS, M.R., DOUGLAS, M.E. & FAUSCH, K.D. 2004. Ecological and evolutionary consequences of biotic homogenization. *Trends Ecol. Evol.* 19:18-24. [10.1016/j.tree.2003.09.010](http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2003.09.010)
- 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, eds.). Columbia University Press, Irvington.
- PEROTTI, M.G. 1997. Reproductive modes and quantitative reproductive parameters of an anuran assemblage from the semiarid Chaco, Salta, Argentina. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 70:277-288.
- POMBAL JR, J.P. 1997. Distribuição espacial e temporal de anuros (Amphibia) em uma poça permanente na Serra de Paranapiacaba, sudeste do Brasil. *Rev. Bras. Biol.* 57(4):583-594.
- POUGH, F.H. & KAMEL, S. 1984. Post-metamorphic change in activity metabolism of anurans in relation to life history. *Oecologia.* 65:138-144. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00384476>
- PRADO, C.P.A., UETANABARO, M. & HADDAD, C.F.B. 2005. Breeding activity patterns, reproductive modes, and habitat use by anurans (Amphibia) in a seasonal environment in the Pantanal, Brasil. *Amphibia-Reptilia* 26:211-221. <http://dx.doi.org/10.1163/1568538054253375>

- SANTOS, A.J. 2004. Estimativa de riqueza em espécies. In Métodos de Estudo em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre (L. Cullen, R. Rudran & C. Valladares-Padua, eds.). Editora UFPR, Curitiba, p.19-41.
- SANTOS, A.J. 2006. Estimativas de riqueza em espécies. In Métodos de estudo em Biologia da Conservação & Manejo da Vida Silvestre (L. Cullen, R. Rudran, & C. Valladares-Padua, Eds.). Editora da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, p.19-43.
- SANTOS, T.G., ROSSA-FERES, D.C. & CASATTI, L. 2007. Diversidade e distribuição espaço-temporal de anuros em região com pronunciada estação seca do sudeste do Brasil. *Iheringia, Sér. Zool.* 97(1):37-49.
- 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.* 43:973-993. <http://dx.doi.org/10.1080/00222930802702498>
- SEMLITSCH, R.D & WILBUR, H.M. 1988. Effects of pond drying time on metamorphosis and survival in the salamander *Ambystoma talpoideum*. *Copeia* 1988:978-983. <http://dx.doi.org/10.2307/1445721>
- SKELLY, D.K. 1997. Pond permanence and predation are powerful forces shaping the structure of tadpole communities. *Tadpole communities.* *Am. Sci.* 85:36-45.
- SMITH, D.C. 1983. Factors controlling tadpole populations of the chorus frog (*Pseudacris triseriata*) on Isle Royale, Michigan. *Ecology* 64(3):501-510. <http://dx.doi.org/10.2307/1939970>
- SMITH, D.C. 1987. Adult recruitment in chorus frogs: effects of size and date at metamorphosis. *Ecology* 68:344-350. <http://dx.doi.org/10.2307/1939265>
- SOARES-FILHO, B.S., NEPSTAD, D., CURRAN, L., VOLL, E., CERQUEIRA, G., GARCIA, R.A., RAMOS, C.A., MCDONALD, A., LEFEBVRE, P. & SCHLESINGER, P. 2006. Modeling conservation in the Amazon basin. *Nature* 440:520-523. <http://dx.doi.org/10.1038/nature04389>
- SOARES, J.L. & NOGUEIRA, A.C.R. 2008. Depósitos carbonáticos de Tangará da Serra-MT: Uma nova ocorrência de capa carbonática neoproterozóica no sul do Cráton Amazônico. *Rev. Bras. Geoc.* 38:722-739.
- TER BRAAK, C.J.F. 1995. Ordination. In *Data analysis in community and landscape ecology* (R.H.G. Jongman, C.J.F. Ter Braak & O.F.R. Van Tongeren, eds.). Cambridge University Press, Cambridge, p.91-173.
- VASCONCELOS, T.S. & ROSSA-FERES, D.C. 2005. Diversidade, distribuição espacial e temporal de anfíbios anuros (Amphibia, Anura) na região noroeste do estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotrop.* 5(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v5n2/pt/abstract?article+BN01705022005> (último acesso em 19/05/2012).
- VASCONCELOS, T.S., SANTOS, T.G., ROSSA-FERES, D.C. & HADDAD, C.F.B. 2009. Influence of the environmental heterogeneity of breeding ponds on anuran assemblages from southeastern Brazil. *Can. J. Zool.* 87:699-707. <http://dx.doi.org/10.1139/Z09-058>
- WELLS, K.D. 2007. *The ecology and behavior of amphibians.* University of Chicago Press, Chicago. <http://dx.doi.org/10.7208/chicago/9780226893334.001.0001>
- WILLIAMS, P., WHITFIELD, M., BIGGS, J., BRAY, S., FOX, G., NICOLET, P. & SEAR, D. 2003. Comparative biodiversity of rivers, streams, ditches and ponds in an agricultural landscape in Southern England. *Biol. Conserv.* 115:329-341. [http://dx.doi.org/10.1016/S0006-3207\(03\)00153-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0006-3207(03)00153-8)
- WOODWARD, B.D. 1983. Predator-prey interactions and breeding pond use of temporary pond species in a desert anuran community. *Ecology* 64:1549-1555. <http://dx.doi.org/10.2307/1937509>
- ZAR, J.H. 1999. *Biostatistical analysis.* New Jersey, Prentice Hall, 929p.
- ZIMMERMAN, B.L. 1994. Audio strip transects. In *Measuring and Monitoring Biological Diversity* (W.R. Heyer, M.A. Donnelly, R.W. McDiarmid, L.A.C. Hayek & M.S. Foster, eds.). Smithsonian Institutions Press, Washington and London, p.92-97.

Recebido em 24/07/2012

Versão reformulada recebida em 12/12/2012

Publicado em 12/03/2013

## Species of Geotrupidae (Coleoptera: Scarabaeoidea) in Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brazil

Sérgio Roberto Rodrigues<sup>1,3</sup> & Anderson Puker<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS, Rod. Aquidauana – Cera, Km 12, CEP 79200-000, Aquidauana, MS, Brasil

<sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Entomologia, Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Viçosa – UFV, CEP 36570-000, Viçosa, MG, Brasil

<sup>3</sup>Corresponding author: Sérgio Roberto Rodrigues, e-mail: sergio@uemms.br

RODRIGUES, S.R. & PUKER, A. **Species of Geotrupidae (Coleoptera: Scarabaeoidea) in Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brazil.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?short-communication+bn00513012013>

**Abstract:** Coleoptera of the family Geotrupidae play an important ecological role in the decomposition of animal and plant organic matter. In Brazil there is little information on the diversity and distribution of this group, thus, this work had a purpose to study Geotrupidae species, occurring in Aquidauana, MS. A survey for geotrupids was conducted in Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brazil. Beetles were captured using a light trap over a period of two years, from January 2006 to December 2007. A total of 907 specimens were collected and identified to eight species. From the subfamily Bolboceratinae, the species identified were *Bolbapium minutum* (Luederwaldt, 1929) and *Pereirabolbus castaneus* (Klug, 1845). In the subfamily Athyreinae the species identified were *Athyreus bilobus* Howden & Martínez, 1978, *Parathyreus* aff. *bahiae*, *Neoathyreus* aff. *julietae*, *N. sexdentatus* Laporte, 1840, *N. centromaculatus* (Felsche, 1909) and *N. goyasensis* (Boucomont, 1902). Four species (*A. bilobus*, *N. centromaculatus*, *N. goyasensis* and *P. castaneus*) are reported for the first time in Aquidauana, MS, Brazil. The most abundant species, representing 85.9% of the total capture, was *B. minutum*. The greatest numbers of specimens was caught from October to December of both years of the study.

**Keywords:** *athyreinae*, *bolboceratinae*, *insect ecology*, *insecta*.

RODRIGUES, S.R. & PUKER, A. **Espécies de Geotrupidae (Coleoptera, Scarabaeoidea) em Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brasil.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?short-communication+bn00513012013>

**Resumo:** Os coleópteros da família Geotrupidae desempenham importante função ecológica na decomposição de matéria orgânica de origem animal e vegetal. No Brasil, escassas são as informações sobre distribuição e diversidade desse grupo, assim o objetivo do presente trabalho foi relacionar as espécies de Geotrupidae ocorrentes em Aquidauana, MS. Os estudos com Geotrupidae foram conduzidos em Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brasil. Para realizar a coleta dos insetos foi utilizada uma armadilha de luz, instalada de janeiro de 2006 a dezembro de 2007. Foram coletados 907 espécimes de Geotrupidae sendo identificadas oito espécies. Na subfamília Bolboceratinae foram identificados *Bolbapium minutum* (Luederwaldt, 1929) e *Pereirabolbus castaneus* (Klug, 1845). Na subfamília Athyreinae foram identificados *Athyreus bilobus* Howden & Martínez, 1978, *Parathyreus* aff. *bahiae*, *Neoathyreus* aff. *julietae*, *N. sexdentatus* Laporte, 1840, *N. centromaculatus* (Felsche, 1909) e *N. goyasensis* (Boucomont, 1902). Quatro espécies (*A. bilobus*, *N. centromaculatus*, *N. goyasensis* e *P. castaneus*) são reportadas pela primeira vez em Aquidauana, MS, Brasil. *Bolbapium minutum* foi a espécie mais abundante, representando 85,9% do total de insetos coletados, e a maior quantidade amostrada concentra-se de outubro a dezembro.

**Palavras-chave:** *athyreinae*, *bolboceratinae*, *ecologia de insetos*, *insecta*.



## Introduction

Geotrupid beetles (Coleoptera: Scarabaeoidea) are represented by 68 genera and about 620 species worldwide (Scholtz & Brownw, 1996) and many can be found in Brazil. Howden (1985a), when reviewing *Neoathyreus* Howden & Martínez, 1963, listed 44 species in South America, where 23 of these occur in Brazil. In this genus, Howden (2006) described five more new species including *Neoathyreus moraguesi* Howden occurring in Brazil. *Neoathyreus braziliensis* Howden, 1985 was registered in the northern region of the state of Paraná by Ronqui & Lopes (2006).

Howden & Martínez (1978) conducted a review of the genus *Athyreus* Macleay and reported 31 species, of which 19 occur in Brazil. Additionally, Howden (1999, 2002) described more two species, *A. nebulosus* and *A. mouraensis*, both collected in the state of Amazonas, Brazil.

In *Parathyreus* Howden & Martínez, 1963, Howden (1985b) revised the genus including in it more two new species, *P. lobatus* and *P. rectus*. He also redescribed *P. trituberculatus* Howden & Martínez, 1963, *P. fissicollis* Howden & Martínez, 1978 and *P. bahiae* Howden & Martínez, 1978, and also reported the many locality records of these species in Brazil.

According to Martínez (1976), 12 species of *Bolbapium* Boucomont, 1910, can be found in South America and of these, the following species occur in Brazil: *B. bigibbosum* (Luederwaldt, 1929), *B. borgmeieri* Martínez, 1976, *B. lucidulum* (Klug, 1845), *B. minutum* (Luederwaldt, 1929), *B. parcepunctatum* (Arrow, 1913), *B. quadrispinosum* (Luederwaldt, 1929), *B. sculpturatum* (Mannerheim, 1829) and *B. striatopunctatum* (Laporte, 1840). Ide & Martínez (1993), described two more species with *B. paralucidulum* registered to Brazil, Argentina and Uruguay, and *B. sulcifrons* from Brazil.

The subfamilies of Geotrupidae occurring in Brazil (Athyreinae and Bolboceratinae) are known to feed primarily on underground fungi, as well as plant leaves that are carried into underground tunnels (Howden 1955, Howden et al. 2007). In Brazil, the diversity and population dynamics of these beetles is still poorly known, and therefore this study was developed to better understand the family Geotrupidae in Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brazil.

## Materials and Methods

The study was conducted at the Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS) in Aquidauana, MS, Brazil. The experimental area of the UEMS on the farm where the experiment was conducted, has about 10 hectares, and has cultivated the grass *Brachiaria decumbens* Stapf cv. Basilisk (Poaceae). Behind this area

there is a sector of agriculture where it is cultivated with cereals and legumes. Surrounding the experimental area at a distance of about 1 km, the native vegetation is savannah. All the studied materials were captured with one light trap operating every day from January 2006 to December 2007. The trap utilized an attractive 20-watt fluorescent lamp and was one meter above the ground. The trap remained on from 6:00 PM until 6:00 AM the next day, at which time the insects were collected.

Geotrupidae specimens were deposited in the insect collection at the Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul in Aquidauana, MS, Brazil and in the entomological collection of the Universidade Federal do Mato Grosso, in Cuiabá, Mato Grosso.

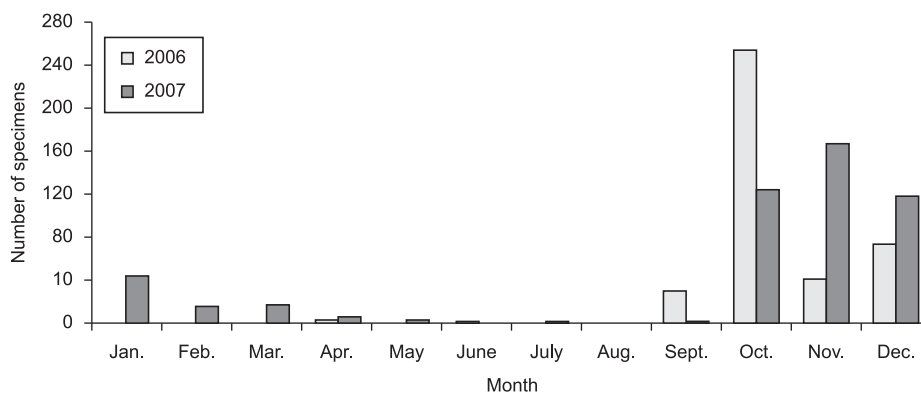
## Results and Discussion

A total of 907 specimens of Geotrupidae were captured in the two years of sampling. In 2006 a total of 408 specimens were collected, in which the greatest abundance of beetles was registered from September to December. In October 255 specimens were captured (62.5%), which is the largest amount during the year (Figure 1). A total of 499 specimens were captured in 2007, where the greatest quantities were obtained from October to December, being November the month in which the greatest number was captured, 167 specimens (33.5%) (Figure 1).

From the specimens captured, representatives of Athyreinae and Bolboceratinae were identified, belonging to five genera and eight species (Table 1). From Athyreinae those identified were *Athyreus bilobus* Howden & Martínez, 1978, *Neoathyreus* aff. *julietae*, *Neoathyreus sexdentatus* (Laporte, 1840), *N. centromaculatus* (Felsche, 1909), *N. goyasensis* (Boucomont, 1902) and *Parathyreus* aff. *bahiae*, while from Bolboceratinae were *Bolbapium minutum* (Luederwaldt, 1929) and *Pereirabolbus castaneus* (Klug, 1843) (Table 1).

From *Athyreus* a single specimen of *A. bilobus* was collected in February of 2007. Distribution of this species is reported to Paraguay and Brazil (states of Goiás, Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro and São Paulo) (Howden 1978), thus being reported for the first time in the state of Mato Grosso do Sul.

A specimen of *Neoathyreus centromaculatus* was captured in May 2007. Its occurrence has been reported in Bolivia, Paraguay and Brazil in the states of Goiás and Pará (Howden 1985a), therefore this is first record for the state of Mato Grosso do Sul. In 2006, 41 specimens of *N. goyasensis* were captured. A total of 28 specimens were collected in 2007. From this study, knowledge on the distribution of this species is amplified since it has been reported only for the state of Goiás (Brazil) (Howden 1985a).

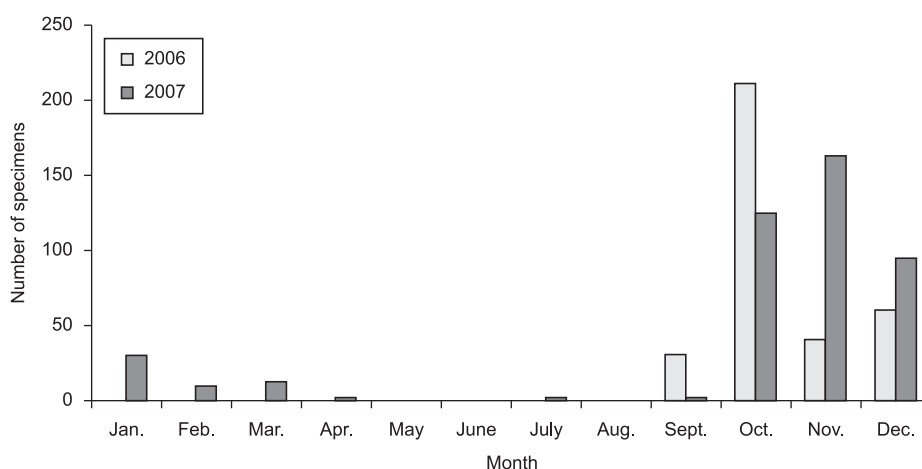


**Figure 1.** Abundance of Geotrupidae (Coleoptera: Scarabaeoidea) captured from January 2006 to December 2007.

**Table 1.** Total and relative abundance of species of Geotrupidae (Coleoptera: Scarabaeoidea) captured from January 2006 to December 2007.

Subfamily/Species	2006	2007	Total	Relative abundance (%)
<b>Athyreinae</b>				
<i>Athyreus bilobus</i> Howden & Martínez, 1978*	-	1	1	0.11
<i>Parathyreus</i> aff. <i>Bahiae</i>	2	13	15	1.65
<i>Neoathyreus</i> aff. <i>julietae</i>	14	11	25	2.76
<i>Neoathyreus sexdentatus</i> (Laporte, 1840)	8	6	14	1.54
<i>Neoathyreus centromaculatus</i> (Felsche, 1909)*	-	1	1	0.11
<i>Neoathyreus goyasensis</i> (Boucomont, 1902)*	41	28	69	7.61
<b>Bolboceratinae</b>				
<i>Bolbapium minutum</i> (Luederwaldt, 1929)	343	436	779	85.89
<i>Pereirabolbus castaneus</i> (Klug, 1843)*	-	3	3	0.33
<b>Total</b>	<b>408</b>	<b>499</b>	<b>907</b>	<b>100</b>

\*Reported for the first time in the state of Mato Grosso do Sul.

**Figure 2.** Abundance of *Bolbapium minutum* (Luederwaldt, 1929) captured from January 2006 to December 2007.

Fourteen specimens of *Neoathyreus* aff. *julietae* were captured in 2006. In 2007, 11 specimens were collected. *Neoathyreus julietae* Howden, 2006 is also distributed in Bolivia and Peru (Howden 2006). A total of 14 specimens of *N. sexdentatus* were captured during the two years of study. According to Howden (1985a), this species has previously been encountered in Argentina, Paraguay and Brazil (states of Espírito Santo, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Pará and Rondônia). Two specimens of *Parathyreus* aff. *bahiae* were collected in 2006. In 2007 this number increased to 13. In Brazil, *P. bahiae* (Arrow, 1913) occurs in Bahia, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Rio de Janeiro and São Paulo, as well as in Paraguay (Howden 1985b).

Despite presenting only two species of Bolboceratinae (*Bolbapium minutum* and *Pereirabolbus castaneus*), the highest percentage of sampled specimens belong to this subfamily. In 2006, 408 specimens were captured, 343 (84.1%) represented by *B. minutum* and of the 499 specimens captured in 2007, 436 (87.4%) were also of this species. Therefore, the population dynamics of Geotrupidae sampled in Aquidauana, is principally influenced by the dynamics of *B. minutum*, given that 85.9% of the specimens are of this species.

Considering the two years of sampling, *B. minutum* was registered from January to April, in July and from September to December (Figure 2). This species was originally described as *Bolboceras minutum* by Luederwaldt (1929), from specimens collected in the state of Mato Grosso (Brazil). Very little information is available on the distribution of representatives of *Bolbapium*, but the presence of *B. sculpuratum*

(Mannerheim, 1829) is reported in the Brazilian state of Paraná, where it was also captured using a light trap (Ronqui & Lopes 2006).

Three specimens of *P. castaneus* were sampled in this study, two in November and one in December of 2007. The occurrence of this species was limited to the hot and humid period (Spring) in Aquidauana. This species was originally described as *Bolboceras castaneum* by Klug (1843) from Brazilian specimens. The present study is the first record of its occurrence in Mato Grosso do Sul.

In conclusion, this study reported eight species of the family Geotrupidae living in pastures or area around, in Aquidauana, MS. Four species were recorded for the first time in the state of Mato Grosso do Sul, adding to the knowledge of the geographic distribution of this group.

## Acknowledgments

To Dr. Fernando Zagury Vaz-de-Mello (UFMT, Brazil) for identification of the Geotrupidae species. To Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT) by financial support. The anonymous reviewers for the valuable corrections and suggestions on the preliminary versions of this manuscript.

## References

- HOWDEN, H.F. 1955. Biology and taxonomy of north american beetles of the subfamily Geotrupinae with revision of the genera *Bolbocerosoma*, *Eucanthus*, *Geotrupes* and *Peltotrupes*. Proc. Unit. Stat. Nat. Mus. 104:151-319. <http://dx.doi.org/10.5479/si.00963801.104-3342.151>

- HOWDEN, H.F. 1985a. A revision of the South American species in the genus *Neoathyreus* Howden and Martínez (Coleoptera, Scarabaeidae, Geotrupinae). Cont. Amer. Ent. Inst. 21(4):1-95.
- HOWDEN, H.F. 1985b. A revision of the South American genus *Parathyreus* Howden and Martínez (Coleoptera: Scarabaeidae: Geotrupinae). Coleop. Bull. 39(2):161-173.
- HOWDEN, H.F. 1999. New species of central and south american Athyreini (Coleoptera: Scarabaeidae: Geotrupinae). Coleop. Bull. 53(4):339-354.
- HOWDEN, H.F. 2002. The *Athyreus tribuliformis* Felsche complex with descriptions of three new species (Coleoptera: Scarabaeoidea: Geotrupidae: Athyreini). Entom. 17(1):25-35.
- HOWDEN, H.F. 2006. New species and a new subgenus of South American *Neoathyreus* Howden and Martínez (Coleoptera: Geotrupidae: Athyreini). Zootaxa 1137:37-52.
- HOWDEN, H.F. & MARTÍNEZ, A. 1978. A review of the new of the new world genus *Athyreus* Macleay (Scarabaeidae, Geotrupinae, Athyreini). Contrib. Amer. Entom. Inst. 15(4):1-70.
- HOWDEN, H.F., HOWDEN, A.T. & HOLLOWAY, G. 2007. Digging down under: Australian Bolboceratini, their habits and a list of species (Coleoptera: Scarabaeoidea: Geotrupidae). Zootaxa 1499:47-59.
- IDE, S. & MARTÍNEZ, A. 1993. Two new species of *Bolbapium* Boucomont, 1919 (Coleoptera, Geotrupidae, Bolboceratinae). Rev. Bras. Ent. 37(2):369-385.
- LUEDERWALDT, H. 1929. Três novas espécies do gênero *Bolboceras* (Col. Lamellicornia. Geotrupidae). Bol. Mus. Nac. 5(1):71-72.
- MARTÍNEZ, A. 1976. Contribucion al conocimiento de los Bolboceratini sudamericanos (Coleoptera, Scarabaeidae, Geotrupinae, Bolboceratini). Stud. Ent. 19(1-4):531-551.
- RONQUI, D.C. & LOPES, J. 2006. Composição e diversidade de Scarabaeoidea (Coleoptera) atraídos por armadilha de luz em área rural no norte do Paraná, Brasil. Iheringia Sér. Zool. 96(1):103-108.
- SCHOLTZ, C.H. & BROWNE, D.J. 1996. Polyphyly in the Geotrupidae (Coleoptera: Scarabaeoidea): a case for a new family. J. Nat. Histor. 30(4):597-614. <http://dx.doi.org/10.1080/00222939600770311>

Received 23/02/2012

Revised 12/12/2012

Accepted 09/01/2013

## Fauna de formigas (Hymenoptera: Formicidae) atraídas a armadilhas subterrâneas em áreas de Mata Atlântica

Carmen Júlia de Figueiredo<sup>1</sup>, Rogério Rosa da Silva<sup>2</sup>,

Catarina de Bortoli Munhae<sup>3</sup> & Maria Santina de Castro Morini<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>Núcleo de Ciências Ambientais – NCA, Laboratório de Mirmecologia, Universidade de Mogi das Cruzes – UMC, Av. Dr. Cândido Xavier de Almeida e Souza, 200, CEP 08701-970, Mogi das Cruzes, SP, Brasil. [www.umc.br](http://www.umc.br)

<sup>2</sup>Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo – USP, Av. Nazaré, 481, Ipiranga, CEP 04263-000, São Paulo, SP, Brasil. [www.mz.usp.br](http://www.mz.usp.br)

<sup>3</sup>Centro de Estudos de Insetos Sociais, Universidade Estadual Paulista – UNESP, CEP 13506-900, Rio Claro, SP, Brasil. [www.unesp.br](http://www.unesp.br)

<sup>4</sup>Autor para correspondência: Maria Santina de Castro Morini, e-mail: [mscmorini@gmail.com](mailto:mscmorini@gmail.com)

FIGUEIREDO, C.J., SILVA, R.R., MUNHAE, C.B. & MORINI, M.S.C. **Ant fauna (Hymenoptera: Formicidae) attracted to underground traps in Atlantic Forest.** *Biota Neotrop.* (13)1: <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?article+bn01413012013>

**Abstract:** This study aimed at evaluating the composition of ant fauna that forage below the soil surface of the Atlantic Forest areas in advanced stage of regeneration. Two similar areas regarding the soil's abiotic characteristics were studied; one in the Serra do Mar and the other in the Serra do Itapeti formations, state of São Paulo, Brazil. Twenty sets of three subterranean traps containing attractive baits were distributed every two months in each area, placed in 30 cm deep holes 20 m equidistant from each other. The traps remained in field for 24 hours. A total of seven subfamilies, 16 genera and 42 morphospecies/species were recorded. Three of these species, *Acanthostichus quadratus*, *Labidus coecus* and *L. mars* can be considered cryptobiotic. The observed richness does not differ through the sampling months and communities are similar regardless of season. There was a record of a new species of the genus *Megalomyrmex*, and some taxa usually not collected as *Acanthostichus*. The results demonstrate the importance of studies on the fauna that forages below the soil surface to the taxonomy, given the potential to reveal new and rarely sampled species.

**Keywords:** richness, new species, seasonal variation, communities, hypogaecic ants.

FIGUEIREDO, C.J., SILVA, R.R., MUNHAE, C.B. & MORINI, M.S.C. **Fauna de formigas (Hymenoptera: Formicidae) atraídas a armadilhas subterrâneas em áreas de Mata Atlântica.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?article+bn01413012013>

**Resumo:** Este estudo teve como objetivo avaliar a composição da fauna de formigas que forrageia abaixo da superfície do solo de áreas de Floresta Atlântica em estágio avançado de regeneração. Foram estudadas duas áreas similares em relação às características abióticas do solo, sendo uma localizada na Serra do Mar e a outra na Serra do Itapeti, ambas no Estado de São Paulo, Brasil. Em cada área foram distribuídos, a cada dois meses, 20 conjuntos de três armadilhas subterrâneas, contendo iscas atrativas, em buracos de 30 cm de profundidade, e equidistantes 20 m um do outro. As armadilhas permaneceram no campo por 24 horas. Foram registradas no total sete subfamílias, 16 gêneros e 42 morfoespécies/espécies. Três destas espécies, *Acanthostichus quadratus*, *Labidus coecus* e *L. mars*, podem ser consideradas criptobióticas. A riqueza observada não difere em relação aos meses de coleta e, independentemente da época do ano, as comunidades são similares. Houve registro de uma espécie nova pertencente ao gênero *Megalomyrmex*, além de táxons normalmente pouco coletados, como *Acanthostichus*. Os resultados demonstram a importância de estudos sobre a fauna que forrageia abaixo da superfície do solo para a taxonomia, dado seu potencial para revelar novas espécies ou pouco representadas em coleções.

**Palavras-chave:** riqueza, nova espécie, variação sazonal, comunidades, formigas hipogeicas.



## Introdução

As formigas representam somente 2% da fauna de insetos descrita, porém podem constituir mais de 30% da biomassa de animais das florestas tropicais, savanas, campos e outros habitats importantes do planeta (Ellwood & Foster 2004, Wilson & Hölldobler 2005).

A maior parte das espécies conhecidas habita o solo e/ou serapilheira (Wall & Moore 1999), sendo que nas florestas tropicais cerca de 50% da fauna de formigas pode estar associada à serapilheira (Delabie & Fowler 1995). A fauna que forrageia e nidifica abaixo da superfície do solo (conhecida como fauna subterrânea), é considerada importante para estudos de biodiversidade das florestas tropicais (Longino et al. 2002, Fisher & Robertson 2002), e uma nova fronteira em inventários sobre biodiversidade (Wilkie et al. 2007, Andersen & Brault 2010); embora seja pouco estudada (Schmidt & Solar 2010). Essa lacuna no conhecimento é, em parte, atribuída à escassez de técnicas de coleta adequadas (Wilkie et al. 2007, Tschinkel 2010, Schmidt & Solar 2010), já que os membros das colônias destas formigas passam a maior parte do ciclo de vida em ninhos e cavidades, e somente os alados vêm à superfície no período reprodutivo (Silva & Silvestre 2004).

Estudos sistemáticos para caracterizar a fauna de formigas que forrageia abaixo da superfície do solo, revelaram espécies não amostradas pelas técnicas comumente empregadas em trabalhos sobre a fauna epigéica (Longino et al. 2002, Morini et al. 2004, Silva & Silvestre 2004, Wilkie et al. 2007, Andersen & Brault 2010, Schmidt & Solar 2010, Pacheco & Vasconcelos 2012), incluindo espécies de gêneros considerados muito comuns como *Brachymyrmex* e *Solenopsis* (Lubertazzi & Tschinkel 2003).

Considerando relativamente pequeno o número de estudos sobre as formigas que forrageiam abaixo da superfície do solo e o potencial para revelar novidades taxonômicas, este trabalho tem como objetivo descrever a composição dessa fauna na Floresta Ombrófila Densa. Para o nosso conhecimento, esse é o levantamento local mais extensivo aplicado a este tipo de fauna no Bioma Mata Atlântica. Além disso, pretendemos dar um aporte à coleção regional da fauna de formigas do Alto Tietê, cujas espécies são, na maioria, de serapilheira.

## Material e Métodos

### 1. Áreas de estudo

O trabalho foi realizado em duas áreas de Floresta Ombrófila Densa (Veloso et al. 1991) em estágio avançado de regeneração, sendo uma pertencente à Serra do Mar (Parque das Neblinas – PN; S 23° 44' 51" e O 46° 08' 39") e a outra à Serra do Itapeti (Parque Natural Municipal Francisco Affonso de Mello – PNMFM; S 23° 29' 22" e O 46° 11' 55") (Figura 1), ambas localizadas no Estado de São Paulo, Brasil.

O solo das Serras do Mar e do Itapeti é similar, pois possui textura argilosa, baixos valores de pH, alto teor de matéria orgânica, baixos valores de cátions trocáveis e índices elevados de alumínio e hidrogênio (Manna de Deus et al. 1995, Tomasulo & Cordeiro 2000, Pádua et al. 2004).

### 2. Coleta e identificação de formigas

As formigas foram coletadas a cada dois meses ao longo de um ano, em armadilhas confeccionadas com frascos de filme perfurado com um diâmetro de três milímetros (Morini et al. 2004), contendo três tipos de iscas atrativas: sardinha amassada juntamente com o óleo da conserva (1 cm<sup>3</sup>), salsicha do tipo Viena (1 cm<sup>3</sup>), também amassada e mel silvestre (1 cm<sup>3</sup>). Foram usados diferentes tipos de

iscas atrativas com o intuito de capturar o maior número de espécies de formigas que forrageiam abaixo da superfície do solo.

Em cada área de estudo foram perfurados (com uma escavadeira manual) 20 buracos no solo, de 30 cm de profundidade cada, equidistantes 20 m um do outro, uma semana antes do experimento. Neste momento, toda a serapilheira do entorno de cada ponto amostral foi retirada para evitar a interferência das formigas desse estrato no registro da fauna que forrageia abaixo da superfície do solo. Em cada buraco foi colocado um conjunto de três frascos perfurados, contendo as diferentes iscas; cada buraco foi vistoriado e limpo antes de receberem as armadilhas.

Cada conjunto de frascos foi coberto por algodão hidrófobo e por plástico escuro resistente; não houve recolocação da terra retirada (Figura 2). Após 24 horas as armadilhas foram retiradas, separadas por ponto de coleta e por isca e colocadas em sacos plásticos devidamente etiquetados. Este procedimento foi repetido em todas as expedições de coleta.

O material foi inicialmente separado em subfamílias de acordo com a proposta de Bolton (2003), identificado em nível de gêneros e nomeado de acordo com Bolton et al. (2006); exceto para o grupo de gêneros de *Prenolepis* que segue a classificação de LaPolla et al. (2010). Em seguida, o material foi separado em morfoespécies por meio da comparação com os espécimes da coleção de Formicidae do Alto Tietê (Universidade de Mogi das Cruzes). Os códigos para as morfoespécies seguem a referida coleção. As espécies foram identificadas por comparação com exemplares depositados no Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP) e com literatura pertinente. Os vouchers foram depositados na Universidade de Mogi das Cruzes (SP) e MZUSP.

### 3. Análise de dados

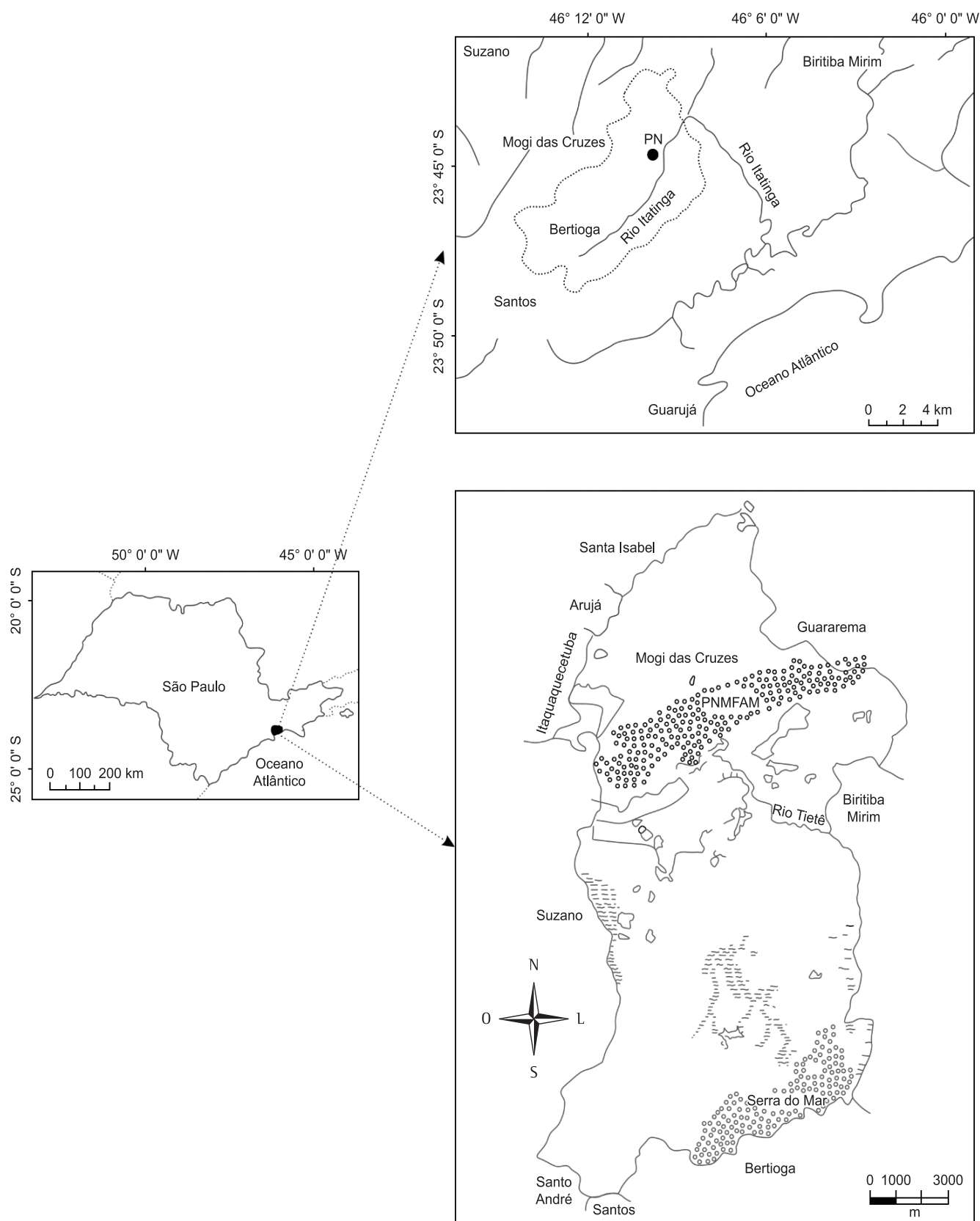
Todas as espécies atraídas às iscas foram incluídas nas análises e, portanto, classificadas como espécies que empregam forrageamento subterrâneo, exclusiva ou alternativamente. Matrizes de presença ou ausência foram construídas. A presença de uma espécie foi codificada como um e a ausência como zero. Cada ponto de coleta (n = 20), independentemente do tipo de isca, foi considerado uma unidade amostral (isto é, os dados das três iscas atrativas foram somados). Usamos o teste de Kruskal-Wallis para avaliar se há diferenças de riqueza entre os meses de coleta e a riqueza observada em cada ponto amostral.

Para avaliar se existe variação na composição de espécies ao longo do ano, os dados foram divididos em dois subconjuntos: grupo 1 (meses de maio, julho e setembro) e grupo 2 (meses de novembro, janeiro e março). Os grupos usados representam as épocas de baixa e alta pluviosidade, respectivamente (Minuzzi et al. 2007). Em seguida, para comparar a composição de espécies entre os grupos, usamos uma análise de ordenação (*non-metric-multidimensional-scaling* – NMDS; Oksanen et al. 2007). Finalmente, testamos diferenças de composição com um teste de similaridade (ANOSIM; Clarke 1993).

## Resultados

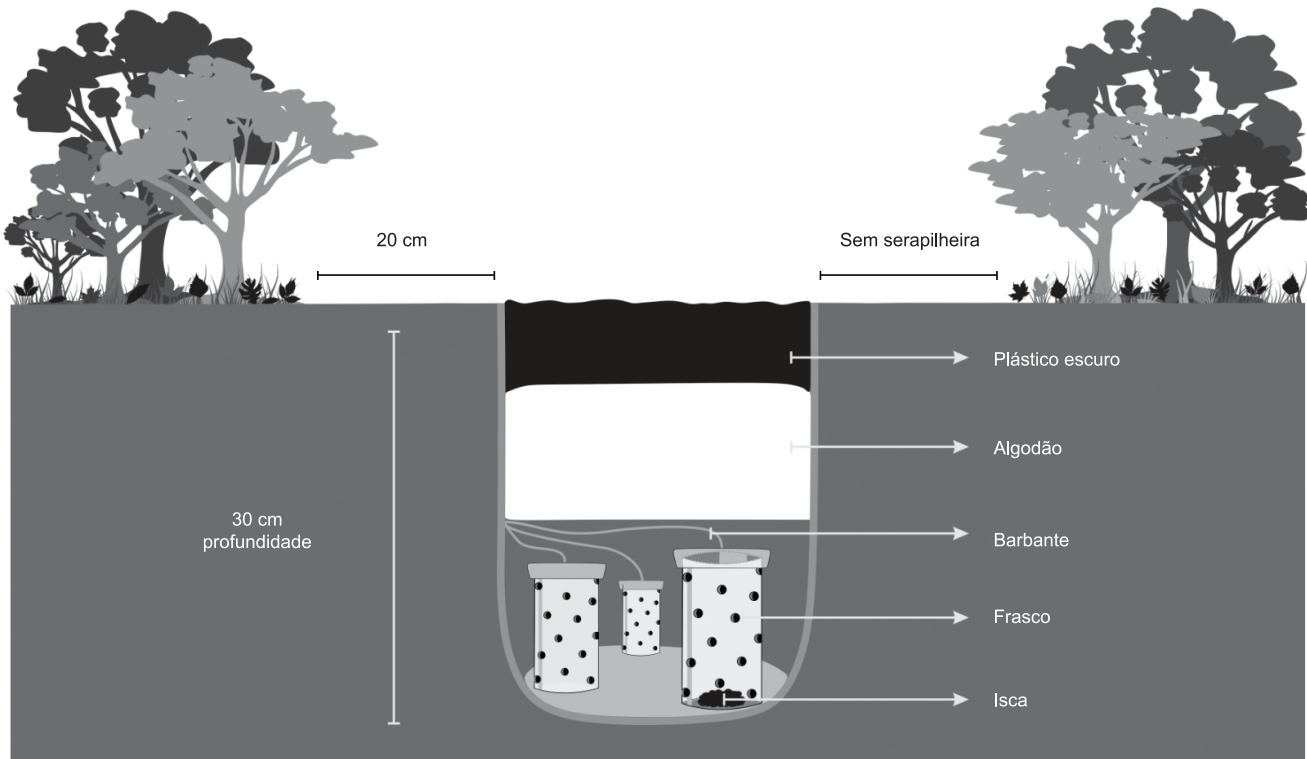
Foram registradas 42 espécies, pertencentes a 16 gêneros e sete subfamílias. Myrmicinae representou 73% das espécies coletadas, seguida por Formicinae com 7%. Cerapachyinae foi representada por uma espécie (Tabela 1). *Pheidole* foi o gênero mais rico, com 39,5% das espécies; as espécies mais frequentes visitando iscas foram: *Pheidole* sp.28, *Linepithema neotropicum* Wild, *Carebara* sp.1 e *Solenopsis* sp.4. A maioria das espécies registradas pertence a táxons generalistas; apenas *Acanthostichus quadratus* Emery, *Labidus coecus* (Latreille) e *L. praedator* (Fr. Smith) são espécies

Figueiredo, C. J. et al.



**Figura 1.** Localização do Parque das Neblinas na Serra do Mar (A) e Parque Natural Municipal Francisco Affonso de Mello na Serra do Itapeti (B).

**Figure 1.** Location of the Parque das Neblinas in the ‘Serra do Mar’ (PN), and the Parque Natural Municipal Francisco Affonso de Mello in the ‘Serra do Itapeti’ (PNMFAM).



**Figura 2.** Representação esquemática do método usado para a coleta de formigas que forrageiam abaixo da superfície do solo de Mata Atlântica.

**Figure 2.** Schematic representation of the method used to collect ants that forage below the soil surface of the Atlantic Forest.

reconhecidamente criptobióticas (Tabela 1). Não houve diferença significativa no número de espécies de acordo com os meses de coleta (Kruskal-Wallis = 2,99;  $df = 5$ ;  $p = 0,70$ ). A ordenação dos dados sugere que as comunidades de formigas subterrâneas não foram influenciadas pela época do ano (Figura 3), corroborado pelo ANOSIM ( $R = -0,01$ ;  $p = 0,65$ ). O protocolo de coletas possibilitou o registro de uma nova espécie do gênero *Megalomyrmex* e de grande série de operárias de *A. quadratus*.

## Discussão

Os resultados aqui apresentados indicam que a maioria das espécies registradas com a técnica de coleta descrita não são criptobióticas. Além disso, as espécies fazem parte das comunidades de formigas de serapilheira dos mesmos fragmentos de Floresta Ombrófila Densa, conforme relatos de Suguituru et al. (2011) e Morini et al. (2012).

Todos os trabalhos realizados sugerem que a composição da fauna que forrageia abaixo da superfície do solo é diferente da epigéica e arbórea (Wilkie et al. 2007, Schmidt & Diehl 2008, Schmidt & Solar 2010). Frequentemente espécies não descritas são reveladas (Andersen & Brault 2010: *Pseudolasius* sp. n.; presente estudo: *Megalomyrmex* sp. n.); e/ou espécies consideradas raras em coleções são registradas, como é o caso do gênero *Acanthostichus* que engloba formigas cerapaquíneas relativamente pouco representadas em coleções taxonômicas, (*A. quadratus* presente estudo), *A. laticornis* Forel em Schmidt & Solar 2010; Pacheco & Vasconcelos 2012: *A. kirbyi* Emery e *Acanthostichus* sp. nr. *brevicornis*); ou ainda espécies não registradas com técnicas convencionais (Pacheco & Vasconcelos 2012: *Neivamyrmex punctaticeps* (Emery) e *L. mars* (Forel)). O uso do termo raro deve, no entanto, ser empregado com cuidado, pois, em geral, a raridade está relacionada ao uso de técnicas

inadequadas e/ou à amostragem insuficiente de microhabitats, no tempo e no espaço (Delabie & Reis 2000, Longino et al. 2002, Morini et al. 2004, Brandão et al. 2008). Neste trabalho, a coleta de séries relativamente grandes de *A. quadratus* suporta essa conclusão.

O registro de espécies ainda não descritas, novos registros ou de táxons com poucos exemplares nas coleções, tem sido apontado como um forte argumento para (1) o desenvolvimento de técnicas de coleta da fauna que forrageia abaixo da superfície do solo (Wilkie et al. 2007, Andersen & Brault 2010, Schmidt & Solar 2010) e (2) considerar esta fauna como uma nova e importante fronteira em inventários de biodiversidade (Pacheco & Vasconcelos 2012). Por outro lado, o registro de espécies de gêneros considerados comuns em outros estratos das florestas como *Pheidole*, *Linepithema*, *Solenopsis* e *Brachymyrmex* (veja também Lubertazzi & Tschinkel 2003) pode ser outro argumento igualmente relevante, pois tem implicações importantes para a descrição do espaço morfológico (Silva & Brandão 2010), taxonomia e divisão de nicho em assembleia de formigas.

Nosso desenho amostral não permite separar espécies verdadeiramente subterrâneas daquelas que nidificam dentro do solo (além das camadas superficiais) e forrageiam na superfície (possivelmente dentro do solo também). *L. neotropicum* é generalista, muito frequente na serapilheira (Suguituru et al. 2011, Morini et al. 2012) e nidifica no solo (Wild 2007). Isto pode explicar porque esta espécie tem alta frequência de visitação a iscas subterrâneas, especialmente se os ninhos são profundos.

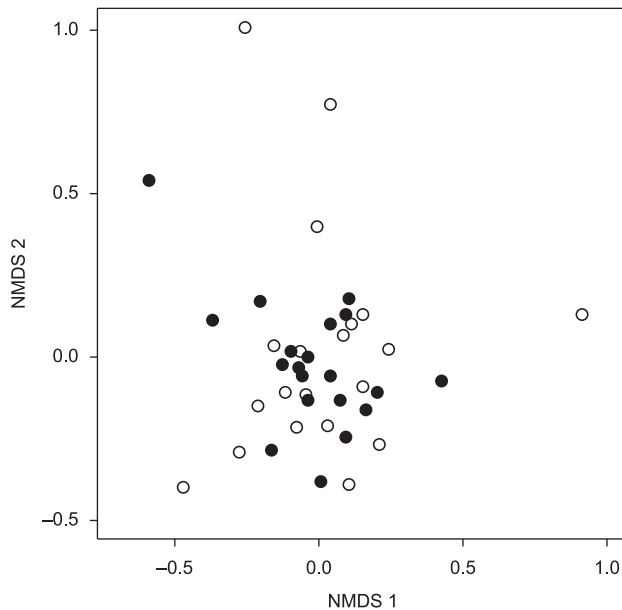
Em rela o à lista aqui apresentada, destacamos a alta frequência de *Carebara*, táxon com biologia pouco conhecida (Brown 2000, Brandão et al. 2009). Atualmente sabe-se que este é um gênero criptobiótico (Andersen & Brault 2010), incluindo espécies predadoras de tamanho muito pequeno, com escapo e mandíbulas curtos associados a olhos vestigiais (Brandão et al.

**Tabela 1.** Número de ocorrência de táxons que forrageiam abaixo da superfície do solo de Mata Atlântica, de acordo com os meses do ano.**Table 1.** Occurrence number of taxa that forage below the soil surface of the Atlantic Forest, according to the months of the year.

Táxons	Meses						Total
	Janeiro	Março	Maior	Julho	Setembro	Novembro	
<b>Cerapachyinae</b>							
* <i>Acanthostichus quadratus</i> Emery, 1895	-	-	1	-	-	-	1
<b>Dolichoderinae</b>							
<i>Linepithema neotropicum</i> Wild, 2007	7	9	8	10	8	8	50
<i>Linepithema iniquum</i> (Mayr, 1870)	1	1	-	-	-	1	2
<b>Ecitoninae</b>							
* <i>Labidus coecus</i> (Latreille, 1802)	1	2	4	-	1	-	8
* <i>Labidus praedator</i> (Fr. Smith, 1858)	-	-	-	-	1	-	1
<b>Ectatomminae</b>							
<i>Gnamptogenys striatula</i> (Mayr, 1884)	1	-	-	1	1	1	4
<b>Formicinae</b>							
<i>Brachymyrmex pictus</i> (Mayr, 1887)	1	-	-	1	-	-	2
<i>Brachymyrmex heeri</i> (Forel, 1895)	-	-	-	1	-	-	1
<i>Nylanderia fulva</i> (Mayr, 1862)	-	1	2	-	-	-	3
<b>Myrmicinae</b>							
<i>Acromyrmex</i> sp.1	-	-	1	-	-	-	1
<i>Acromyrmex rugosus rochai</i> (Forel, 1904)	-	-	-	1	-	-	1
<i>Acromyrmex crassispinus</i> (Forel, 1909)	-	-	-	-	1	-	1
<i>Carebara</i> sp.1	8	8	8	8	8	8	48
<i>Megalomyrmex iheringi</i> (Forel, 1911)	-	-	-	3	-	-	3
** <i>Megalomyrmex</i> sp.	-	-	-	-	1	-	1
<i>Mycetosoritis</i> sp.1	1	-	-	-	-	-	1
<i>Oxyepoecus myops</i> Albuquerque & Brandão, 2009	-	-	1	-	-	-	1
<i>Octostruma rugifera</i> Mayr, 1887	-	-	-	1	-	-	1
<i>Pheidole megacephala</i> (Fabricius, 1793)	-	-	-	2	-	-	2
<i>Pheidole</i> sp.7	2	2	2	1	1	1	9
<i>Pheidole</i> sp. 9	-	-	-	1	-	-	1
<i>Pheidole</i> sp.12	1	1	1	-	-	-	3
<i>Pheidole</i> sp.13	1	-	-	1	1	1	4
<i>Pheidole</i> sp.16	-	-	-	-	-	1	1
<i>Pheidole</i> sp.18	1	1	1	1	1	4	9
<i>Pheidole</i> sp.19	-	-	-	-	1	-	1
<i>Pheidole</i> sp.20	-	-	-	1	-	-	1
<i>Pheidole</i> sp.21	-	1	1	-	-	-	2
<i>Pheidole</i> sp.22	-	1	1	-	-	-	2
<i>Pheidole</i> sp.24	-	-	-	1	-	-	1
<i>Pheidole</i> sp.26	-	1	-	-	-	-	1
<i>Pheidole</i> sp.28	11	9	9	10	9	12	60
<i>Pheidole</i> sp.30	-	-	-	-	1	-	1
<i>Pheidole</i> sp.33	-	-	1	-	-	-	1
<i>Pheidole</i> sp.34	-	1	-	1	-	-	2
<i>Pheidole</i> sp.36	1	-	-	1	-	-	2
<i>Solenopsis</i> sp.1	7	6	6	10	6	6	41
<i>Solenopsis saevissima</i> (F. Smith, 1855)	-	-	1	-	-	-	1
<i>Solenopsis wasmannii</i> (Emery, 1884)	7	4	5	3	4	5	28
<i>Solenopsis</i> sp.4	8	10	5	7	6	7	43
<b>Ponerinae</b>							
<i>Hypoponera</i> sp.7	-	-	-	1	-	-	1
<i>Pachycondyla striata</i> (Fr. Smith, 1858)	-	-	-	2	1	2	5
<b>Total de espécies</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>23</b>	<b>17</b>	<b>13</b>	

\*- espécies criptobióticas; \*\* - espécie não descrita





**Figura 3.** Escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) comparando as comunidades subterrâneas de formigas de acordo com o período do ano. (○): meses de maio, julho e setembro; (●) meses de novembro, janeiro e março. (*Stress*: 19,94).

**Figure 3.** Non-metric multidimensional scaling (NMDS) comparing underground communities of ants according to year period. (○): May, July and September; (●) November, January and March. (*Stress*: 19.94).

2009). Em adição, registramos com baixa frequência os gêneros *Octostruma*, *Hypoponera* e *Oxyepoecus*. Os dois primeiros táxons já haviam sido coletados em condições similares por Silva & Silvestre (2004), sugerindo que algumas de suas espécies podem nidificar subterraneamente. *Oxyepoecus* é coletado primariamente em serapilheira (Brandão et al. 2009), mas nossos dados indicam que algumas espécies podem nidificar ou forragear abaixo da superfície do solo. Destacamos a presença de *Acromyrmex rugosus rochai* (Forel) registrada apenas entre 1989 e 1990 no Estado de São Paulo (Forti et al. 2006).

Neste estudo, realizado ao longo de um ano, não detectamos alterações na riqueza e composição da fauna entre os meses de maior ou menor precipitação pluviométrica. Entretanto, populações de insetos (Leksono et al. 2005), incluindo formigas epigéicas (Kaspari & Valone 2002), comumente respondem a variações sazonais. Determinar a relação entre condições abióticas, recursos e estrutura da fauna subterrânea será fundamental para compreender melhor os determinantes das espécies que vivem exclusivamente dentro do solo. Nossos dados, com informação temporal, sugerem baixa riqueza de espécies subterrâneas visitando iscas em duas áreas de Floresta Atlântica.

Os fatores que determinam a riqueza, a composição ou as síndromes comportamentais da fauna de formigas que forrageia abaixo da superfície do solo ainda são pouco conhecidos; porém, são importantes para resolver questões ecológicas (Wilkie et al. 2007) e evolutivas (Rabeling et al. 2008). O estudo dessa fauna pode também contribuir para descrever a distribuição espacial dos ninhos e forrageamento das espécies, na interface superfície/serapilheira/camadas superficiais do solo.

Nossos resultados expandem o conhecimento atual sobre a fauna que forrageia abaixo da superfície do solo de Mata Atlântica e sugerem que a maioria das espécies faz parte das comunidades de formigas registradas na serapilheira. Esta fauna possui habilidade de

buscar recursos em ambos os estratos, o que favorece a ocupação de outros microhabitats e a manutenção da diversidade de formigas que forrageiam na serapilheira das florestas tropicais.

## Agradecimentos

À Fundação de Amparo ao Ensino e Pesquisa (FAEP/UMC) e ao CNPq pelo auxílio financeiro, à direção do Parque das Neblinas e do Parque Natural Municipal Francisco Affonso de Mello pelo apoio logístico durante a fase de coletas, à Sílvia S. Suguituru pela montagem das figuras e ao Laboratório do Prof. Dr. Luiz Carlos Forti, especialmente à Dra. Ana Paula Protti de Andrade Crusciol, pela identificação de *Acromyrmex rugosus rochai*.

## Referências Bibliográficas

- ANDERSEN, A.N. & BRAULT, A. 2010. Exploring a new biodiversity frontier: subterranean ants in northern Australia. *Biod. Cons.* 19:2741-2750. <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-010-9874-1>
- BOLTON, B. 2003. Synopsis and a classification of Formicidae. *Mem. Am. Mus. Entomol. Inst.* 71:370.
- BOLTON, B., ALPERT, G., WARD, F.S. & NASKRECKI, P. 2006. Bolton's catalogue of ants of the world: 1758-2005. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. <http://gap.entclub.org/>.
- BRANDÃO, C.R.F., FEITOSA, R.M., SCHMIDT, F.A. & SOLAR, R.R.C. 2008. Rediscovery of *Simopelta minima* (Brandão) (Hymenoptera, Formicidae), with a discussion on rarity and conservation of ant species. *Rev. Bras. Entomol.* 52:480-483. <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262008000300026>
- BRANDÃO, C.R.F., SILVA, R.R. & DELABIE, J.H.C. 2009. Formigas (Hymenoptera). In *Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas* (A.R. Panizzi, J.R.P. Parra, eds). Embrapa Tecnológica, Brasília, p.1-164.
- BROWN, W.L. 2000. Diversity of ants. In *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity* (D. Agosti, J.D. Majer, L.E. Alonso & T.R. Schultz, eds.). Smithsonian Institution Press, Washington, p.45-46.
- CLARKE, K.R. 1993. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Aust. J. Ecol.* 18:117-143. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x>
- DELABIE, J.H.C. & FOWLER, H.G. 1995. Soil and litter cryptic ant assemblages of Bahian cocoa plantations. *Pedobiologia* 39:423-33.
- DELABIE, J.H.C. & REIS, Y.T. 2000. Sympatry and mating flight synchrony of three species of *Cylindromyrmex* (Hymenoptera: Formicidae) in southern Bahia, Brazil, and the importance of Malaise trap for rare ants inventory. *Rev. Bras. Entomol.* 44:109-110.
- ELLWOOD, M.D.F. & FOSTER, W.A. 2004. Doubling the estimate of invertebrate biomass in a rainforest canopy. *Nature* 429: 549-551. <http://dx.doi.org/10.1038/nature02560>
- FISHER, B.L. & ROBERTSON, H.G. 2002. Comparison and origin of forest and grassland ant assemblages in the high plateau of Madagascar (Hymenoptera: Formicidae). *Biotropica* 34:155-167. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7429.2002.tb00251.x>
- FORTI, L.C., ANDRADE, M.L., ANDRADE, A.P.P., LOPES, J.L.S., RAMOS, V.M. 2006. Bionomics and identification of *Acromyrmex* (Hymenoptera: Formicidae) through an illustrated key. *Sociobiology* 48:1-18.
- KASPARI, M. & VALONE, T.J. 2002. On ectotherm abundance in a seasonal environment – studies of a desert ant assemblage. *Ecology* 83:2991-2996.
- LAPOLLA, J., BRADY, S. & SHATTUCK, S. 2010. Phylogeny and taxonomy of the *Prenolepis* genus group of ants (Hymenoptera: Formicidae). *Syst. Entomol.* 35:118-131. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3113.2009.00492.x>

- LEKSONO, A.S., NAKAGOSHI, N., TAKADA, K. & NAKAMURA, K. 2005. Vertical and seasonal variation in the abundance and the species richness of Attelabidae and Cantharidae (Coleoptera) in a suburban mixed forest. *Entomol. Sci.* 8:235-243. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1479-8298.2005.00122.x>
- LONGINO, J.T., CODDINGTON, J. & COLWELL, R.K. 2002. The ant fauna of a tropical rain forest: estimating species richness three different ways. *Ecology* 83:689-702.
- LUBERTAZZI, D. & TSCHINKEL, W.R. 2003. Ant community change across a ground vegetation gradient in north Florida's longleaf pine flatwoods. *J. Ins. Sci* 3:1-17.
- MANNA DE DEUS, J.R., MANZATTI, L. & TOMASULO, P.L.B. 1995. Plano de manejo do Parque Natural Municipal da Serra do Itapeti, Mogi das Cruzes, SP. Centro de Monitoramento Ambiental da Serra do Itapeti, CEMASI, Universidade de Mogi das Cruzes, Universidade de Brás Cubas, 125p.
- MINUZZI, R.B., SEDIYAMA, G.C., BARBOSA, E.M. & MELO JUNIOR, J.C.F. 2007. Climatologia do comportamento do período chuvoso da região sudeste do Brasil. *Rev. Bras. Meteorol.* 22:338-344.
- MORINI, M.S.C., YASHIMA, M., ZENE, F.Y., SILVA, R.R. & JAHYNY, B. 2004. Observations on the *Acanthostichus quadratus* (Hymenoptera: Formicidae: Cerapachyinae) visiting underground bait and fruits of *Syagrus romanzoffiana*, in an area of the Atlantic Forest, Brazil. *Sociobiology* 43:573-578.
- MORINI, M.S.C., SILVA, R.R., SUGUITURU, S.S., PACHECO, R. & NAKANO, M.A. 2012. Formigas da Serra do Itapeti. In Serra do Itapeti: aspectos históricos, sociais e naturalísticos (M.S.C. Morini & V.F.O. Miranda, orgs). Editora Canal6, Bauru.
- OKSANEN, J., KINDT, R., LEGENDRE, P., O'HARA, B. & STEVENS, M.H.H. 2007. Vegan: Community Ecology Package. R package version 1.8-8. <http://r-forge.r-project.org/projects/vegan/> (último acesso em 06/10/07).
- PACHECO, R. & VASCONCELOS, H.L. 2012. Subterranean pitfall traps: is it worth including them in your ant sampling protocol? *Psyche*. <http://dx.doi.org/10.1155/2012/870794>
- PÁDUA, C.V., GARRIDO, M.A., MARTINS, M.B.E., GROKE JUNIOR, P.H. & DIAS, G.R. 2004. Plano de Manejo do Parque das Neblinas. Instituto Ecofuturo, p.200.
- RABELING, C., BROWN, J.M. & VERHAAGH, M. 2008. Newly discovered sister lineage sheds light on early ant evolution. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 30:14913-14917. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0806187105>
- SCHMIDT, F.A. & DIEHL, E. 2008. What is the effect of soil use on ant communities? *Neotrop. Entomol.* 37:381-388. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2008000400005>
- SCHMIDT, F.A. & SOLAR, R.R.C. 2010. Hypogaeic pitfall traps: methodological advances and remarks to improve the sampling of a hidden ant fauna. *Insect. Soc.* 57:261-266. <http://dx.doi.org/10.1007/s00040-010-0078-1>
- SILVA, R.R. & BRANDÃO, C.R.F. 2010. Morphological patterns and community organization in leaf-litter assemblages. *Ecol. Monog.* 80:107-124. <http://dx.doi.org/10.1890/08-1298.1>
- SILVA, R.R. & SILVESTRE, R. 2004. Riqueza da fauna de formigas subterrâneas (Hymenoptera: Formicidae) em Seara, Oeste de Santa Catarina, Brasil. *Pap. Avulsos Zool.* 41:1-11.
- SUGUITURU, S.S., SILVA, R.R., SOUZA, D.R., MUNHAE, C.B. & MORINI, M.S.C. 2011. Ant community richness and composition across a gradient from *Eucalyptus* plantations to secondary Atlantic Forest. *Biota Neotrop.* 1:1-8.
- TOMASULO, P.L.B. & CORDEIRO, I. 2000. Composição florística do Parque Municipal da Serra do Itapety, Mogi das Cruzes, SP. *Bol. Inst. Bot.* 14:139-161.
- TSCHINKEL, W.R. 2010. Methods for casting subterranean ant nests. *J. Ins. Sci.* 10:1-17. <http://dx.doi.org/10.1673/031.010.8801>
- VELOSO, H.P., RAGEL FILHO, A.L.R. & LIMA, J.C.A. 1991. *Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro.
- WALL, D.H. & MOORE, J.C. 1999. Interactions underground. *BioSci.* 49:109-117. <http://dx.doi.org/10.2307/1313536>
- WILD, A.L. 2007. Taxonomic revision of the ant genus *Linepithema* (Hymenoptera: Formicidae). *Entomol.* 126:1-151. <http://repositories.cdlib.org/ucpress/>.
- WILKIE, K.R.R., MERTI, A.L. & TRANIELLO, J.F.A. 2007. Biodiversity below ground: probing the subterranean ant fauna of Amazonia. *Naturwissenschaften* 94:725-731. <http://dx.doi.org/10.1007/s00114-007-0250-2s>
- WILSON, E.O. & HÖLLDOBLER, B. 2005. The rise of the ants: a phylogenetic and ecological explanation. *PNAS* 102:7411-7414. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0502264102>

Recebido em 01/04/2011

Versão reformulada recebida em 02/10/2012

Publicado em 29/10/2012

## Diversidade de anfíbios e répteis Squamata na região do baixo rio Purus, Amazônia Central, Brasil

Fabiano Waldez<sup>1,2,5</sup>, Marcelo Menin<sup>3</sup> & Richard Carl Vogt<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Ecologia, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, CP 478, CEP 69011-970, Manaus, AM, Brasil. <http://www.inpa.gov.br>

<sup>2</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM, Campus Tabatinga, CP 67, CEP 69640-000, Tabatinga, AM, Brasil. <http://www.ctb.ifam.edu.br>

<sup>3</sup>Departamento de Biologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Av. General Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 3000, CEP 69077-000, Manaus, AM, Brasil. <http://portal.ufam.edu.br>

<sup>4</sup>Curador da Coleção de Anfíbios e Répteis, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Av. André Araújo, 2936, Aleixo, CEP 69060-001, Manaus, AM, Brasil. <http://www.inpa.gov.br>

<sup>5</sup>Autor para correspondência: Fabiano Waldez, e-mail: [fwaldez@yahoo.com.br](mailto:fwaldez@yahoo.com.br)

WALDEZ, F., MENIN, M. & VOGT, R.C. **Diversity of amphibians and Squamata reptilians from lower Purus River Basin, Central Amazonia, Brazil.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?inventory+bn03113012013>

**Abstract:** The lower Purus River Basin, Central Amazonia – Brazil, represents an area of prominent interest for conservation of amphibians and reptiles. However, there is little available information about these groups for flooded and nonflooded forests, the major landscapes in this region. We sampled a representative area over two periods: 2004-2005 and 2009-2010. We used efficient and complementary techniques for sampling the herpetofauna in rainforests: time constrained audio-visual search (TAVS), pitfall traps with drift fence (PFDF) and double-ended funnel traps with drift fence (FTDF). We recorded a total of 160 species, including 75 amphibians (73 frogs and two caecilians) and 85 reptiles (34 lizards and 51 snakes). The occurrence of the anuran *Dendropsophus allenorum* represents the first record for Brazil. Comparing the efficiency of the sampling methods, the TAVS was the best method in sampling efficiency for the majority of the herpetofauna species; followed by the PFDF, efficient in sampling terrestrial frogs and litter lizards in the nonflooded forests. We did not use the PFDF in the flooded forests because the soil was water saturated. Despite its low efficiency in sampling terrestrial frogs and litter lizards, the FTDF, was efficient in snake capture and easily adaptable to the saturated soil in flooded forests. The greatest richness of species and groups was found in the nonflooded forests. Families of fossorial and litter species were mostly absent from the flooded forests. However, in the flooded forests we found a large number of arboreal frogs (Hylidae) and of larger heliothermic lizards (Teiidae). When we evaluated each sample period separately, we found a similar richness of the herpetofauna between the different types of forest landscapes, with a bias towards higher diversity in the nonflooded forests. In spite of similar species numbers, the nonflooded and flooded forests had different species assemblages. The total amphibian and Squamata reptilian diversity between the nonflooded and flooded forests (beta- $\beta$  diversity), sites with more widespread landscapes, possibly represents the major contribution to the regional herpetofauna diversity in the lower Purus River Basin (Gama- $\gamma$  diversity). **Keywords:** *Brazilian Amazon, flooded and nonflooded forests, species distribution, herpetofauna.*

WALDEZ, F., MENIN, M. & VOGT, R.C. **Diversidade de anfíbios e répteis Squamata na região do baixo rio Purus, Amazônia Central, Brasil.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?inventory+bn03113012013>

**Resumo:** A região do baixo rio Purus na Amazônia Central – Brasil representa uma área de relevante interesse para conservação de anfíbios e répteis. No entanto, há pouca informação disponível sobre estes grupos taxonômicos para áreas de florestas de terra firme e florestas de várzea, principais paisagens nesta região. Nesse estudo, realizamos uma amostragem ampla em esforço e área, em dois períodos: 2004-2005 e 2009-2010. Utilizamos técnicas complementares eficientes na amostragem da herpetofauna em florestas tropicais: procura ativa limitada por tempo (PLT), armadilhas de interceptação e queda (AIQ) e armadilhas de interceptação com funis duplos (AIF). Foram registradas 160 espécies, sendo 75 de anfíbios (73 anuros e dois gimnofionos) e 85 de répteis (34 lagartos e 51 serpentes). O registro do anuro *Dendropsophus allenorum* foi o primeiro para o Brasil. Comparando a eficiência dos métodos de coleta, a busca ativa por coletores capacitados (PLT) foi o método mais eficaz na amostragem da herpetofauna; seguido das AIQ, eficientes na captura de anuros terrícolas e lagartos de serrapilheira nas florestas de terra firme. Não utilizamos AIQ nas áreas de várzea por estas terem solos hidricamente saturados. As AIF, apesar de menos eficientes na amostragem de anuros e lagartos, foram eficazes na captura de serpentes e facilmente adaptáveis aos solos hidromórficos das várzeas. Uma maior riqueza de espécies e famílias foi encontrada nas florestas de terra firme. As florestas de várzea tiveram uma marcante ausência de famílias

fossoriais e de serrapilheira. No entanto, nas florestas de várzea encontramos um maior número de espécies de anuros arborícolas (Hylidae) e de lagartos heliotérmicos maiores (Teiidae). Entretanto, avaliando separadamente cada período de amostragem, a riqueza de espécies da herpetofauna torna-se similar entre os diferentes tipos de paisagens florestais, tendendo ser maior nas florestas de terra firme. Apesar de similares em número espécies, as florestas de terra firme e de várzea foram diferentes quanto ao conjunto das espécies. A diversidade complementar de anfíbios e répteis Squamata entre florestas de terra firme e de várzea (diversidade beta- $\beta$ ), paisagens de maior abrangência local, possivelmente representa a maior contribuição para a diversidade regional da herpetofauna no baixo rio Purus (diversidade Gama- $\gamma$ ).

**Palavras-chave:** *Amazônia brasileira, florestas inundáveis e não-inundáveis, distribuição de espécies, herpetofauna.*

## Introdução

Diversas áreas de relevante interesse para conservação de anfíbios e répteis foram identificadas na Amazônia brasileira (Azevedo-Ramos & Galatti 2001, Brasil 2001, Vogt et al. 2001). Muitas destas áreas de interesse, como a bacia de drenagem do rio Purus, representam lacunas no conhecimento da diversidade destes grupos taxonômicos na região amazônica (Avila-Pires 1995, Azevedo-Ramos & Gallati 2001, Brasil 2001, Vogt et al. 2001).

Os estudos pioneiros com anfíbios na região do rio Purus foram desenvolvidos por Heyer (1976) que considerou a região em uma análise zoogeográfica dos anfíbios anuros no Bioma Amazônico. O mesmo autor também publicou uma lista descrevendo as espécies de anuros encontradas durante uma expedição onde percorreu o rio Purus desde o estado do Acre até a foz no rio Solimões, estado do Amazonas (Heyer 1977). Posteriormente, poucos estudos inventariaram a diversidade de anfíbios e répteis Squamata nas regiões do médio Purus (Avila-Pires et al. 2009, França & Venâncio 2010) e do alto rio Purus no Peru (Rodríguez 2003).

O recente processo de implantação de novas unidades de conservação no baixo Purus tem aumentado o conhecimento sobre a diversidade de anfíbios e répteis Squamata na região (Gordo 2003, Waldez & Vogt 2007, 2009, 2011, Instituto... 2010), principalmente, a partir da criação da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Piagaçu-Purus (RDS-PP) (Figura 1) em uma área contígua a Reserva Biológica do Abufarí (REBIO Abufarí) (Albernaz & Venticinque 2003). A REBIO Abufarí é considerada uma área de alta importância para a conservação de anfíbios e répteis na Amazônia (Azevedo-Ramos & Gallati 2001, Brasil 2001, Vogt et al. 2001).

A porção baixa da bacia do rio Purus apresenta uma paisagem formada por um mosaico de áreas de florestas não-inundáveis de terra firme e de florestas sazonalmente inundáveis (Haugaasen & Peres 2006). As florestas de terra firme correspondem às áreas localizadas acima do nível máximo de inundação dos rios, compondo a maior parte das paisagens florestais da Amazônia com cerca de 80% da área da bacia (Hess et al. 2003). As florestas inundáveis ocorrem nas planícies de sedimentação dos rios sendo sazonalmente submetidas a um pulso de inundação regular (Junk et al. 1989), alternando entre uma fase aquática e uma fase terrestre (Junk 1997). As florestas de várzea encontram-se associadas aos rios de alta fertilidade e ricos em sedimentos em suspensão (Junk 1997), correspondendo ao segundo maior tipo de paisagem florestal da Amazônia com cerca de 2,6% da área da bacia (Hess et al. 2003).

Vários estudos têm acessado a diversidade da herpetofauna Amazônica principalmente em áreas de florestas não-inundáveis de terra firme (e.g. Rodríguez & Duellman 1994, Martins & Oliveira 1998, Duellman 2005, Bernarde & Abe 2006, Vogt et al. 2007, Lima et al. 2008, Vitt et al. 2008, Avila-Pires et al. 2009, 2010, Souza 2009, Bernarde et al. 2011). No entanto, poucos trabalhos realizaram análises comparativas entre a diversidade da herpetofauna associada às florestas sazonalmente alagáveis e as florestas de terra firme na

Amazônia (ver Crump 1971, Gascon 1996, Gascon et al. 2000, Doan & Arizabal 2002, Gordo 2003, Neckel-Oliveira & Gordo 2004).

A bacia de drenagem do rio Purus apresenta bom estado de conservação com cobertura de floresta primária correspondendo à maior parte da área total (Martins Junior & Waichman 2009). Entretanto, recentes modelos de desflorestamento futuro na Amazônia prevêem um aumento na perda de cobertura vegetal para região da RDS-PP, relacionado à reativação da rodovia BR-319 (Manaus - Porto Velho) que percorre o interflúvio entre os rios Madeira e Purus (Soares-Filho et al. 2006, Fearnside et al. 2009).

Avaliar comunidades biológicas na região do baixo rio Purus torna-se estratégico para determinar futuros impactos na biodiversidade decorrentes de mudanças na cobertura vegetal. Anfíbios e répteis Squamata são componentes importantes da biomassa e da diversidade de vertebrados em florestas tropicais (e.g. Duellman 1990, Allmon 1991). Ainda, comunidades de anfíbios e pequenos répteis em áreas de floresta amazônica apresentam rápida resposta às alterações na cobertura florestal (e.g. Tocher et al. 1997, Gardner et al. 2007, Bernarde & Macedo 2008, Souza et al. 2008), mesmo às alterações discretas como no corte florestal seletivo (Vitt et al. 1998).

Visto o parco conhecimento sobre a herpetofauna no baixo rio Purus, o objetivo deste estudo foi inventariar a fauna de anfíbios e répteis Squamata que ocorre associada às florestas na região. Mais especificamente, realizamos uma amostragem ampla em área, utilizando técnicas complementares de coleta da herpetofauna, para comparar a diversidade de espécies associadas às florestas não-inundáveis de terra firme e as florestas sazonalmente inundáveis de várzea. Também comparamos a eficiência dos métodos de amostragem empregados para acessar a riqueza da herpetofauna nestes dois tipos de florestas.

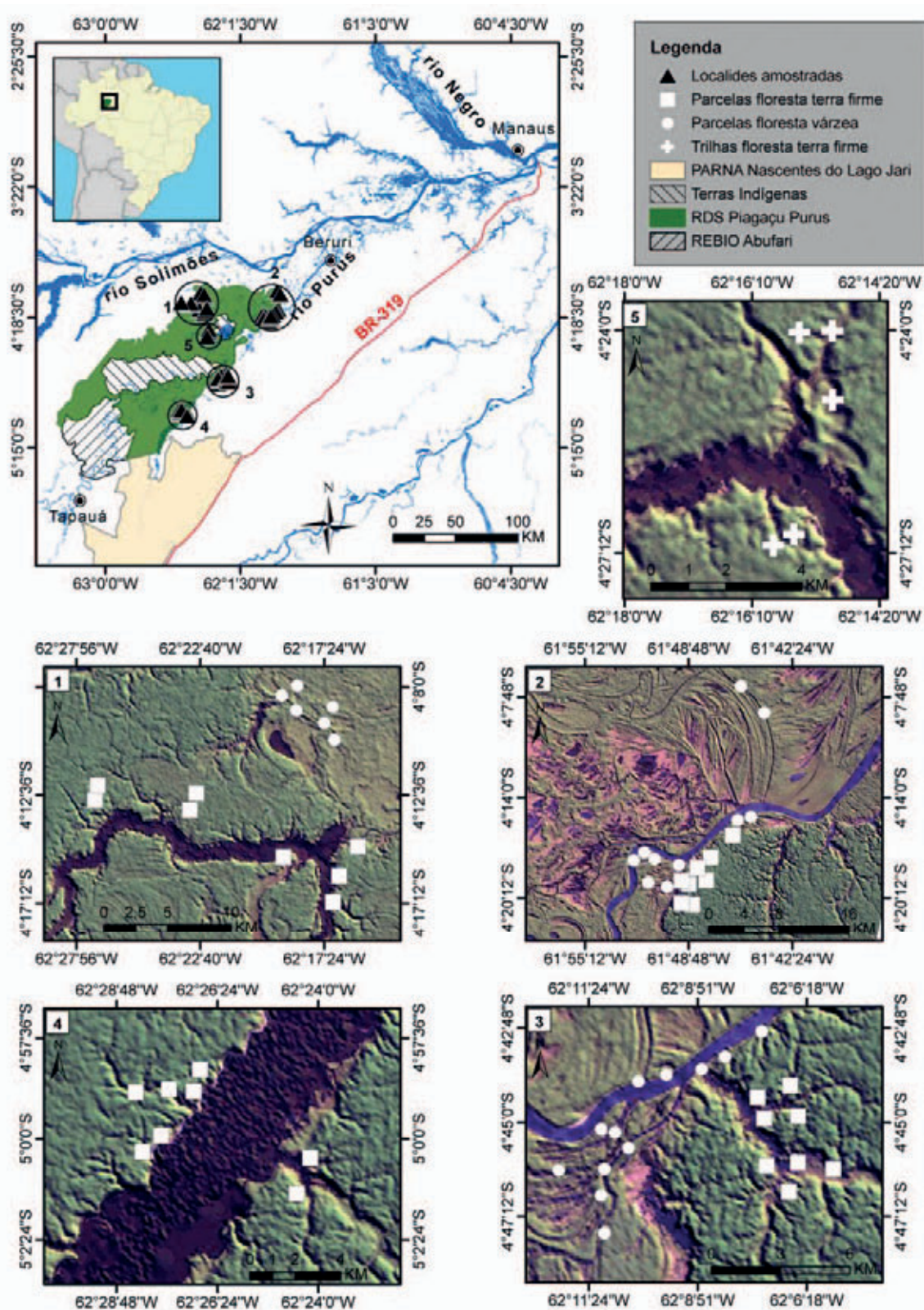
## Material e Métodos

### 1. Área de estudo

As amostragens foram conduzidas na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Piagaçu-Purus (RDS-PP, entre 4° 03'-5° 25' S e 61° 40'-63° 30' W, datum WGS 84) e entorno, região do baixo rio Purus, Amazônia Central, estado do Amazonas - Brasil (Figura 1). Com uma área de 834.245 ha, a RDS-PP abrange um mosaico de grandes paisagens contínuas de florestas de terra firme e florestas inundáveis de várzea e igapó, em ambos interflúvios do rio Purus (Instituto... 2010). O relevo da RDS-PP é homogêneo com altitudes menores que 100 m a.n.m. (Albernaz & Venticinque 2003). O clima na região é Equatorial com sub-seca (Af - classificação Köppen-Geiger) e médias mensais de temperatura acima de 18 °C e precipitação anual de 2000 a 2600 mm (Instituto... 2002). De acordo com Silva et al. (2008), a pluviosidade varia sazonalmente, normalmente com a estação chuvosa distribuída entre novembro e março, quando ocorre a alagação da planície de inundação do rio (cheia); e a estação



Waldez, F. et al.



**Figura 1.** Localização da área de estudos, RDS Piagaçu-Purus, e dos pontos de amostragem, no mosaico regional de áreas protegidas da região do baixo rio Purus na Amazônia Central, Brasil. As imagens de satélite Landsat numeradas de acordo com as sub-regiões indicadas no mapa (figura superior esquerda) mostram as 65 localidades avaliadas, diferenciadas por estratégias de amostragem e por tipo de habitat florestal.

**Figure 1.** Geographical location of the study area, Piagaçu-Purus Reserve, and sampling plots, in the regional mosaic of protected areas from the lower Purus River Basin, Central Amazonia, Brazil. The Landsat satellite images were numbered according to the sub-regions indicated in the map (upper left figure) and indicate the 65 localities evaluated and differentiated by the sampling strategies and types of forest habitats.



de estiagem distribuída entre maio e setembro, quando ocorre a drenagem da planície de inundação do rio (seca), com abril e outubro correspondendo à períodos de transição entre estações. O nível de água no baixo rio Purus pode variar até 12 m entre estações, sendo influenciado tanto pela quantidade de chuvas, quanto por flutuações do médio rio Solimões (Goulding et al. 2003).

As áreas estudadas corresponderam às paisagens de florestas de terra firme e de várzea (Figura 2a, b). As florestas de terra firme ocupam 50% da área da RDS-PP e ocorrem nas maiores altitudes ( $\geq 40$  m a.n.m.), acima da planície de inundação do rio (Instituto... 2010). Estas florestas têm sub-bosque denso e alta diversidade de árvores, com Lecythidaceae e Chrysobalanaceae como principais famílias arbóreas (Haugaasen & Peres 2006). Nesta região são encontradas manchas de floresta denominadas castanhais, com altas densidades de árvores de castanha-da-Amazônia (*Bertholletia excelsa* Humboldt & Bonpland – Lecythidaceae) e tradicionalmente utilizadas pelas populações locais como fontes de sementes comestíveis (Instituto... 2010, Haugaasen & Peres 2006).

As florestas de várzea ocupam 45% da área da RDS-PP e ocorrem em altitudes menores que 40 m a.n.m. sendo sazonalmente

alagado com a inundação da planície pelo rio Purus (Instituto... 2010). Estas florestas possuem sub-boque mais aberto e menor diversidade relativa de árvores, com Euphorbiaceae e leguminosas (Caesalpiniaceae, Fabaceae e Mimosaceae) como principais famílias arbóreas (Haugaasen & Peres 2006).

## 2. Estratégias de amostragem

O estudo da herpetofauna nestas paisagens foi realizado em dois diferentes períodos, ambos com distintas estratégias de amostragem. O primeiro período ocorreu no final de seca do rio de 2004 (outubro a dezembro – 60 dias) e durante o máximo de cheia do rio de 2005 (fevereiro a maio – 60 dias). Neste período, a amostragem foi conduzida na cabeceira do Lago Ayapuá, com cinco transectos de 1 km dispostos perpendicularmente aos corpos d'água (Figura 1, Quadro 5). Cada trilha atravessou uma área maior de floresta de terra firme e uma curta faixa de floresta de várzea (<100 m) entre o corpo d'água e o início da floresta não-inundável.

Em cada um dos transectos foram instaladas armadilhas de interceptação e queda – AIQ (*pitfall traps with drift fence*) (Cechin & Martins 2000) dispostas em linha, com cada conjunto composto



**Figura 2.** Florestas de terra firme (a) e florestas de várzea (b) na região do baixo rio Purus, Amazônia Central – Brasil. Estas paisagens foram pesquisadas quanto à diversidade de anfíbios e répteis Squamata com o uso de armadilhas de interceptação e queda com funis duplos em linhas (c) e armadilhas de interceptação com funis duplos em Y (d, e, f).

**Figure 2.** The terra firme nonflooded forests (a) and the várzea flooded forests (b) from the lower Purus River Basin, Central Amazonia, Brazil. These landscapes were searched for the diversity of amphibians and Squamata reptiles, and we used technical sampling of lines of pitfall traps with drift fence interpolated with double-ended funnel traps (c) and Y-lines of double-ended funnel traps with drift fence (d, e, f).

por 10 baldes de 60 L ligados por 10 m de cerca plástica com 1 m de altura enterrada no solo (esforço de AIQ= 144.000 horas com 50 baldes) (Figura 2c). Funis duplos (*double-ended funnel traps*) (Greenberg et al. 1994) foram adicionados aos conjuntos de AIQ. Essas armadilhas de interceptação com funis duplos – AIF utilizaram funis com aberturas circulares de 5 cm de diâmetro e 1m de comprimento, dispostos entre os baldes nos dois lados da cerca. Um total de 18 funis foi adicionado a cada conjunto de AIQ (esforço de AIF = 259.200 horas com 90 funis) (Figura 2c, e, f). Nestas trilhas dois observadores registraram espécies ativamente em períodos diurno e noturno (procura limitada por tempo – PLT = 252.6 horas) por meio de encontro visual (Crump & Scott 1994).

O segundo período de amostragem ocorreu durante a cheia do rio em 2009 (maio a julho – 60 dias) e em 2010 (fevereiro – 20 dias, maio a julho – 60 dias), e durante a seca do rio em 2009 (outubro a dezembro – 60 dias) e em 2010 (outubro a dezembro – 60 dias). Neste segundo período, as espécies foram amostradas em 60 parcelas distribuídas em florestas de terra firme (32 parcelas) e florestas de várzeas (28 parcelas) que abrangeram paisagens nos dois interflúvios do baixo rio Purus (Figura 1, quadros 1, 2, 3 e 4). Em cada uma dessas localidades, foram instaladas parcelas de tamanho 10 × 250 m (0,25 ha). Outros estudos com herpetofauna na Amazônia brasileira têm utilizado parcelas de tamanhos similares (Menin et al. 2007, 2008, 2011, Rojas-Ahumada & Menin 2010, Fraga et al. 2011).

Nestas parcelas, as espécies foram buscadas ativamente por um mínimo de dois e um máximo de quatro pessoas. Cada observador registrou as espécies distanciando-se até 5 m do centro da parcela. Cada parcela foi amostrada duas vezes em período diurno e duas vezes em período noturno, com um intervalo máximo de oito dias entre cada amostragem (procura limitada por tempo – PLT = 850,9 horas). Nestas ocasiões, as parcelas foram lentamente percorridas e as espécies procuradas no chão e na vegetação, sendo registradas por encontro visual (Crump & Scott 1994) e por amostragem auditiva (Zimmerman 1994). Em cada parcela também foram instaladas armadilhas de interceptação com funis duplos – AIF (*double-ended funnel traps with drift fence*) (Greenberg et al. 1994), contendo seis funis duplos ligados por uma cerca plástica guia em forma de Y, cada braço com 6 m de comprimento, 1 m de altura e enterrado no solo (esforço de AIF = 38.304 horas) (Figura 2d, e, f).

Para maximizar a independência de amostragem entre as localidades estudadas, todas as unidades amostrais (transectos e parcelas) foram distribuídas com uma distância mínima de 1 km entre as mesmas. O primeiro autor participou de todas as coletas e as espécies observadas fora das unidades amostrais foram contabilizadas como registros ocasionais. Espécimes testemunhos foram coletados (licenças de coleta IBAMA 02005.001919/0098 & 20059-1) e depositados na coleção de Anfíbios e Répteis do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) em Manaus, Amazonas - Brasil.

### 3. Análise de dados

A riqueza de anfíbios, lagartos e serpentes foi avaliada graficamente e por meio de curvas de rarefação, construídas por localidade amostrada e agrupando os dados para cada tipo de floresta. Essas curvas consideraram o número total de indivíduos em intervalos de confiança de 95%, a fim de padronizar o efeito dos diferentes métodos de coleta e estratégias de amostragem (Gotelli & Colwell 2001, Colwell 2004), utilizados em cada tipo de habitat nos dois períodos de estudo.

As curvas de rarefação foram graficamente comparadas com curvas de estimativa da riqueza local para cada grupo (sapos, lagartos e serpentes), também construídas por localidade e agrupando dados para cada tipo de floresta. Estas curvas de estimativa de riqueza representaram o valor médio obtido a partir de estimativas calculadas

utilizando os quatro estimadores de riqueza baseados em abundância mais correntemente empregados (ACE, Chao 1, Jack 1 e Bootstrap) (ver Colwell 2004). O uso da média desses estimadores de riqueza minimiza variações no desempenho particular de estimadores, normalmente relacionadas às diferenças em diversidade, amostragem e equitabilidade das comunidades (O'Hara 2005). Todas as curvas de rarefação e de estimativa da riqueza local foram obtidas com o programa EstimateS v.7 (Colwell 2004), para tanto não contabilizamos os registros eventuais das espécies.

## Resultados

Um total de 160 espécies e 5.561 indivíduos foi registrado neste estudo, entre os quais, espécies de anfíbios (Figura 3) e de répteis Squamata (Figura 4) pouco conhecidas para a região do baixo rio Purus. Deste total de espécies, 75 *taxa* foram anfíbios representados por 11 famílias de anuros e duas famílias de gimnofonas (Tabela 1); e 85 *taxa* foram répteis Squamata representados por nove famílias de lagartos e oito famílias de serpentes (Tabela 2).

A diversidade observada neste estudo foi próxima da riqueza local estimada para anfíbios e lagartos, tanto nas florestas de várzea quanto nas florestas de terra firme, mas abaixo da riqueza local esperada para serpentes em ambos os tipos de florestas (Figura 5).

Para todas as taxocenoses avaliadas foi observada maior riqueza de espécies nas florestas de terra firme que nas florestas de várzea: anfíbios (60/43 spp.), lagartos (31/19 spp.) e serpentes (41/27 spp.) (Figura 6). No entanto, as florestas de várzea abrigaram maior riqueza de lagartos heliotérmicos de maior porte (Teiidae) e de sapos arborícolas (Hylidae).

No geral, um maior esforço de amostragem foi empregado nas florestas de terra firme que nas florestas de várzea (ver Estratégias de amostragem). Este desbalanço em esforço foi evidenciado pelo maior número de espécimes encontrados nas florestas de terra firme, mais que o triplo dos registros feitos nas florestas de várzea: anfíbios (2566/763 espécimes), lagartos (1536/450 espécimes) e serpentes (116/36 espécimes).

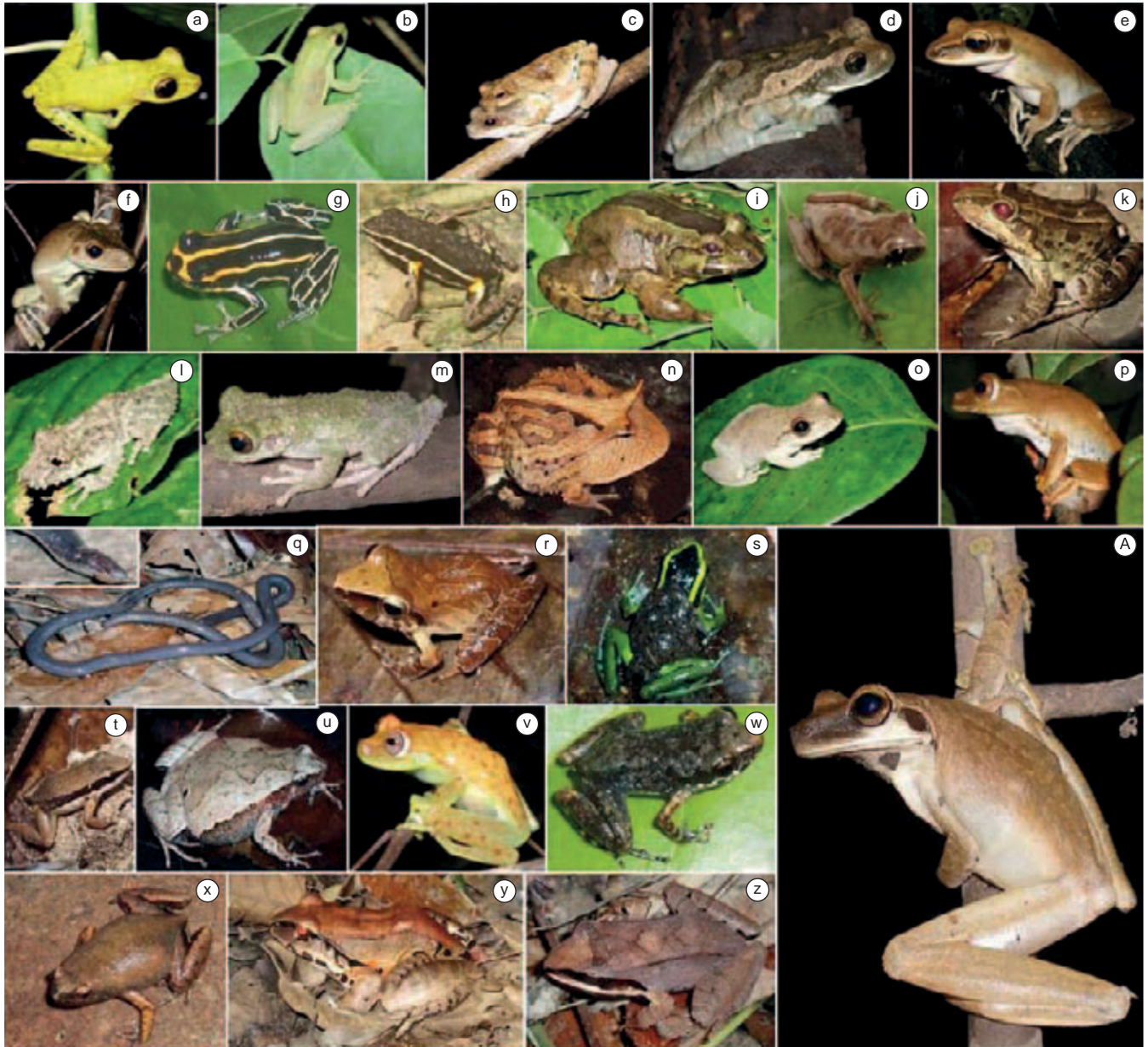
No entanto, quando comparamos a riqueza das taxocenoses avaliadas nos ambientes, entre os diferentes períodos de amostragem, um número de espécies mais similar foi evidenciado entre os tipos de paisagens florestais, para os períodos que empregaram esforço de coleta e estratégias de amostragem mais similares (Tabela 3). Também, foram expostas as variações de eficiência para cada método de amostragem empregado (ver Tabela 3). A busca ativa limitada por tempo (PLT) foi o método que no geral representou uma maior riqueza de espécies para todas as taxocenoses avaliadas nos dois tipos de florestas. Seguida das armadilhas de interceptação e queda (AIQ), que representaram uma maior riqueza de sapos terrícolas e principalmente de lagartos de serrapilheira nas florestas de terra firme. Finalmente, das armadilhas de interceptação com funis de dupla entrada (AIF), ineficientes na captura dos *taxa* melhores amostrados pelas AIQ, mas com melhor desempenho na amostragem da riqueza de serpentes terrícolas.

## Discussão

A riqueza de espécies de anfíbios e répteis Squamata na região do baixo rio Purus foi similar a diversidade encontrada em outras áreas de floresta na planície Amazônica (e.g. Rodríguez & Duellman 1994, Martins & Oliveira 1998, Donnelly et al. 2005, Duellman 1999, 2005, Bernarde & Abe 2006, Vogt et al. 2007, Avila-Pires et al. 2009, 2010, Lima et al. 2008, Vitt et al. 2008), em particular, com localidades na mesma área de endemismo (ver Rodríguez 2003, Souza 2009, França & Venâncio 2010, Instituto... 2010, Bernarde et al. 2011).



## Herpetofauna do baixo Rio Purus, Amazonas, Brasil



**Figura 3.** Espécies de anfíbios observadas na região do baixo rio Purus, Amazônia Central, Brasil: a) *Hypsiboas fasciatus*; b) *Scarthyla goinorum*; c) *Dendropsophus allenorum*; d) *Trachycephalus typhoni*; e) *Hypsiboas lanciformis*; f) *Hypsiboas wavrini*; g) *Ranitomeya ventrimaculata*; h) *Ameerega hahneli*; i) *Hydrolaetare schmidti*; j) *Dendropsophus koechlini*; k) *Leptodactylus macrosternum*; l) *Scinax pedromedinae*; m) *Osteocephalus cf. buckleyi*; n) *Ceratophrys cornuta*; o) *Scinax boesemani*; p) *Hypsiboas geographicus*; q) *Oscaecilia aff. bassleri*; r) *Pristimantis conspicillatus*; s) *Ameerega trivittata*; t) *Allobates* sp.2; u) *Hamptophryne boliviana*; v) *Hypsiboas punctatus*; w) *Phyzelaphryne miriamae*; x) *Chiasmocleis avilapiresae*; y) *Leptodactylus pentadactylus*; z) *Leptodactylus mystaceus* e A) *Osteocephalus planiceps* (Fotos - F. Waldez).

**Figure 3.** Species of amphibians observed in the lower Purus River Basin, Central Amazonia, Brazil: a) *Hypsiboas fasciatus*; b) *Scarthyla goinorum*; c) *Dendropsophus allenorum*; d) *Trachycephalus typhoni*; e) *Hypsiboas lanciformis*; f) *Hypsiboas wavrini*; g) *Ranitomeya ventrimaculata*; h) *Ameerega hahneli*; i) *Hydrolaetare schmidti*; j) *Dendropsophus koechlini*; k) *Leptodactylus macrosternum*; l) *Scinax pedromedinae*; m) *Osteocephalus cf. buckleyi*; n) *Ceratophrys cornuta*; o) *Scinax boesemani*; p) *Hypsiboas geographicus*; q) *Oscaecilia aff. bassleri*; r) *Pristimantis conspicillatus*; s) *Ameerega trivittata*; t) *Allobates* sp.2; u) *Hamptophryne boliviana*; v) *Hypsiboas punctatus*; w) *Phyzelaphryne miriamae*; x) *Chiasmocleis avilapiresae*; y) *Leptodactylus pentadactylus*; z) *Leptodactylus mystaceus* and A) *Osteocephalus planiceps* (Photos - F. Waldez).

A diversidade de vertebrados na Amazônia tem sido relacionada à ocorrência de áreas de endemismo (Silva et al. 2005) e padrões de distribuição coincidentes foram evidenciados para espécies de sapos (Duellman 1999, Ron 2000) e lagartos (Avila-Pires 1995, Avila-Pires et al. 2009). A bacia de drenagem do rio Purus localiza-se na área de endemismo amazônica denominada Inambari *sensu* Cracraft

(1985). Esta região biogeográfica corresponde à planície cisandina delimitada desde a confluência dos rios Amazonas/Solimões com o rio Negro no Brasil, seguindo a oeste pela margem sul do Amazonas/Solimões através do Brasil e Peru e a leste pela margem oeste do rio Madeira através do Brasil, Bolívia e Peru (ver Silva et al. 2005). Uma análise preliminar da herpetofauna do baixo rio Purus comparou



**Tabela 1.** Espécies de anfíbios encontradas na região do baixo rio Purus, Amazônia Central, Brasil. O número de espécimes foi indicado por: tipo de ambiente (floresta de terra firme e floresta de várzea), tipo de unidade amostral (parcela e transectos) e métodos de coleta (armadilha de interceptação com funis duplos – AIF, armadilha de interceptação e queda – AIQ, procura limitada por tempo – PLT e registro ocasional).

**Table 1.** Species of amphibians found in the lower Purus River Basin, Central Amazonia, Brazil. The individual numbers are indicated by: type of forest habitat (terra firmenonflooded forests and várzea flooded forests), sampling unit (plot and transect) and sampling method (time constrained audio-visual search - PLT, pitfall traps with drift fence – AIQ, double-ended funnel traps with drift fence – AIF and occasional records).

AMPHIBIA : LISSAMPHIBIA (75 spp.)	Total	Parcelas várzea (N = 28)		Parcelas terra firme (N = 32)		Transectos terra firme (N = 5)			Registros ocasionais
		AIF	PLT	AIF	PLT	AIQ	AIF	PLT	
<b>Ordem ANURA (73 spp.)</b>	<b>3384</b>	<b>14</b>	<b>749</b>	<b>96</b>	<b>1249</b>	<b>561</b>	<b>148</b>	<b>511</b>	<b>57</b>
<b>Aromobatidae (3 spp.)</b>									
<i>Allobates femoralis</i> (Boulenger, 1884 “1883”)	67	0	10	4	13	27	1	12	0
<i>Allobates</i> sp.1	8	0	0	0	8	0	0	0	0
<i>Allobates</i> sp.2	22	0	0	0	14	6	0	2	0
<b>Bufonidae (4 spp.)</b>									
<i>Amazophrynella</i> aff. <i>bokermanni</i> (Izecksohn, 1994 “1993”)	2	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Rhinella margaritifera</i> (Laurenti, 1768)	318	1	4	14	152	58	21	68	0
<i>Rhinella marina</i> (Linnaeus, 1758)	98	5	23	0	52	9	1	8	0
<i>Rhinella merianae</i> Gallardo, 1965	36	0	0	0	1	0	0	20	15
<b>Ceratophryidae (1 sp.)</b>									
<i>Ceratophrys cornuta</i> (Linnaeus, 1758)	1	0	0	0	0	1	0	0	0
<b>Dendrobatidae (4 spp.)</b>									
<i>Adelphobates quinquevittatus</i> (Steindachner, 1864)	3	0	0	0	2	1	0	0	0
<i>Ameerega hahneli</i> (Boulenger, 1884 “1883”)	205	0	0	10	124	18	35	18	0
<i>Ameerega trivittata</i> (Spix, 1824)	37	0	0	0	14	9	0	14	0
<i>Ranitomeya ventrimaculata</i> (Shreve, 1935)	2	0	0	0	1	0	0	1	0
<b>Eleutherodactylidae (1 sp.)</b>									
<i>Phyzelaphryne miriamae</i> Heyer, 1977	15	0	0	0	10	5	0	0	0
<b>Hylidae (33 spp.)</b>									
<i>Dendropsophus allenorum</i> (Duellman and Trueb, 1989)	46	0	44	0	2	0	0	0	0
<i>Dendropsophus brevifrons</i> (Duellman & Crump, 1974)	2	0	2	0	0	0	0	0	0
<i>Dendropsophus haraldschultzi</i> (Bokermann, 1962)	2	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Dendropsophus koehlini</i> (Duellman & Trueb, 1989)	1	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Dendropsophus leali</i> (Bokermann, 1964)	41	0	20	0	0	0	0	21	0
<i>Dendropsophus leucophyllatus</i> (Beireis, 1783)	191	0	17	0	127	0	0	47	0
<i>Dendropsophus rossalleni</i> (Goin, 1959)	6	0	0	0	1	0	0	5	0
<i>Dendropsophus triangulum</i> (Günther, 1869 “1868”)	3	0	1	0	0	0	0	0	2
<i>Hypsiboas calcaratus</i> (Troschel in Schomburgk, 1848)	25	0	12	0	4	0	0	9	0
<i>Hypsiboas cinerascens</i> (Spix, 1824)	2	0	1	0	1	0	0	0	0
<i>Hypsiboas fasciatus</i> (Günther, 1859 “1858”)	56	0	43	0	13	0	0	0	0
<i>Hypsiboas geographicus</i> (Spix, 1824)	37	0	31	0	1	0	0	5	0
<i>Hypsiboas lanciformis</i> (Cope, 1871)	12	0	4	0	6	0	0	2	0
<i>Hypsiboas punctatus</i> (Schneider, 1799)	4	0	3	0	1	0	0	0	0
<i>Hypsiboas raniceps</i> Cope, 1862	18	0	5	0	0	0	0	8	5
<i>Hypsiboas wavrini</i> (Parker, 1936)	71	0	22	0	12	0	0	37	0
<i>Osteocephalus</i> cf. <i>buckleyi</i> (Boulenger, 1882)	2	0	1	0	1	0	0	0	0
<i>Osteocephalus cabrerai</i> (Cochran & Goin, 1970)	1	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Osteocephalus leprieurii</i> (Duméril & Bibron, 1841)	4	0	0	0	4	0	0	0	0
<i>Osteocephalus planiceps</i> Cope, 1874	43	0	16	0	27	0	0	0	0
<i>Osteocephalus taurinus</i> Steindachner, 1862	153	0	58	0	50	0	0	45	0
<i>Phyllomedusa vaillantii</i> Boulenger, 1882	3	0	0	0	3	0	0	0	0
<i>Pseudis limellum</i> (Cope, 1862)	41	0	29	0	0	0	0	0	12
<i>Scarthyla goinorum</i> (Bokermann, 1962)	44	0	42	1	1	0	0	0	0
<i>Scinax boesemani</i> (Goin, 1966)	39	0	26	0	3	0	0	10	0
<i>Scinax garbei</i> (Miranda-Ribeiro, 1926)	109	0	47	0	37	0	0	25	0
<i>Scinax nebulosus</i> (Spix, 1824)	5	0	1	0	1	0	0	3	0
<i>Scinax pedromedinae</i> (Henle, 1991)	33	0	33	0	0	0	0	0	0

Tabela 1. Continuação...

AMPHIBIA : LISSAMPHIBIA (75 spp.)	Total	Parcelas várzea (N = 28)		Parcelas terra firme (N = 32)		Transectos terra firme (N = 5)			Registros ocasionais
		AIF	PLT	AIF	PLT	AIQ	AIF	PLT	
<i>Scinax ruber</i> (Laurenti, 1768)	61	0	39	0	6	0	0	16	0
<i>Sphaenorhynchus carneus</i> (Cope, 1868)	2	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Sphaenorhynchus lacteus</i> (Daudin, 1800)	2	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Trachycephalus resinifictrix</i> (Goeldi, 1907)	127	0	55	0	43	0	0	28	1
<i>Trachycephalus typhonius</i> (Linnaeus, 1758)	23	0	16	0	0	0	0	7	0
<b>Leiuperidae (1 sp.)</b>									
<i>Engystomops freibergeri</i> (Donoso-Barros, 1969)	32	0	0	0	0	27	5	0	0
<b>Leptodactylidae (11 spp.)</b>									
<i>Hydrolaetare schmidti</i> (Cochran & Goin, 1959)	2	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Leptodactylus</i> aff. <i>andreae</i> Müller, 1923	860	3	98	65	382	229	23	60	0
<i>Leptodactylus fuscus</i> (Schneider, 1799)	20	0	0	0	0	0	0	8	12
<i>Leptodactylus knudseni</i> Heyer, 1972	10	0	0	0	0	7	3	0	0
<i>Leptodactylus lineatus</i> (Schneider, 1799)	31	0	0	0	0	26	4	1	0
<i>Leptodactylus macrosternum</i> Miranda-Ribeiro, 1926	4	0	4	0	0	0	0	0	0
<i>Leptodactylus mystaceus</i> (Spix, 1824)	68	0	0	0	1	41	22	4	0
<i>Leptodactylus pentadactylus</i> (Laurenti, 1768)	95	0	16	0	56	6	9	8	0
<i>Leptodactylus petersii</i> (Steindachner, 1864)	110	5	20	2	41	29	5	8	0
<i>Leptodactylus rhodomystax</i> Boulenger, 1884 "1883"	15	0	0	0	1	4	7	2	1
<i>Leptodactylus stenodema</i> Jiménez de la Espada, 1875	9	0	1	0	1	6	1	0	0
<b>Microhylidae (7 spp.)</b>									
<i>Chiasmocleis avilapiresae</i> Peloso & Sturaro, 2008	35	0	0	0	0	26	9	0	0
<i>Chiasmocleis bassleri</i> Dunn, 1949	27	0	0	0	3	13	2	9	0
<i>Chiasmocleis hudsoni</i> Parker, 1940	1	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Ctenophryne geayi</i> Mocquard, 1904	2	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Hamptophryne boliviana</i> (Parker, 1927)	2	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Synapturanus</i> aff. <i>salseri</i> Pyburn, 1975	16	0	3	0	13	0	0	0	0
<i>Syncope</i> aff. <i>antenori</i> Walker, 1973	1	0	0	0	0	1	0	0	0
<b>Pipidae (2 spp.)</b>									
<i>Pipa pipa</i> (Linnaeus, 1758)	3	0	0	0	1	0	0	0	2
<i>Pipa snethlageae</i> Müller, 1914	2	0	0	0	0	0	0	0	2
<b>Strabomantidae (5 spp.)</b>									
<i>Oreobates quixensis</i> Jiménez de la Espada, 1872	1	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Pristimantis altamazonicus</i> (Barbour & Dunn, 1921)	4	0	0	0	0	4	0	0	0
<i>Pristimantis conspicillatus</i> (Günther, 1858)	8	0	0	0	8	0	0	0	0
<i>Pristimantis</i> aff. <i>ventrimarmoratus</i> (Boulenger, 1912)	3	0	0	0	0	3	0	0	0
<i>Pristimantis</i> sp.	1	0	0	0	1	0	0	0	0
<b>Ordem GYMNOPTIONA (2 spp.)</b>									
<b>Caeciliidae (1 sp.)</b>									
<i>Osaecilia</i> aff. <i>bassleri</i> (Dunn, 1942)	1	0	0	0	0	1	0	0	0
<b>Typhlonectidae (1 sp.)</b>									
<i>Typhlonectes compressicauda</i> (Duméril & Bibron, 1841)	3	0	0	0	0	0	0	0	3

o Coeficiente de Similaridade Biogeográfica (*sensu* Duellman 1990) com outras localidades na Amazônia e encontrou maior correspondência biogeográfica com áreas na Amazônia Central, no Sudoeste e Oeste da Amazônia (Instituto... 2010), regiões abrangidas pela área de endemismo Inambari (Silva et al. 2005). Este padrão de distribuição foi corroborado pela ocorrência de espécies como: os sapos *Dendropsophus allenorum*, *Pristimantis altamazonicus*, *Scinax pedromedinae* característicos do alto Amazonas/Solimões e sudoeste da Amazônia (Rodríguez & Duellman 1994, Duellman 1999, Ron

2000, Frost 2011), e os lagartos *Gonatodes hasemani*, *Leposoma osvaldoi*, encontrados no sudoeste da Amazônia, e *Anolis tandai*, *Leposoma snethlageae*, *Uracentron azureum guentheri*, encontrados no oeste da Amazônia (Avila-Pires 1995, Avila-Pires et al. 2009).

Nesse estudo, realizamos uma amostragem ampla em esforço e área, utilizando técnicas de coleta complementares eficientes na captação da diversidade da herpetofauna em florestas tropicais (ver Doan 2003, Ribeiro-Júnior et al. 2008). No entanto, para conhecer a diversidade das comunidades de anfíbios e pequenos répteis em



**Figura 4.** Espécies de répteis Squamata observadas na região do baixo rio Purus, Amazônia Central, Brasil: a) *Anolis fuscoauratus*; b) *Anolis tandai*; c) *Gonatodes humeralis*; d) *Gonatodes hasemani*; e) *Chatogekko amazonicus*; f) *Alopoglossus* aff. *atriventrís*; g) *Kentropyx altamazonica*; h) *Arthrosaura reticulata*; i) *Dracaena guianensis*; j) *Copeoglossum nigropunctatum*; k) *Uracentron azureum guentheri*; l) *Uranoscodon superciliosus*; m) *Lepidoblepharis heyerorum*; n) *Plica umbra*; o) *Chironius scurrulus*; p) *Micrurus langsdorffii*; q) *Tantilla melanocephala*; r) *Dipsas catesbyi*; s) *Oxyrhopus occipitalis*; t) *Bothriopsis taeniata*; u) *Liophis typhlus*; v) *Dendrophidion dendrophis*; w) *Dipsas indica*; x) *Taeniophallus* aff. *occipitalis*; y) *Bothrops atrox*; z) *Imantodes cenchoa* (Foto i – B. Marioni, demais fotos – F. Waldez).

**Figure 4.** Species of Squamata reptilians observed in the lower Purus River Basin, Central Amazonia, Brazil: a) *Anolis fuscoauratus*; b) *Anolis tandai*; c) *Gonatodes humeralis*; d) *Gonatodes hasemani*; e) *Chatogekko amazonicus*; f) *Alopoglossus* aff. *atriventrís*; g) *Kentropyx altamazonica*; h) *Arthrosaura reticulata*; i) *Dracaena guianensis*; j) *Copeoglossum nigropunctatum*; k) *Uracentron azureum guentheri*; l) *Uranoscodon superciliosus*; m) *Lepidoblepharis heyerorum*; n) *Plica umbra*; o) *Chironius scurrulus*; p) *Micrurus langsdorffii*; q) *Tantilla melanocephala*; r) *Dipsas catesbyi*; s) *Oxyrhopus occipitalis*; t) *Bothriopsis taeniata*; u) *Liophis typhlus*; v) *Dendrophidion dendrophis*; w) *Dipsas indica*; x) *Taeniophallus* aff. *occipitalis*; y) *Bothrops atrox*; z) *Imantodes cenchoa* (Photo i – B. Marioni, too photos – F. Waldez).

grandes áreas de florestas de terras baixas na Amazônia, são requeridos estudos de longo prazo com grande esforço de amostragem (ver Rodríguez & Duellman 1994, Duellman 1999, 2005, Donnelly et al. 2005, Lima et al. 2008, Vitt et al. 2008). Nestes ambientes florestais, as serpentes normalmente correspondem ao grupo da herpetofauna menos conhecido por dificuldades associadas à detecção das espécies (Martins & Oliveira 1998, Bernarde & Abe 2006).

De fato, a amostragem da diversidade da herpetofauna no baixo Purus se mostrou satisfatória para sapos e lagartos nas florestas de

terra firme e de várzea, com eficiência menor na amostragem de serpentes nos dois tipos de florestas (ver Figura 5). No entanto, alguns *taxa* foram notadamente ausentes na composição das espécies observada. No geral, foi baixo o número de registros de espécies com hábitos aquático e fossorial. Não foram observados répteis Squamata fossoriais das famílias Amphisbaenidae (*Amphisbaena* spp.) e Gymnophthalmidae (*Bachia* spp.); também ausentes foram lagartos dos gêneros *Neusticurus* semi-aquático (Gymnophthalmidae), *Stenocercus terricola* (Tropiduridae) e *Polychrus arborícola*



**Tabela 2.** Espécies de répteis Squamata encontradas na região do baixo rio Purus, Amazônia Central, Brasil. O número de espécimes foi indicado por: tipo de ambiente (floresta de terra firme e floresta de várzea), tipo de unidade amostral (parcela e transecto) e métodos de coleta (armadilha de interceptação com funis duplos – AIF, armadilha de interceptação e queda – AIQ, procura limitada por tempo – PLT e registro ocasional).

**Table 2.** Species of Squamata reptilians found in the lower Purus River Basin, Central Amazonia, Brazil. The individual numbers are indicated by: type of forests habitat (terra firmenonflooded forests and várzea flooded forests), sampling unit (plot and transect) and sampling method (time constrained audio-visual search - PLT, pitfall traps with drift fence – AIQ, double-ended funnel traps with drift fence – AIF and occasional records).

REPTILIA : SQUAMATA (85 spp.)	Total.	Parcelas várzea (n = 28)		Parcelas terra firme (n = 32)		Transectos terra firme (n = 5)			Registros ocasionais
		AIF	PLT	AIF	PLT	AIQ	AIF	PLT	
<b>Subordem SAURIA (34 spp.)</b>	<b>1996</b>	<b>3</b>	<b>447</b>	<b>58</b>	<b>792</b>	<b>187</b>	<b>37</b>	<b>462</b>	<b>34</b>
<b>Iguanidae (1 sp.)</b>									
<i>Iguana iguana</i> (Linnaeus, 1758)	7	0	0	0	1	2	0	3	1
<b>Polychrotidae (5 spp.)</b>									
<i>Anolis fuscoauratus</i> D'Orbigny, 1837	219	0	65	0	65	19	0	70	0
<i>Anolis tandai</i> (Avila-Pires, 1995)	45	0	1	2	16	4	2	20	0
<i>Anolis ortonii</i> Cope, 1868	4	0	2	0	0	2	0	0	0
<i>Anolis punctatus</i> Daudin, 1802	4	0	1	0	1	1	0	1	0
<i>Anolis transversalis</i> Duméril, 1851	5	0	0	0	2	2	0	1	0
<b>Tropiduridae (4 spp.)</b>									
<i>Plica plica</i> (Linnaeus, 1758)	12	0	0	0	4	3	0	5	0
<i>Plica umbra</i> (Linnaeus, 1758)	24	0	11	0	10	1	0	2	0
<i>Uracentron azureum</i> (Linnaeus, 1758)	2	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Uranoscodon superciliosus</i> (Linnaeus, 1758)	125	0	72	0	32	1	0	16	4
<b>Gekkonidae (1 sp.)</b>									
<i>Hemidactylus mabouia</i> (Moreau de Jonnès, 1818)	2	0	0	0	0	0	0	0	2
<b>Phyllodactylidae (1 sp.)</b>									
<i>Thecadactylus solimoensis</i> Bergmann & Russell, 2007	7	0	0	0	1	0	0	5	1
<b>Sphaerodactylidae (4 spp.)</b>									
<i>Chatogekko amazonicus</i> (Andersson, 1918)	303	0	2	22	205	25	3	46	0
<i>Gonatodes hasemani</i> Griffin, 1917	4	0	0	0	3	0	1	0	0
<i>Gonatodes humeralis</i> (Guichenot, 1855)	348	0	76	0	151	0	0	121	0
<i>Lepidoblepharis heyerorum</i> Vanzolini, 1978	1	0	0	1	0	0	0	0	0
<b>Teiidae (6 spp.)</b>									
<i>Ameiva ameiva</i> (Linnaeus, 1758)	250	0	30	17	145	20	9	29	0
<i>Crocodylurus amazonicus</i> Spix, 1825	34	0	1	0	1	0	0	32	0
<i>Dracaena guianensis</i> Daudin, 1802	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Kentropyx altamazonica</i> (Cope, 1876)	131	0	99	0	0	0	0	32	0
<i>Kentropyx pelviceps</i> Cope, 1868	99	0	14	2	40	11	7	25	0
<i>Tupinambis teguixin</i> (Linnaeus, 1758)	62	0	28	0	28	0	0	6	0
<b>Gymnophthalmidae (10 spp.)</b>									
<i>Alopoglossus angulatus</i> (Linnaeus, 1758)	21	0	0	0	0	12	4	5	0
<i>Alopoglossus</i> aff. <i>atriventris</i> Duellman, 1973	88	0	0	8	43	22	5	10	0
<i>Arthrosaura reticulata</i> (O'Shaughnessy, 1881)	50	2	0	3	14	20	3	8	0
<i>Cercosaura argulus</i> Peters, 1863	3	0	0	0	0	3	0	0	0
<i>Cercosaura ocellata</i> Wagler, 1830	1	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Iphisa elegans</i> Gray, 1851	11	0	0	0	1	9	0	1	0
<i>Leposoma osvaldoi</i> Ávila-Pires, 1995	3	0	0	0	0	3	0	0	0
<i>Leposoma percarinatum</i> (Müller, 1923)	23	0	1	1	8	13	0	0	0
<i>Leposoma snethlageae</i> Ávila-Pires, 1995	1	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Ptychoglossus brevifrontalis</i> Boulenger, 1912	5	0	0	0	0	5	0	0	0
<b>Scincidae (2 spp.)</b>									
<i>Varzea bistriata</i> (Spix, 1825)	2	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Copeoglossum nigropunctatum</i> (Spix, 1825)	99	1	44	1	21	6	3	23	0
<b>Subordem OPHIDIA (51 spp.)</b>	<b>177</b>	<b>5</b>	<b>31</b>	<b>4</b>	<b>42</b>	<b>32</b>	<b>25</b>	<b>13</b>	<b>25</b>
<b>Leptotyphlopidae (1 sp.)</b>	.								
<i>Epictia</i> sp.	1	0	0	0	0	1	0	0	0



Tabela 2. Continuação...

REPTILIA : SQUAMATA (85 spp.)	Total.	Parcelas várzea (n = 28)		Parcelas terra firme (n = 32)		Transectos terra firme (n = 5)			Registros ocasionais
		AIF	PLT	AIF	PLT	AIQ	AIF	PLT	
<b>Typhlopidae (2 spp.)</b>									
<i>Typhlops minuisquamus</i> Dixon & Hendricks, 1979	1	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Typhlops reticulatus</i> (Linnaeus, 1758)	1	0	0	0	0	1	0	0	0
<b>Aniliidae (1 sp.)</b>									
<i>Anilius scytale</i> (Linnaeus, 1758)	3	1	0	0	0	0	2	0	0
<b>Boidae (5 spp.)</b>									
<i>Boa constrictor</i> Linnaeus, 1758	2	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Corallus caninus</i> (Linnaeus, 1758)	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Corallus hortulanus</i> (Linnaeus, 1758)	8	0	3	0	2	0	0	2	1
<i>Epicrates cenchria</i> (Linnaeus, 1758)	2	0	0	0	1	1	0	0	0
<i>Eunectes murinus</i> (Linnaeus, 1758)	3	0	1	0	0	0	0	0	2
<b>Colubridae (12 spp.)</b>									
<i>Chironius carinatus</i> (Linnaeus, 1758)	1	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Chironius exoletus</i> (Linnaeus, 1758)	1	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Chironius fuscus</i> (Linnaeus, 1758)	4	1	1	0	0	1	1	0	0
<i>Chironius scurrulus</i> (Wagler, 1824)	6	0	3	0	3	0	0	0	0
<i>Dendrophidion dendrophis</i> (Schlegel, 1837)	2	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Drymoluber dichrous</i> (Peters, 1863)	4	0	0	0	3	0	1	0	0
<i>Leptophis ahaetulla</i> (Linnaeus, 1758)	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Oxybelis aeneus</i> (Wagler, 1824)	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Oxybelis fulgidus</i> (Daudin, 1803)	2	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Pseustes poecilonotus</i> (Günther, 1858)	2	0	0	0	1	0	0	1	0
<i>Spilotes pullatus</i> (Linnaeus, 1758)	2	0	1	0	0	0	0	1	0
<i>Tantilla melanocephala</i> (Linnaeus, 1758)	2	0	0	0	2	0	0	0	0
<b>Dipsadidae (20 spp.)</b>									
<i>Atractus poeppigi</i> (Jan, 1862)	4	0	0	0	0	2	2	0	0
<i>Atractus schach</i> (Boie, 1827)	2	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Atractus torquatus</i> (Duméril, Bibron & Duméril, 1854)	24	0	0	0	0	16	6	0	2
<i>Dipsas catesbyi</i> (Santzen, 1796)	7	0	6	0	1	0	0	0	0
<i>Dipsas indica</i> Laurenti, 1768	3	0	3	0	0	0	0	0	0
<i>Drepanoides anomalus</i> (Jan, 1863)	4	1	0	1	0	0	2	0	0
<i>Helicops angulatus</i> (Linnaeus, 1758)	4	0	0	0	2	2	0	0	0
<i>Hydrodynastes gigas</i> (Duméril, Bibron & Duméril, 1854)	2	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Hydrops martii</i> (Wagler, 1824)	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Imantodes cenchoa</i> (Linnaeus, 1758)	17	0	6	0	6	0	0	4	1
<i>Leptodeira annulata</i> (Linnaeus, 1758)	4	0	0	0	1	0	0	3	0
<i>Liophis typhlus</i> (Linnaeus, 1758)	4	0	1	0	1	0	0	1	1
<i>Oxyrhopus occipitalis</i> Wagler in Spix, 1824	2	0	0	0	1	0	1	0	0
<i>Oxyrhopus vanidicus</i> Lynch, 2009	3	0	0	0	1	0	2	0	0
<i>Philodryas argentea</i> (Daudin, 1803)	1	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudoboa coronata</i> Schneider, 1801	2	0	0	0	0	0	2	0	0
<i>Siphlophis cervinus</i> (Laurenti, 1768)	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Taeniophallus aff. occipitalis</i> (Jan, 1863)	2	0	0	1	0	0	1	0	0
<i>Thamnodynastes pallidus</i> (Linnaeus, 1758)	2	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Xenopholis scalaris</i> (Wucherer, 1861)	5	0	1	1	1	0	1	1	0
<b>Elapidae (6 spp.)</b>									
<i>Micrurus filiformis</i> (Günther, 1859)	1	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Micrurus hemprichii</i> (Jan, 1858)	7	0	0	0	0	5	2	0	0
<i>Micrurus langsdorffii</i> Wagler, 1824	1	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Micrurus lemniscatus</i> (Linnaeus, 1758)	1	0	0	0	1	0	0	0	0

Tabela 2. Continuação...

REPTILIA : SQUAMATA (85 spp.)	Total.	Parcelas várzea (n = 28)		Parcelas terra firme (n = 32)		Transectos terra firme (n = 5)			Registros ocasionais
		AIF	PLT	AIF	PLT	AIQ	AIF	PLT	
<i>Micrurus spixii</i> Wagler, 1824	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Micrurus surinamensis</i> (Cuvier, 1817)	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>Viperidae (4 spp.)</b>									
<i>Bothriopsis bilineata</i> (Wied, 1825)	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Bothriopsis taeniata</i> (Wagler, 1824)	2	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Bothrops atrox</i> (Linnaeus, 1758)	17	0	2	0	9	0	2	0	4
<i>Lachesis muta</i> (Linnaeus, 1766)	1	0	0	0	0	0	0	0	1

Tabela 3. Riqueza de espécies da herpetofauna na região do baixo rio Purus, Amazonas, Brasil. O número de espécies registradas encontra-se apresentado por método de coleta, tipo de floresta e estratégia de amostragem. Entre parênteses o número de espécies registradas exclusivamente por cada tipo de método de coleta.

Table 3. Richness of herpetofauna species from the lower Purus River Basin, Central Amazonia, Brazil. The number of species is indicated by type of forest habitat, sampling unit and sampling method. The number of species recorded exclusively by each sampling method is noted in brackets.

Grupo	método de coleta	Número de espécie registradas (registradas apenas pelo método)		
		Parcelas de várzea	Parcelas de terra firme	Transectos de terra firme
ANFÍBIOS	Armadilha de interceptação com funis – AIF	4 (0)	6 (0)	15 (0)
	Procura limitada por tempo – PLT	36 (32)	48 (42)	31 (14)
	Armadilhas de interceptação e queda – AIQ	-	-	27 (10)
	Total de espécies registradas	36	48	45
LAGARTOS	Armadilha de interceptação com funis – AIF	2 (1)	10 (2)	9 (1)
	Procura limitada por tempo – PLT	16 (15)	21 (14)	22 (6)
	Armadilhas de interceptação e queda – AIQ	-	-	23 (7)
	Total de espécies registradas	17	23	30
SERPENTES	Armadilha de interceptação com funis – AIF	5 (3)	4 (3)	13 (7)
	Procura limitada por tempo – PLT	14 (12)	21 (20)	7 (6)
	Armadilhas de interceptação e queda – AIQ	-	-	10 (6)
	Total de espécies registradas	17	24	24

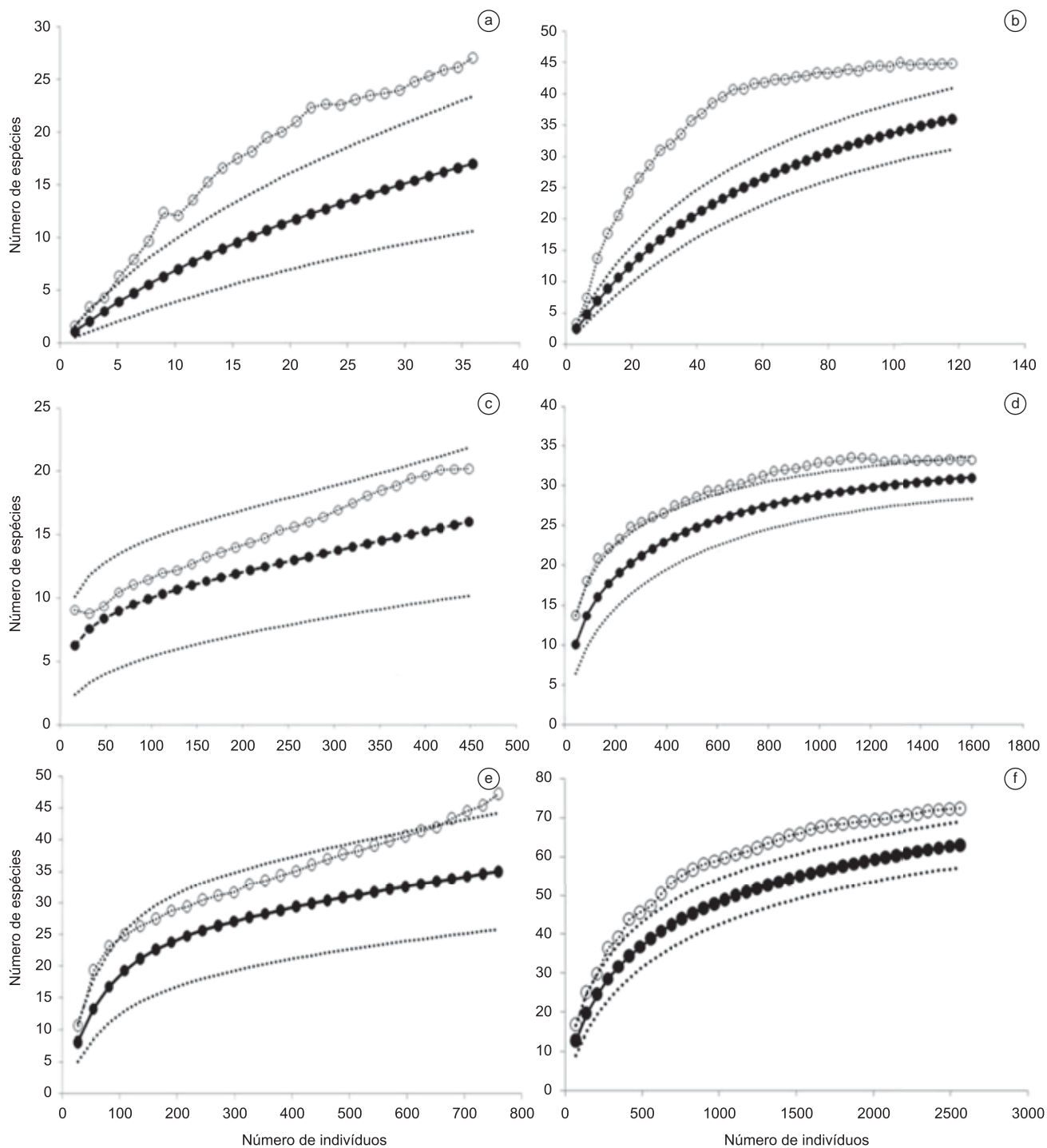
(Polychrotidae). Todos estes gêneros apresentam espécies ocorrendo na região da bacia do rio Purus (Rodríguez 2003, Avila-Pires et al. 2009). Também, salamandras da família Plethodontidae (*Bolitoglossa* spp.) não foram encontradas apesar de ocorrerem em ambos os interflúvios do rio Purus, como indicam espécimes depositados na Coleção de Anfíbios e Répteis do INPA. De acordo com esses resultados, acreditamos que a estratégia de amostragem empregada foi eficaz em representar a maior parte da diversidade da herpetofauna terrestre de hábitos arborícola e terrícola.

Novos registros de espécies foram feitos para os sapos *Dendropsophus allenorum*, primeiro registro para o Brasil (ver Frost 2011), e *Scinax pedromedinae*, segundo registro no país (ver Hoogmoed & Avila-Pires 2011). Estas duas espécies arborícolas são conhecidas da Amazônia Peruana, Boliviana e recentemente Brasileira, para o alto rio Amazonas/Solimões e nas bacias dos rios Madre de Dios e Purus (Rodríguez & Duellman 1994, Duellman 1999, Ron 2000, Hoogmoed & Avila-Pires 2011, Frost 2011). Na região do baixo rio Purus *D. allenorum* (Figura 4c) e *S. pedromedinae* (Figura 4l) ocorreram associadas às florestas de várzeas.

Comparando a eficiência dos métodos de coleta utilizados (Tabela 3), a busca ativa realizada por coletores capacitados (procura limitada por tempo – PLT) foi o método mais eficaz na amostragem de um

maior número de espécies da herpetofauna, como já descrito em inventários em regiões florestais na Amazônia (Neckel-Oliveira & Gordo 2004, Donnelly et al. 2005, Vogt et al. 2007, Turci & Bernarde 2008). O uso de armadilhas de interceptação e queda - AIQ (*pitfall traps*) apesar de bastante indicado para amostragem da herpetofauna em ambientes de florestas tropicais (Cechin & Martins 2000, Ribeiro-Júnior et al. 2008) é de difícil utilização em áreas com solos hidricamente saturados, como nas florestas sazonalmente alagáveis (Neckel-Oliveira & Gordo 2004). Dentro de uma estratégia que privilegia a amostragem de um grande número de localidades, o uso de *pitfall traps* onera as relações de custo-benefício. Neste estudo, as amostragens com AIQ foram restritas a um menor número de localidades de floresta de terra firme e utilizadas por um período maior de tempo de abertura (ver Estratégias de amostragem). As armadilhas de interceptação com funis duplos - AIF (*double-ended funnel traps*), por serem de rápida instalação, foram intermediárias nas relações de custos-benefício para espacializar muitas unidades amostrais em uma grande área. A instalação de *funnel traps* é facilmente adaptável aos solos hidromórficos das florestas de várzea. Neste e em outros estudos realizados em ambientes florestais as AIF foram eficientes na captura serpentes (Vogt et al. 2007, Bateman et al. 2009), um dos grupos menos representados em inventários rápidos (Martins & Oliveira 1998,

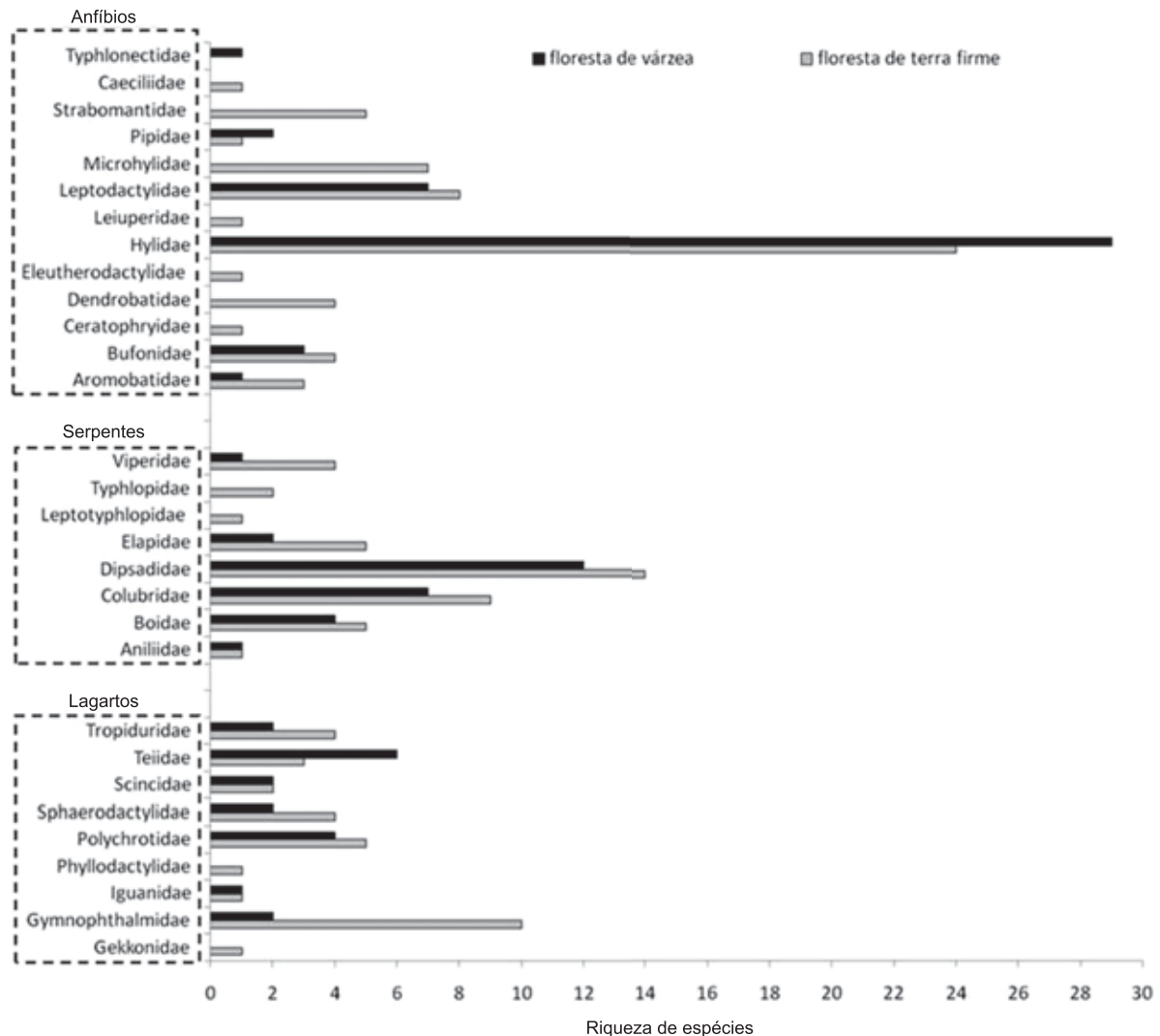
Waldez, F. et al.



**Figura 5.** Curvas de rarefação baseadas no número de indivíduos (círculos cheios) para as comunidades de serpentes (a, b), lagartos (c, d) e anfíbios (e, f) da região do baixo rio Purus, Amazônia Central, Brasil. As linhas tracejadas representam intervalos de confiança de 95%. Os círculos abertos demonstram a média das estimativas de riqueza de quatro diferentes estimadores (ACE, Chao 1, Jackknife & Bootstrap). As comunidades de espécies das florestas de várzea encontram-se na coluna esquerda e das espécies de florestas de terra firme na coluna direita.

**Figure 5.** Abundance-based rarefaction curves (Black symbols) for the assemblages of snakes (a, b), lizards (c, d) and amphibians (e, f) from the lower Purus River Basin in Central Amazonia, Brazil. Dotted lines denote 95% confidence intervals. Clear symbol lines show the mean estimated richness from four different richness estimators (ACE, Chao 1, Jackknife & Bootstrap). The species assemblages from the varzea flooded forests are in the left column and species from the terra firme nonflooded forests in the right column.

## Herpetofauna do baixo Rio Purus, Amazonas, Brasil



**Figura 6.** Número de espécies por famílias de anfíbios e répteis Squamata (lagartos e serpentes) encontradas nas florestas de terra firme e florestas de várzea da região do baixo rio Purus, Amazônia Central, Brasil.

**Figure 6.** Number of species by families of amphibians and Squamata reptilians (lizards and snakes) found in the terra firme nonflooded forests and the varzea flooded forests from the lower Purus River Basin, Central Amazonia, Brazil.

Bernarde & Abe 2006). Considerando nossos resultados (Tabela 3), julgamos adequado utilizar AIF como método complementar a busca ativa por coletores capacitados, para amostragem da herpetofauna em florestas tropicais de planícies de terra firme e sazonalmente alagáveis. No entanto, resultados conflitantes quanto à eficiência das *funnel traps* na amostragem da herpetofauna são descritos na literatura (ver Ribeiro-Júnior et al. 2008). Estas diferenças podem estar relacionadas com características dos habitats. Nas florestas de várzea, certamente a menor eficácia relativa dos *funnel traps* foi influenciada pela menor representatividade de grupos fossoriais e de serrapilheira presentes na terra firme (ver Figura 6). Também, podem decorrer de variações na metodologia de uso dos *funnel traps*. Para ambientes florestais, independente da disposição dos conjuntos de AIF (linhas retas, linhas em Y, etc), recomendamos o uso de funis com dupla abertura, fixados à cerca guia, parcialmente enterrados e com as entradas preenchidas com o substrato do solo (ver Figura 2e, f).

Além deste estudo, poucas pesquisas realizaram análises amplas sobre a diversidade da herpetofauna entre florestas sazonalmente

alagáveis e de florestas de terra firme na Amazônia (ver Crump 1971, Doan & Arizábal 2002, Neckel-Oliveira & Gordo 2004, Duellman 2005). Alguns estudos realizaram uma análise restrita para sapos (Gascon 1996, Gascon et al. 2000, Gordo 2003). Em todos, foi comum uma distribuição desigual do esforço de amostragem devido a diferente a disponibilidade em área de cada tipo de ambiente. Os habitats de florestas de terra firme tiveram amostragem priorizada pela maior complexidade estrutural e pelo uso de armadilhas de interceptação e queda (AIQ) que são de difícil instalação em solos úmidos como das florestas alagáveis (Neckel-Oliveira & Gordo 2004).

De maneira geral, uma maior diversidade de espécies da herpetofauna tem sido associada às florestas de terra firme (Gascon 1996, Gascon et al. 2000, Doan & Arizábal 2002, Neckel-Oliveira & Gordo 2004, Duellman 2005). Em alguns estudos têm-se encontrado nas florestas de várzea uma diversidade maior ou similar a das florestas de terra firme (Crump 1971, Gordo 2003).

Na região do baixo Purus, foi encontrada uma maior riqueza de espécies e de famílias nas florestas de terra firme que nas florestas de



várzea com marcante ausência de espécies fossoriais e de serrapilheira (Figura 6). No entanto, nas florestas de várzea encontramos um maior número de espécies de sapos arborícolas (Hylidae) e de lagartos heliotérmicos de maior porte (Teiidae) (Figura 6), com ocorrência de espécies semi-aquáticas pouco registradas (e.g. *Dracaena guianensis*) (Tabela 2, Figura 4i).

Uma riqueza de espécies da herpetofauna mais parecida em números absolutos entre os diferentes tipos de paisagens florestais pode ser observada considerando o número de espécies entre períodos de amostragem que empregaram esforço de coleta e estratégias de amostragem mais similares (ver Tabela 3). No entanto, apesar poderem ser similares em número espécies de anfíbios e répteis Squamata, as florestas de terra firme e de várzea na região estudada foram diferentes quanto ao conjunto de espécies. As várzeas foram amostradas durante a fase terrestre e a ausência de várias famílias de espécies da herpetofauna encontradas nos solos das florestas de terra firme adjacentes, indicou forte efeito do pulso de inundação (Junk et al. 1989) na estruturação das comunidades de anfíbios e répteis nas florestas de várzea. De fato, para florestas sazonalmente inundáveis na Amazônia Central o pulso de inundação tem sido reportado como o principal evento ecológico e histórico estruturador das comunidades animal e vegetal (ver Junk 1997, Haugaasen & Peres 2005).

A diversidade complementar de espécies de anfíbios e répteis Squamata entre as florestas de terra firme e as florestas de várzea (diversidade beta- $\beta$ ), relacionada com a maior abrangência local destas paisagens florestais, possivelmente representa a maior contribuição para a diversidade regional da herpetofauna no baixo rio Purus (diversidade Gama- $\gamma$ ).

## Agradecimentos

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) concedeu bolsa de doutorado para F. Waldez (POSGRAD 001/2008). Ao CNPq pela Bolsa de Produtividade em Pesquisa concedida para M. Menin e R. C. Vogt. O Centro Estadual de Unidades de Conservação (CEUC) da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Amazonas (SDS) autorizou a pesquisa na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Piagaçu-Purus (n° proc.: 39/2010 SDS/CEUC). Os resultados apresentados neste estudo foram financiados pela FAPEAM através do Programa Integrado de Pesquisa e Inovação Tecnológica (PIPT) concedido para R. C. Vogt (n° proc.: 877/2003). Também pelo Instituto Piagaçu (IPI) em parceria com a Wildlife Conservation Society (WCS). Hermogenes Costa Neto construiu o mapa da Figura 1. Dois revisores anônimos fizeram relevantes contribuições à primeira versão do manuscrito.

## Referências Bibliográficas

- ALBERNAZ, A.L.K.M. & VENTICINQUE, E.M. 2003. Reserva de Desenvolvimento Sustentável Piagaçu-Purus: Características e Limites Geográficos In Piagaçu-Purus: Bases Científicas para Criação de uma Reserva de Desenvolvimento Sustentável (C.P. de Deus, R. Da Silveira & L.H.R. Py-Daniel, eds). IDSM, Manaus, p.3-12
- ALLMON, W.D. 1991. A plot study of forest floor litter frogs, Central Amazon, Brazil. *J. Trop. Ecol.* 7:503-22. <http://dx.doi.org/10.1017/S0266467400005885>
- AVILA-PIRES, T.C.S. 1995. Lizards of Brazilian Amazonia (Reptilia: Squamata). *Zool. Verh.* 299:1-706.
- AVILA-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.
- AVILA-PIRES, T.C.S., HOOGMOED, M.S. & ROCHA, W.A. 2010. Notes on the Vertebrates of northern Pará, Brazil: a forgotten part of the Guianan Region, I. Herpetofauna. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi Cienc. Nat.* 5(1):13-112.
- AZEVEDO-RAMOS, C. & GALATTI, U. 2001. Patterns of amphibian diversity in Brazilian Amazonia: conservation implications. *Biol. Conserv.* 103:103-111. [http://dx.doi.org/10.1016/S0006-3207\(01\)00129-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0006-3207(01)00129-X)
- BATEMAN, L.H., CHUNG-MacCOUBREY, A., SNELL, H.L. & FINCH, D.M. 2009. Abundance and species richness of snakes along the Middle Rio Grande riparian forest in New Mexico. *Herpetol. Conserv. Biol.* 4(1):1-8.
- BERNARDE, P.S. & ABE, A.S. 2006. A snake community at Espigão do Oeste, Rondônia, Southwestern Amazon, Brazil. *South Am. J. Herpetol.* 1(2):102-113. [http://dx.doi.org/10.2994/1808-9798\(2006\)1\[102:ASCAED\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.2994/1808-9798(2006)1[102:ASCAED]2.0.CO;2)
- BERNARDE, P.S. & MACEDO, L.C. 2008. Impacto do desmatamento e formação de pastagens sobre a anurofauna de serapilheira em Rondônia. *Iheringia, Sér. Zool.* 98(4):454-459.
- BERNARDE, P.S., MACHADO, R.A. & TURCI, L.C.B. 2011. Herpetofauna da área do Igarapé Esperança na Reserva Extrativista Riozinho da Liberdade, Acre - Brasil. *Biota Neotrop.* 11(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n3/en/abstract?inventory+bn02111032011> (último acesso em 14/02/2012).
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. 2001. Avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade da Amazônia brasileira. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.
- CECHIN, S.Z. & MARTINS, M. 2000. Eficiência de armadilhas de queda (pitfall traps) em amostragens de anfíbios e répteis no Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 17:729-740. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-8175200000300017>
- COLWELL, R.K. 2004. EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. version 7. User's guide and application. University of Connecticut, Storrs. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates> (último acesso em 14/12/2011).
- CRACRAFT, J. 1985. Historical biogeography and patterns of differentiation within the South American avifauna: areas of endemism. *Ornith. Mono.* 36:49-84. <http://dx.doi.org/10.2307/40168278>
- CRUMP, M.L. & SCOTT, 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.A.C. Hayek & M.S. Foster, eds). Smithsonian Institution Press, Washington, p.84-92.
- CRUMP, M.L. 1971. Quantitative analysis of the ecological distribution of a tropical herpetofauna. *Occas. Pap. Univ. Kansas Mus. Nat. Hist.* 3:1-62.
- DOAN, T.M. 2003. Which methods are most effective for surveying rain forest herpetofauna? *J. Herpet.* 37:72-81. [http://dx.doi.org/10.1670/0022-1511\(2003\)037\[0072:WMAMEF\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1670/0022-1511(2003)037[0072:WMAMEF]2.0.CO;2)
- DOAN, T.M. & ARIZÁBALA, W. 2002. Microgeographic variation in species composition of the herpetofaunal communities of Tambopata Region, Peru. *Biotropica.* 34(1):101-117.
- DONNELLY, M.A., CHEN, M.H., & WATKINS, G.G. 2005. Sampling amphibians and reptiles in the Iwokrama Forest ecosystem. *Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia.* 154(1):55-69. [http://dx.doi.org/10.1635/0097-3157\(2004\)154\[0055:SAARIT\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1635/0097-3157(2004)154[0055:SAARIT]2.0.CO;2)
- DUELLEMAN, W.E. 1990. Herpetofaunas in Neotropical rainforests: comparative composition, history, and resource use. In *Four Neotropical Rainforests* (A.H. Gentry, ed.). Yale University Press, New Haven, Connecticut, p.455-505.
- DUELLEMAN, W.E. 1999. Distribution patterns of amphibians in South America. In *Patterns of distribution of amphibians: a global perspective* (W.E. Duellman, ed.). Johns Hopkins University Press, Baltimore, p.255-328.
- DUELLEMAN, W.E. 2005. Cusco Amazónico. The lives of amphibians and reptiles in an Amazonian rainforest. Comstock Publishing Associates, Cornell University Press, Ithaca.

- FEARNSIDE, P.M., ALENCASTRO-GRAÇA, P.M.L., KEIZER, E.W.H., MALDONADO, F.D., BARBOSA, R.I. & NOGUEIRA, E.M. 2009. Modelagem de desmatamento e emissões de gases de efeito estufa na região sob influência da rodovia Manaus-Porto Velho (BR-319). *Rev. Bras. de Meteorol.* 24(2):208-233.
- FRAGA, R., LIMA, A.P. & MAGNUSSON, W.E. 2011. Mesoscale spatial ecology of a tropical snake assemblage: the width of riparian corridors in central Amazonia. *Herpetol. J.* 21:51-57.
- FRANÇA, F.G.R. & VENÂNCIO, N.M. 2010. Reptiles and amphibians of a poorly known region in southwest Amazonia. *Biotemas.* 23 (3):71-84.
- FROST, D.R. 2011. Amphibian Species of the World: an Online Reference. version 5.5. American Museum of Natural History, New York. <http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/> (último acesso em 14/02/2012).
- GARDNER, T.A., RIBEIRO-JUNIOR, M.A., BARLOW, J., AVILA-PIRES, T.C.S., HOOGMOED, M.S. & PERES, C.A. 2007. The value of primary, secondary and plantation forests for a neotropical herpetofauna. *Conserv. Biol.* 21:775-787. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1523-1739.2007.00659.x>
- GASCON, C. 1996. Amphibian litter fauna and river barriers in flooded and non-flooded Amazonian rainforests. *Biotropica* 28:136-140. <http://dx.doi.org/10.2307/2388779>
- GASCON, C., MALCOLM, J.R., PATTON, J.L., SILVA, M.N.F., BOGART, J.P., LOUGHEED, S.C., PERES, C.A., NECKEL, S. & BOAG, P. 2000. Riverine barriers in the geographic distribution of Amazonian species. *P. Natl. Acad. Sci.* 97(25):13672-13677. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.230136397>
- GORDO, M. 2003. Os anfíbios anuros do baixo Rio Purus/Solimões. In *Piagaçu-Purus: Bases Científicas para Criação de uma Reserva de Desenvolvimento Sustentável* (C. P. de Deus, R. Da Silveira & L.H.R. Py-Daniel, eds.). IDSM, Manaus, p.65-71.
- 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>
- GOULDING, M., BARTHEM, R. & FERREIRA, E.J.G. 2003. *The Smithsonian Atlas of the Amazon*. Smithsonian Institution Press, Washington.
- GREENBERG, C.H., NEARY, D. & HARRIS, L.D. 1994. A comparison of herpetofaunal sampling effectiveness of pitfall, single-ended, and double-ended funnel traps used with drift fences. *J. Herpet.* 28:319-324. <http://dx.doi.org/10.2307/1564530>
- HAUGAASEN, T. & PERES, C.A. 2005. Mammal assemblage structure in Amazonian flooded and unflooded forests. *J. Trop. Ecol.* 21:133-145. <http://dx.doi.org/10.1017/S026646740400207X>
- HAUGAASEN, T. & PERES, C.A. 2006. Floristic, edaphic and structural characteristics of flooded and unflooded forests in the lower Rio Purus region of central Amazonia, Brazil. *Acta Amaz.* 36(1):25-36. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672006000100005>
- HEYER, W.R. 1976. Notes on the frog fauna of the Amazon Basin. *Acta Amaz.* 6(3):369-378.
- HEYER, W.R. 1977. Taxonomic notes on frogs from the Madeira and Purus Rivers, Brazil. *Pap. Avulsos Zool.* 31:141-162.
- HESS, L.L., MELACK, J.M., NOVO, E., BARBOSA, C.C.F. & GASTIL, M. 2003. Dual-season mapping of wetland inundation and vegetation for the central Amazon basin. *Rem. Sens. Environ.* 87:404-428. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2003.04.001>
- HOOGMOED, M.S. & AVILA-PIRES, T.C.S. 2011. Sobre a presença de *Scinax pedromedinae* (Henle, 1991) (Amphibia: Anura: Hylidae) na Amazônia brasileira e norte do Peru. *Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi Cienc. Nat.* 6(3):263-271.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. 2002. Mapa de Climas do Brasil. IBGE, Brasil [ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas/tematicos/mapas\\_murais/clima.pdf/](ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas/tematicos/mapas_murais/clima.pdf/) (último acesso em 14/02/2012).
- INSTITUTO PIAGAÇU (org.). 2010. Plano de Gestão da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Piagaçu-Purus. Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, Governo do Amazonas, Manaus. <http://www.ceuc.sds.am.gov.br/downloads/category/9-planosdegestao.html> (último acesso em 14/07/2011).
- JUNK, W.J. 1997. The Central Amazon floodplains. Ecology of a pulsing system. Springer, Berlin, Heidelberg, New York. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-03416-3>
- JUNK, W.J., BAYLEY, P.B., SPARKS, R.E. 1989. The flood pulse concept in river - floodplain systems. In: *Proc Int Large River Symp (LARS)* (D.P. Dodge ed.). Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 106:110-127.
- LIMA, A.P., MAGNUSSON, W.E., MENIN, M., ERDTMANN, L.K., RODRIGUES, D.J., KELLER, C. & HÖDL, W. 2008. Guia de Sapos da Reserva Adolpho Ducke: Amazônia Central. Attema Design Editorial Ltda, Manaus.
- MARTINS JUNIOR, A.F. & WAICHMAN, A.V. 2009. Mapeamento dos ambientes aquáticos e da cobertura da terra na Bacia do Rio Purus, Amazonas, Brasil. In *Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (J.C.N. Epiphanyo & L.S. Galvão, eds.)*. Natal, v.1, p.5973-5980.
- MARTINS, M. & OLIVEIRA, M.E. 1998. Natural history of snakes in forests of the Manaus region, Central Amazonia, Brazil. *Herpetol. Nat. Hist.* 6(2):78-150.
- MENIN, M., LIMA, A.P., MAGNUSSON, W.E. & WALDEZ, F. 2007. Topographic and edaphic effects on the distribution of terrestrially reproducing anurans in Central Amazonia: mesoscale spatial patterns. *J. Trop. Ecol.* 23:539-547. <http://dx.doi.org/10.1017/S0266467407004269>
- MENIN, M., WALDEZ, F. & LIMA, A.P. 2008. Temporal variation in the abundance and number of species of frogs in 10,000 ha of a forest in Central Amazonia, Brazil. *South Am. J. Herpetol.* 3:68-81. [http://dx.doi.org/10.2994/1808-9798\(2008\)3\[68:TVITAA\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.2994/1808-9798(2008)3[68:TVITAA]2.0.CO;2)
- MENIN, M., WALDEZ, F. & LIMA, A.P. 2011. Effects of environmental and spatial factors on the distribution of anuran species with aquatic reproduction in central Amazonia. *Herpetol. J.* 21:255-261.
- NECKEL-OLIVEIRA, S. & GORDO, M. 2004. Anfíbios, lagartos e serpentes do Parque Nacional do Jaú. In *Janelas para a biodiversidade no Parque Nacional do Jaú - uma estratégia para o estudo da biodiversidade na Amazônia* (S.H. Borges, S. Iwanaga, C.C. Durigan & M.R. Pinheiro, eds.). p.161-176.
- O'HARA, R.B. 2005. Species richness estimators: how many species can dance on the head of a pin? *J. Anim. Ecol.* 74:375-386. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2656.2005.00940.x>
- RIBEIRO-JÚNIOR, M.A., GARDNER, T.A. & ÁVILA-PIRES, T.C.S. 2008. Evaluating the effectiveness of herpetofaunal sampling techniques across a gradient of habitat change in a tropical forest landscape. *J. Herpet.* 42:733. <http://dx.doi.org/10.1670/07-097R3.1>
- RODRÍGUEZ, L.O. 2003. Anfíbios y reptiles de la región del Alto Purús. In *Alto Purús: Biodiversidad, Conservación y Manejo* (R.L. Pitman, N. Pitman & P. Álvarez, eds). Gráfica S.A. Lima-Perú, Center for Tropical Conservation Duke University, p.89-96.
- RODRÍGUEZ, L.O. & DUELLMAN, W.E. 1994. Guide to the frogs of the Iquitos Region, Amazonian Peru. *Univ. Kansas Mus. Nat. Hist. Spec. Publ.* 22:1-80.
- ROJAS-AHUMADA, D.P. & MENIN, M. 2010. Composition and abundance of anurans in riparian and non-riparian areas in a forest in Central Amazonia, Brazil. *South Am. J. Herpetol.* 5:157-167. <http://dx.doi.org/10.2994/057.005.0210>
- RON, S.R. 2000. Biogeographic area relationships of lowland Neotropical rainforest on raw distributions of vertebrate groups. *Biol. J. Linn. Soc.* 71:379-402. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8312.2000.tb01265.x>
- SILVA, A.E.P., ANGELIS, C.F., MACHADO, L.A.T. & WAICHAMAN, A.V. 2008. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. *Acta Amaz.* 38(4):733-742. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672008000400017>
- SILVA, J.M.C., RYLANDS, A.B. & FONSECA, G.A.B. 2005. O destino das áreas de endemismo da Amazônia. *Megadiversidade.* 1(1):124-131.

- SOARES-FILHO, B.S., NEPSTAD, D., CURRAN, L., VOLL, E., CERQUEIRA, G., GARCIA, R.A., AZEVEDO-RAMOS, C., McDONALD, A., LEFEBVRE, P. & SCHLESINGER, P. 2006. Modeling conservation in the Amazon basin. *Nature*. 440:520-523.
- SOUZA, M. B. 2009. Anfíbios: Reserva Extrativista do Alto Juruá e Parque Nacional da Serra do Divisor, Acre. Editora do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas - IFCH Unicamp, Campinas.
- SOUZA, V.M., SOUZA, M.B. & MORATO, E.F. 2008. Efeitos da sucessão florestal sobre a anurofauna (Amphibia: Anura) da Reserva Catuaba e seu entorno, Acre, Amazônia Sul - Ocidental. *Rev. Bras. Zool.* 25:49-57. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752008000100008>
- TOCHER, M., GASCON, C. & ZIMMERMAN, B.L. 1997. Fragmentation effects on a central Amazonian frog community: a ten-year study. In *Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities* (W.F. Laurance & R.O. Bierregaard, eds.). University of Chicago Press, Chicago, p.124-137.
- TURCI, L.C.B. & BERNARDE, P.S. 2008. Levantamento herpetofaunístico em uma localidade no município de Cacoal, Rondônia, Brasil. *Bioikos*. 22:101-108.
- VITT, L.J., AVILA-PIRES, T.C.S., CALDWELL, J.P. & OLIVEIRA, V.R.L. 1998. The impact of individual tree harvesting on thermal environments of lizards in Amazonian rain forest. *Conserv. Biol.* 12:654-664. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1523-1739.1998.96407.x>
- VITT, L.J., MAGNUSSON, W.E., AVILA-PIRES, T.C.S. & LIMA, A.P. 2008. Guia de Lagartos da Reserva Adolpho Ducke, Amazônia Central. Attema Design Editorial Ltda, Manaus.
- VOGT, R.C., FERRARA, C.R., BERNHARD, R., CARVALHO, V.T., BALENSIEFER, D.C., BONORA, L. & NOVELLE, S.M.H. 2007. Herpetofauna. In *Biodiversidade do Médio Madeira: Bases científicas para propostas de conservação* (L.R. Py-Daniel, C.P. Deus, A.L. Henriques, D.M. Pimpão, & O.M. Ribeiro, eds). INPA, Manaus, p.127-143.
- VOGT, R.C., MOREIRA, G. M. & OLIVEIRA, C.D. 2001. Biodiversidade de répteis do bioma floresta amazônica e ações prioritárias para sua conservação. In *Biodiversidade na Amazônia Brasileira* (J.P.O.R. Capabianco, ed.). Estação Liberdade, Instituto Socioambiental, São Paulo, p.89-96.
- WALDEZ, F. & VOGT, R.C. 2007. Geographic Distribution. *Cercosaura argulus* (Elegant Eyed Lizard). *Herpet. Rev.* 37(4):493-494.
- WALDEZ, F. & VOGT, R.C. 2009. Aspectos ecológicos e epidemiológicos de acidentes ofídicos em comunidades ribeirinhas do baixo rio Purus, Amazonas, Brasil. *Acta Amaz.* 39(3):681-692. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672009000300025>
- WALDEZ, F. & VOGT, R.C. 2011. As serpentes peçonhentas da Reserva Piagaçu-Purus e acidentes ofídicos na região do baixo rio Purus, Amazônia Central. *Rev. Colombiana Cienc. Anim.* 3:327-334.
- ZIMMERMAN, B.L. 1994. Audio strip transects. In *Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for amphibians* (W.R. Heyer, M.A. Donnelly, R.W. McDiarmid, L.A.C. Hayek & M.S. Foster, eds.). Smithsonian Institution Press, Washington, p.92-97.

Recebido em 10/04/2012

Versão reformulada recebida em 14/08/2012

Publicado em 11/03/2013

## Amphibians of the state of Piauí, Northeastern Brazil: a preliminary assessment

Igor Joventino Roberto<sup>1,4</sup>, Samuel Cardozo Ribeiro<sup>2</sup> & Daniel Loebmann<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Zoologia, Programa de Pós-graduação em Bioprospecção Molecular, Departamento de Ciências Físicas e Biológicas, Universidade Regional do Cariri – URCA, Rua Coronel Antônio Luiz Pimenta, 1161, CEP 63105-000, Crato, CE, Brasil

<sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Zoologia), Departamento de Sistemática e Ecologia, Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Cidade Universitária, Campus I, CEP 58059-900, João Pessoa, PB, Brasil

<sup>3</sup>Laboratório de Vertebrados Ectotérmicos, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Av. Itália Km 8, Carreiros, CEP 96203-900, Rio Grande, RS, Brasil

<sup>4</sup>Corresponding author: Igor Joventino Roberto, e-mail: igorjoventino@yahoo.com.br

ROBERTO, I.J., RIBEIRO, S.C. & LOEBMANN, D. **Amphibians of the state of Piauí, Northeastern Brazil: a preliminary assessment.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?inventory+bn04113012013>

**Abstract:** The state of Piauí is located between the Caatinga and Cerrado biomes in Northeastern Brazil, having a rich heterogeneity of habitats. However, publications regarding the amphibians of this state are scarce. We compiled literature data and complemented it with amphibian inventories in some municipalities of Piauí and present a list of 55 species (54 anurans and one caecilian). Ten of them are endemic to the Cerrado biome (*Rhinella veredas*, *R. cerradensis*, *R. mirandaribeiroi*, *R. rubescens*, *Dendropsophus rubicundulus*, *Phyllomedusa azurea*, *Leptodactylus pustulatus*, *Eupemphix nattereri*, *Physalaemus centralis*, and *Proceratophrys goyana*) and two endemic to the Caatinga (*Rhinella jimi* and *Ceratophrys joazeirensis*). We also present data about species richness of 18 sampled municipalities, species distribution patterns, and conservation status.

**Keywords:** *Amphibia*, *Cerrado*, *Caatinga*, *distributional patterns*, *conservation*.

ROBERTO, I. J., RIBEIRO, S.C. & LOEBMANN, D. **Anfibios do estado do Piauí, Nordeste do Brasil: um ensaio preliminar.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?inventory+bn04113012013>

**Resumo:** O estado do Piauí está inserido nos Biomas Caatinga e Cerrado no nordeste do Brasil, ocasionando em uma rica heterogeneidade ambiental ao longo do seu território. Entretanto, estudos publicados sobre os anfíbios desse estado são escassos. Nós realizamos uma compilação de dados na literatura e complementamos com inventários faunísticos em algumas localidades do Piauí, e apresentamos uma lista de 55 espécies de anfíbios (54 anuros e uma cecília). Destas, dez espécies são endêmicas do Cerrado (*Rhinella veredas*, *R. cerradensis*, *R. mirandaribeiroi*, *R. rubescens*, *Dendropsophus rubicundulus*, *Phyllomedusa azurea*, *Leptodactylus pustulatus*, *Eupemphix nattereri*, *Physalaemus centralis* e *Proceratophrys goyana*) e duas endêmicas da Caatinga (*Rhinella jimi* e *Ceratophrys joazeirensis*). Apresentamos dados sobre a riqueza de anfíbios de 18 municípios amostrados do Estado e fazemos considerações sobre os padrões de distribuição das espécies e seu estado de conservação.

**Palavras-chave:** *Amphibia*, *Cerrado*, *Caatinga*, *padrões de distribuição*, *conservação*.



## Introduction

Amphibians are considered the most threatened animal group worldwide (Stuart et al. 2004). Over the past decades the increasing number of population declines and extinctions are alarming the scientific communities, especially due to the fact that these number are more than likely underestimated because of several undescribed taxa that could become extinct without ever being discovered (Young et al. 2001, Carnaval et al. 2009). In this context, the knowledge of species diversity and distribution and the determinant factors which lead to these biogeographic patterns are essential for conservation planning, providing effective tools in the identification of priority areas (Figueiredo et al. 2006).

The Brazilian territory is known for housing the highest amphibian diversity worldwide. According to Brazilian Society of Herpetology a total of 946 described species has been recognized to the country so far (Segalla et al. 2012). However, the vast degradation of natural habitats increases the extinction rates of populations at higher levels (Silvano & Segalla 2005) and several regions remain unknown regarding the diversity of amphibian species and their distribution, especially in northeastern Brazil (Loebmann & Haddad 2010). In this sense we provide the first assessment regarding amphibian diversity and biogeographic patterns in the state of Piauí, a region situated between the Cerrado and the Caatinga biomes in northeastern Brazil.

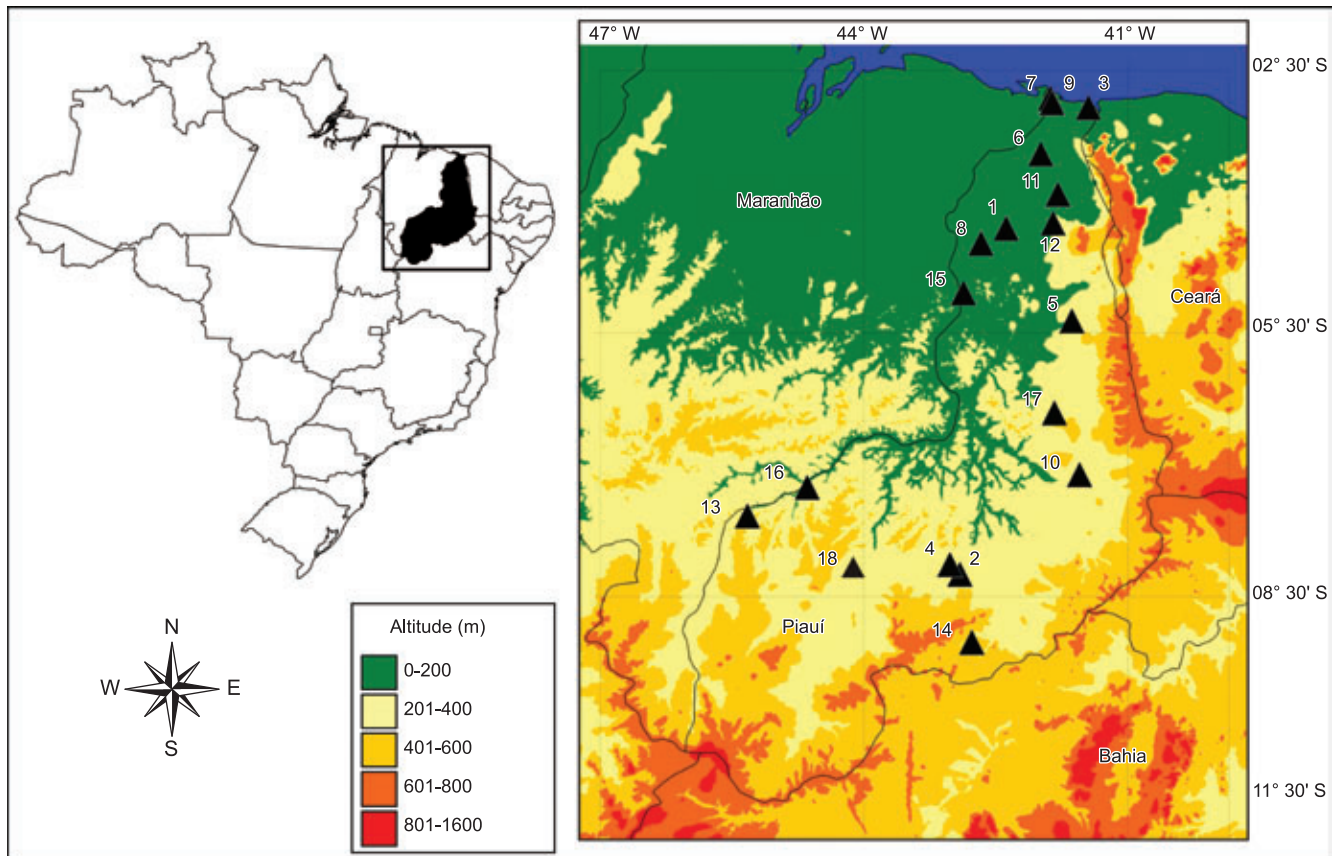
## Materials and Methods

### 1. Study area

Located in an ecotonal area between the Cerrado and the Caatinga domains, the state of Piauí covers an area of 251,529 km<sup>2</sup>. Most areas

of the state present low relief with elevations below 500 meters, but in the extreme southwest, on the border of the states of Tocantins, Maranhão and Bahia, mountainous areas reach up to 900 m (Figure 1). The main landscapes that are found in the state are: 1) Extensive areas of palm tree forests are found in patches. Three dominant species are found in these forests: *Mauritia* sp. L. f. (Buriti), *Orbignya* sp. Mart. ex Endl. (Babaçu) and *Copernicia prunifera* (Mill.) H.E. Moore (Carnaúba) (Liliopsida, Arecales, Arecaceae). However, due to their distinct physiological tolerances regarding soil moisture these species are not syntopic. 2) Cerrado formations comprise the widest natural areas covering the state of Piauí. These areas are predominantly composed by herbaceous, shrub or forested formations. 3) Caatinga formations can be found in areas from northeast of the state, associated with drier areas. 4) In the extreme north of the state a narrow strip of coastal zone form a complex mosaic of several habitats such as coastal dunes, rocky shores, mangrove forests, estuaries, and sandy beaches (see Loebmann et al. 2010a).

The main data for the elaboration of the amphibian list was gathered through literature research and inventory collections from various localities in Piauí. Data obtained from literature and their respective localities are available at Table 1. Additionally we performed collections in three municipalities, Caxingó, Ribeiro Gonçalves and São Raimundo Nonato. To sampled amphibians in Ribeiro Gonçalves, we used two methodologies as follow: pitfall traps arrays, consisted of eleven 60-liter plastic buckets, arranged in a linear design, with a drift fence of 1.0 meter height; totaling an effort of 231 pitfall traps/nights, and visual encounter survey, totaling 36 man/hour of effort. In the municipalities of Caxingó and São Raimundo Nonato our samples consisted of visual encounter



**Figure 1.** Map of State of Piauí showing the sampled localities: Municipalities of 1- Barras, 2- Brejo do Piauí; 3- Cajueiro da Praia; 4-Canto do Buriti; 5-Castelo do Piauí; 6-Caxingó; 7-Ilha Grande de Santa Isabel; 8-Lagoa Alegre; 9-Parnaíba; 10-Picos; 11-Piracuruca; 12-Piripiri; 13-Ribeiro Gonçalves; 14-São Raimundo Nonato; 15-Teresina; 16-Uruçuí; 17-Valença; 18 – Gurgueia.

**Table 1.** List of amphibians known for the state of Piauí. Municipalities recorded: 1- Barras, 2- Brejo do Piauí, 3- Cajueiro da Praia, 4- Canto do Buriti, 5- Castelo do Piauí, 6- Caxingó, 7- Ilha Grande de Santa Isabel, 8- Lagoa Alegre, 9- Parnaíba, 10- Picos, 11- Piracuruca, 12- Piripiri, 13- Ribeiro Gonçalves, 14- São Raimundo Nonato, 15- Teresina, 16- Uruçuí-Una, 17- Valença, 18 - Gurgueia. (\*) Species records in present study. Distributional Pattern: AMC = species that occur both in Amazon Rain Forest and Cerrado biomes; CA = species that occur only in Caatinga biome; CAC = species that occur both in Caatinga and Cerrado biomes; CE = species endemic to Cerrado biome; O = species that occur in open domains; W = widespread species. The conservation status of the species was classified according to IUCN (2012): LC (least concern); DD (Data deficient).

Order	Taxon	Municipalities	Reference	Distributional pattern	IUCN Red list criteria
<b>ANURA</b>					
<b>Bufonidae</b>					
	<i>Rhinella cerradensis</i> Maciel, Brandão, Campos, & Sebben, 2007	16	Maciel et al. (2007)	CE	DD
	<i>Rhinella granulosa</i> (Spix, 1824)	2,3,4,6,7,8,10,14	Narvaes & Rodrigues (2009), Loebmann & Mai (2008), Silva et al. (2007), *	W	LC
	<i>Rhinella jimi</i> (Stevaux, 2002)	2,3,6, 10,7	Stevaux (2002), Loebmann & Mai (2008), Silva et al. (2007), *	CA	LC
	<i>Rhinella mirandaribeiroi</i> (Gallardo, 1965)	3,11,12,13,16,17	Narvaes & Rodrigues (2009), Loebmann et al. (2010b), *	CE	LC
	<i>Rhinella rubescens</i> (A. Lutz, 1925)	?	Frost (2012)	CE	LC
	<i>Rhinella schneideri</i> (Werner, 1894)	13	Freitas (2011), *	W	LC
	<i>Rhinella veredas</i> (Brandão, Maciel & Sebben, 2007)	16	Brandão et al. (2007)	CE	LC
<b>Ceratophryidae</b>					
	<i>Ceratophrys joazeirensis</i> Mercadal de Barrio, 1986	14	*	CA	LC
<b>Hylidae</b>					
	<i>Corythomantis greeningi</i> Boulenger, 1896	6,9,11,13,14	Loebmann et al. (2010b), *	CAC	LC
	<i>Dendropsophus minusculus</i> (Rivero, 1971)	2,6,9	Loebmann & Mai (2008), *	W	LC
	<i>Dendropsophus minutus</i> (Peters, 1872)	6,9,13	Loebmann & Mai (2008), *	W	LC
	<i>Dendropsophus nanus</i> (Boulenger, 1899)	2,3,6,7,13	Loebmann & Mai (2008), Silva et al. (2007), *	W	LC
	<i>Dendropsophus rubicundulus</i> (Reinhardt & Lütken, 1862)	2,3,6,11,13,16	Annunziata et al. (2007), Napoli & Caramaschi (1999), Loebmann et al. (2010b)	CE	LC
	<i>Dendropsophus soaresi</i> (Caramaschi and Jim, 1983)	2,6,10,13,14	Caramaschi & Jim (1983a), *	CAC	LC
	<i>Hypstiboas boans</i> (Linnaeus, 1758)	13	Freitas (2011), *	AMC	LC
	<i>Hypstiboas multifasciatus</i> (Günther, 1859)	13	*	AMC	LC
	<i>Hypstiboas punctatus</i> (Schneider, 1799)	9,13	Loebmann et al. (2010b), *	W	LC
	<i>Hypstiboas raniceps</i> Cope, 1862	2,6,7,9	Loebmann & Mai (2008), Silva et al. (2007), *	W	LC
	<i>Osteocephalus taurinus</i> Steindachner, 1862	13	*	AMC	LC
	<i>Ptyllomedeuza azurea</i> Cope, 1862	13	*	CE	LC
	<i>Ptyllomedeuza nordestina</i> Caramaschi, 2006	2,3,6,7,10,14	Silva et al. (2007), Loebmann & Mai (2008), Caramaschi (2006), *	CAC	LC
	<i>Scinax fuscovariatus</i> (Lutz, 1925)	6,7,9,11,13	Leite Junior et al. (2008), Annunziata et al. (2009), *	W	LC
	<i>Scinax fuscovariatus</i> (Lutz, 1925)	13	*	W	LC
	<i>Scinax</i> gr. <i>ruber</i>	3	Loebmann & Mai (2008)	?	?
	<i>Scinax nebulosus</i> (Spix, 1824)	9,13	Loebmann & Mai (2008), *	W	LC
	<i>Scinax x-signatus</i> (Spix, 1824)	2,6,7,9,10,14	Silva et al. (2007), Loebmann & Mai (2008), Caramaschi & Jim (1983b), *	W	LC
	<i>Sphaenorhynchus lacteus</i> (Daudin, 1800)	1	Benício et al. (2011)	AMC	LC
	<i>Trachycephalus typhonius</i> (Linnaeus, 1758)	6,9	Loebmann & Mai (2008), *	W	LC

Roberto, I.J. et al.

## Amphibians of Piauí State

Taxon	Municipalities	Reference	Distributional pattern	IUCN Red list criteria
<b>Leptodactylidae</b>				
<i>Adenomera hylaedactyla</i> (Cope, 1868)	6, 9	Loebmann et al. (2010b)	AMC	LC
<i>Adenomera</i> sp. (aff. <i>andreae</i> )	2,13	Freitas (2011), *	?	?
<i>Eupemphix nattereri</i> Steindachner, 1863	13	Freitas (2011), *	CE	LC
<i>Leptodactylus fuscus</i> (Schneider, 1799)	2,4,6,7,9,13,14	Silva et al. (2007), Loebmann & Mai (2008), *	W	LC
<i>Leptodactylus macrosternum</i> Miranda-Ribeiro, 1926	2,3,6,7,9,10,13,14	Caramaschi & Jim (1983a), Loebmann & Mai (2008), Silva et al. (2007), Loebmann et al. (2010b), *	CAC	LC
<i>Leptodactylus mystaceus</i> (Spix, 1824)	13	*	W	LC
<i>Leptodactylus troglodytes</i> Lutz, 1926	2,3,6,9,13,14,17	Loebmann & Mai (2008), Loebmann et al. (2010b), Heyer (1978), *	CAC	LC
<i>Leptodactylus podicipinus</i> (Cope, 1862)	15	Heyer (1994)	O	LC
<i>Leptodactylus pustulatus</i> (Peters, 1870)	2,6,7,9	Silva et al. (2007), *	CE	LC
<i>Leptodactylus sypfax</i> Bokermann, 1969	12,13,14,15	Cardoso & Heyer (1995), Andrade et al. (2011), *	O	LC
<i>Leptodactylus vastus</i> Lutz, 1930	2,6,7,9,10,13,14,17	Caramaschi & Jim (1983a), Heyer (2005), Silva et al. (2007), Loebmann & Mai (2008), *	CAC	LC
<i>Physalaemus albifrons</i> (Spix, 1824)	2,6,7,9,10,11	Caramaschi & Jim (1983b), Loebmann & Mai (2008), Loebmann et al. (2010b), Silva et al. (2007), *	CAC	LC
<i>Physalaemus centralis</i> Bokermann, 1962	13,14	*	CE	LC
<i>Physalaemus cicada</i> Bokermann, 1966	2,10	Benício et al. 2012	CAC	LC
<i>Physalaemus cuvieri</i> Fitzinger, 1826	2,6,9,11,13,14	Loebmann & Mai (2008), *	W	LC
<i>Pleurodema diplolister</i> (Peters, 1870)	2,3,6,7,9,10,11	Caramaschi (2008), Loebmann & Mai (2008), Silva et al. (2007), *	CAC	LC
<i>Pseudopaludicola mystacalis</i> (Cope, 1887)	2,6,7,9,10,12,16	Caramaschi (2008), Caramaschi & Jim (1983b), Loebmann & Mai (2008), Silva et al. (2007), *	W	LC
<i>Pseudopaludicola pamaiba</i> Roberto, Cardozo & Ávila, 2013	13	Roberto et al. (2013), *	?	?
<b>Microhylidae</b>				
<i>Dermatonotus muelleri</i> (Boettger, 1885)	2,6,10,13,14	Caramaschi & Jim (1983a), *	O	LC
<i>Elachistocleis piauiensis</i> Caramaschi and Jim, 1983	2,5,6,7,9,10,13	Caramaschi (2008), Loebmann & Mai (2008), Silva et al. (2007), *	O	LC
<b>Odontophrynidae</b>				
<i>Odontophrynus carvalhoi</i> Savage and Cei, 1965	16	Lisboa et al. (2010)	W	LC
<i>Proceratophrys</i> cf. <i>caramaschii</i>	3,6	Loebmann & Mai (2008), *	?	?
<i>Proceratophrys concavitympanum</i> Giaretta, Bernarde & Kokubum, 2000	13	*	AMC	DD
<i>Proceratophrys goyana</i> (Miranda-Ribeiro, 1937)	10	Ávila et al. (2011)	CE	LC
<b>Ranidae</b>				
<i>Lithobates palmipes</i> (Spix, 1824)	13	Ramalho et al. (2011)	AMC	LC
<b>Strabomantidae</b>				
<i>Pristimantis</i> gr. <i>conspicillatus</i>	18	Freitas (2011)	?	?
<b>Ordem GYMNOPIHONA</b>				
<b>Caeciliidae</b>				
<i>Siphonops</i> sp. (aff. <i>paulensis</i> )	13	*	?	?

surveys only, with a total effort of 60 hours in Caxingó and 56 hours in São Raimundo Nonato. It is important to emphasize that sampling efforts were unequal among sites. Therefore, differences among species richness in each site should be carefully interpreted. Collection permits were issued by Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio 26171-1, 4301-1, 36995-1).

Species distributional patterns as well as their association with the major Brazilian biomes were determined according to Valdujo et al. (2012) as following: AMC = species that occur both in the Amazon Rainforest and the Cerrado biomes; CA = species that occur only in the Caatinga biome; CAC = species that occur both in the Caatinga and the Cerrado biomes; CE = species endemic to the Cerrado biome; O = species that occur in open domains; W = widespread species. The conservation status of the species was classified according to the IUCN (2012). Taxonomic arrangement is as in Frost (2013).

## Results

We recorded a total of 55 amphibian species in the state of Piauí from information available in the literature and from field collections carried out in this study (Table 1, Appendix 1), distributed in the orders Anura (54 species) and Gymnophiona (one species). Anurans were represented by seven families as follows: Bufonidae (seven species; one genus); Ceratophryidae (one species); Hylidae (20 species; eight genera); Leptodactylidae (18 species; six genera); Microhylidae (two species; two genera); Odontophrynidae (four species; two genera); Ranidae and Strabomantidae (both with one species). Gymnophiona was represented only by *Siphonops* sp. (aff. *paulensis*) (Caeciliidae). Among species recorded three are potentially undescribed taxa: *Adenomera* sp. (aff. *andreae*), *Scinax* gr. *ruber* and *Siphonops* sp. (aff. *paulensis*).

We registered 18 municipalities with at least one amphibian recorded (Figure 1), which represent 17.6% of the municipalities of Piauí (n = 224). Ribeiro Gonçalves (n = 32, 62% of the Piauí's species), Caxingó (n = 26, 52%), Brejo do Piauí (n = 22, 40%), Parnaíba (n = 19, 36%) and Ilha Grande de Santa Isabel (n = 15, 30%) were the municipalities with highest number of recorded species (Figure 2).

Regarding the distributional patterns of species, we found 10 species endemic to the Cerrado biome (*Rhinella veredas* (Brandão, Maciel & Sebben, 2007), *R. cerradensis* Maciel, Brandão,

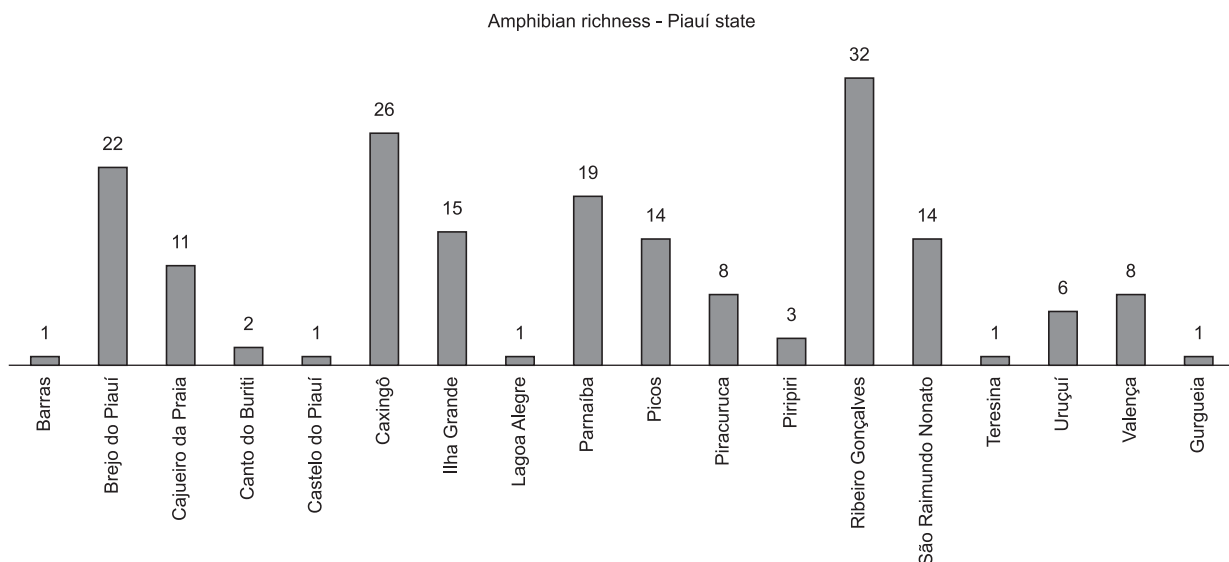
Campos & Sebben, 2007, *Rhinella mirandaribeiroi* (Gallardo, 1965), *R. rubescens* (A. Lutz, 1925), *Dendropsophus rubicundulus* (Reinhardt & Lütken, 1862 "1861"), *Phyllomedusa azurea* Cope, 1862, *Leptodactylus pustulatus* (Peters, 1870), *Eupemphix nattereri* Steindachner, 1863, *Physalaemus centralis* Bokermann, 1962) and *Proceratophrys goyana* Miranda-Ribeiro, 1937; (fifteen species with widespread distribution; two endemic to the Caatinga biome, *Rhinella jimi* (Stevaux, 2002) and *Ceratophrys joazeirensis* Mercadal de Barrio, 1986); ten species occurring both in the Caatinga and the Cerrado biomes; four occurring in open domains (Caatinga, Cerrado, Pantanal) and six species occurring in the Cerrado and the Amazon Rainforest (Table 1; Figure 3).

According to the IUCN (2012) red list of threatened species, 85% (n = 47) of the species that occurs in the Piauí were classified as Least Concern. Only *Rhinella cerradensis* and *Proceratophrys concavitypanum* are classified as Data Deficient. *Adenomera* sp. (aff. *andreae*), *Proceratophrys* cf. *caramaschii*, *Pristimantis* gr. *conspicillatus*, *Pseudopaludicola parnaíba*, *Scinax* gr. *ruber*, and *Siphonops* sp. (aff. *paulensis*) have no IUCN red list status so far.

## Discussion

Caramaschi & Jim (1983a, b) provide a preliminary list of amphibians from the municipality of Picos, Piauí, where 10 species were recorded, including two new species: *Dendropsophus soaresi* and *Elachistocleis piauiensis*, which were formally described by these authors. Rodrigues (2003) mentions the occurrence of three and eight amphibian species for the municipalities of Piripiri and Valença, respectively; however, species identification is not provided. Recent new research inventories, most of them along the coastal zone of Piauí (Silva et al. 2007, Loebmann & Mai 2008, Loebmann et al. 2010b), increased the known amphibian fauna by 30 species. Recent new records of distribution such *Lithobates palmipes* (Ramalho et al. 2011), *Odontophrynus carvalhoi* (Lisboa et al. 2010), *Sphaenorhynchus lacteus* (Benício et al. 2011) and *Physalaemus cicada* (Benício et al. 2012) have also contributed to the increased knowledge of the amphibian fauna of the state.

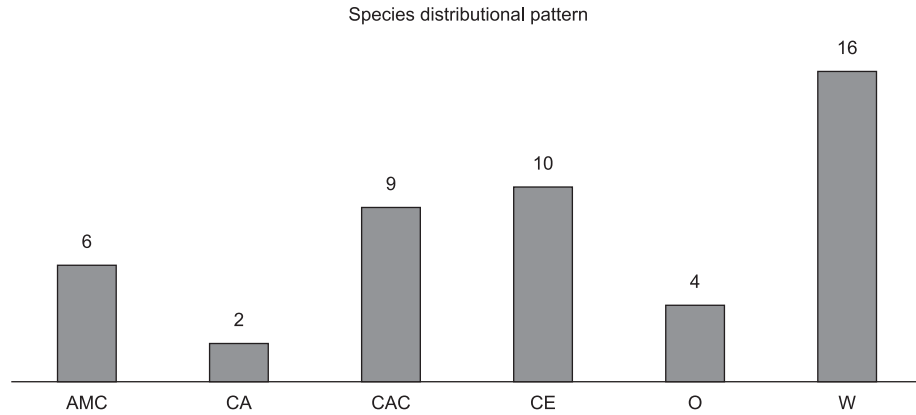
Besides species presented in this article, Freitas (2011) reports the occurrence of *Leptodactylus caatingae* Heyer & Juncá, 2003, *Leptodactylus labyrinthicus* (Spix, 1824), *Leptodactylus* sp., *Physalaemus marmoratus* (Reinhardt & Lütken, 1862 "1861"), and



**Figure 2.** Amphibian richness for the municipalities of the State of Piauí.



## Amphibians of Piauí State



**Figure 3.** Amphibians Distributional Pattern in the state of Piauí: AMC = species that occur both in Amazon Rain Forest and Cerrado biomes; CA = species that occur only in Caatinga biome; CAC = species that occur both in Caatinga and Cerrado biomes; CE = species endemic to Cerrado biome; O = species that occur in open domains; W = widespread species.

*Pristimantis fenestratus* (Steindachner, 1864) for Piauí. However, neither references nor voucher specimens are provided in order to confirm species identification. Among species mentioned by Freitas (2011), we consider that *Leptodactylus* sp. is the same species here presented as *Adenomera* sp. (aff. *andreae*) (see Table 1), an undescribed species broadly distributed in Piauí. We considered that because we also consider the record of a species of *Pristimantis* for the state, once that Freitas (2011) provided a photograph of a specimen of *Pristimantis* from Gurgueia region. Additionally, it is known that a species from this genus occurs in the frontier with Maranhão and Piauí (R.W. Ávila, personal communication). However, considering the available information is weakly supported to confirm identification at the species level, we opted to assign the name *Pristimantis* gr. *conspicillatus* to the species that occurs in the Cerrado of southern Piauí. The presence of *L. labyrinthicus*, *L. caatingae* and *Physalameus marmoratus* for Piauí still need further evidence in order to confirming the presence of these species in state. For that reason, we preferred to exclude these records in the present study.

The state of Piauí does not have any endemic species detected so far; however, its localization between the Caatinga in the east and the Cerrado in the west shows endemic species for both biomes. For instance, *Rhinella veredas*, *R. cerradensis*, *R. rubescens*, *Eupemphix nattereri*, *Physalameus centralis*, and *Phyllomedusa azurea* occur in savannas areas from Uruçuí and Ribeiro Gonçalves municipalities (Brandão et al. 2007, Maciel et al. 2007, present study), being considered species typical from Cerrado. In contrast, *Rhinella mirandaribeiroi*, *Dendropsophus rubicundulus*, *Proceratophrys goyana*, *Leptodactylus pustulatus* have wider distribution in the state, occurring in Cerrado areas but also in coastal zone and ecotonal areas of Caatinga and Cerrado (see Silva et al. 2007, Loebmann & Mai 2008, Loebmann et al. 2010b, Narvaes & Rodrigues 2009). For the Caatinga endemics, *Rhinella jimi* occurs in the north of the state in the coastal zone (Silva et al. 2007, Loebmann & Mai 2008) and in the Caatinga areas of Caxingó municipality, while *Ceratophrys joazeirensis* was reported in the municipality of São Raimundo Nonato.

Species with influence of the Amazon Rainforest such as *Hypsiboas boans*, *Osteocephalus taurinus*, *Sphaenorhynchus lacteus*, *Proceratophrys concavitympanum*, *Leptodactylus hylaedactylus* and *Lithobates palmipes* are found in ecotone areas on the border with Maranhão state, suggesting a possible dispersal route for these species. The low level of endemism confirms the earlier studies

of Nogueira et al. (2009) for lizards and Valdujo et al. (2012) for amphibians, however we believe that new inventories, especially at the border of the states of Tocantins and Maranhão on the southwestern region, can substantially increase the diversity in Piauí. Those region encompass one of richest amphibian diversity areas in Cerrado, and are considered priority areas for conservation (Diniz-Filho et al. 2005). Undescribed species such as *Adenomera* sp. (aff. *andreae*) (A. Fouquet, unpublished data) reinforce the need for conserving these areas to protect these species.

The lack of endangered species in the state, and only two ‘data deficient’ species, *Rhinella cerradensis* and *Proceratophrys concavitympanum*, does not minimize the importance of conservation of the pristine habitats, especially due to the increased deforestation rate that occurs in Piauí, for soy and eucalyptus cultures.

Strict protection conservation units are well represented in the state of Piauí: Estação Ecológica de Uruçuí-Una, Parque Nacional da Serra da Capivara, Parque Nacional da Serra das Confusões, Parque Nacional de Sete Cidades, and Parque Nacional das Nascentes do Parnaíba, however, inventories in some of these areas are available only in gray literature, like Management Plans. Knowledge about species diversity and composition is mandatory for the functionality and effectiveness of a protected area and to access the efficacy of the protected area in conserving these species (Rylands & Brandon 2005). Strict protection conservation units, such as national parks and ecological stations aim to conserve biodiversity and promoting scientific research. Research should be encouraged by the policy makers and the scientific community, following the examples of Uetanabaro et al. (2007) and Valdujo et al. (2011). We hope that in the near future new articles related to these topics will strengthen the conservation of these regions and, consequently, the biodiversity present in those areas.

### Acknowledgements

We thank João A. de Araújo Filho, José Guilherme G. de Sousa and Diego A. Teles for field assistance. Anne Taffin D’Heursel Baldisseri for English review. Robson W. Ávila for providing personal data for sampled localities in Piauí. Igor J. Roberto thanks Funcap for the Masters Degree fellowship. D.L. thanks CNPq (Proc. 140226/2006-0) and CAPES (Proc. 338632/2010) for Doctoral and Post-doctoral fellowships, respectively. Samuel C. Ribeiro thanks CNPQ for the Doctoral Degree scholarship.

## References

- ANDRADE, E.B., GUIMARÃES, R., LEITE JUNIOR, J.M.A. & LEITE, J.R.S.A. 2011. Amphibia, Anura, Leptodactylidae, *Leptodactylus syphax* Bokermann, 1969: Distribution extension and geographic distribution map. Check List 7(5):592-593.
- ANNUNZIATA, B.B., FONTENELE, W.N., CASTRO, I.S., GURGEL, R.F. & NASCIMENTO, K.A. 2007. Amphibia, Anura, Hylidae, *Dendropsophus rubicundulus*: Distribution extension. Check List 3(3):242-243.
- ANNUNZIATA, B.B., CASTRO, I.S. & FONTENELE, W.N. 2009. *Scinax fuscomarginatus* (Brown-bordered Snouted Tree-frog). Herpetol. Rev. 40(1):110.
- ÁVILA, R.W., KAWASHITA-RIBEIRO, R.A. & MORAIS, D.H. 2011. A new species of *Proceratophrys* (Anura: Cycloramphidae) from western Brazil. Zootaxa 2890:20-28.
- BENÍCIO, R.A., SILVA, G.R. & FONSECA, M.G. 2011. Amphibia, Anura, Hylidae, *Sphaenorhynchus lacteus* (Daudin, 1800): First record of the genus and species for the state of Piauí, Brazil. Check List 7(2):196-197.
- BENÍCIO, R.A., SILVA, G.R. & FONSECA, M.G. 2012. *Physalaemus cicada* Bokermann, 1966 (Anura: Leiuperidae): Distribution extension. Check List 8(4):630-631.
- BRANDÃO, R.A., MACIEL, N.M. & SEBEN, A. 2007. A new species of *Chaunus* from Central Brazil. (Anura: Bufonidae). J. Herpetol. 41:309-316. [http://dx.doi.org/10.1670/0022-1511\(2007\)41\[309:ANSOCF\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1670/0022-1511(2007)41[309:ANSOCF]2.0.CO;2)
- CARAMASCHI, U. & JIM, J. 1983a. Uma nova espécie de *Hyla* do grupo marmorata do nordeste Brasileiro (Amphibia, Anura, Hylidae). Rev. Bras. Biol. 43:195-198.
- CARAMASCHI, U. & JIM, J. 1983b. A new microhylid frog, genus *Elachistocleis* (Amphibia, Anura) from northeastern Brazil. Herpetol. 39:390-394.
- CARAMASCHI, U. 2006. Redefinição do grupo de *Phyllomedusa hypochondrialis*, com redescoberta de *P. megacephala* (Miranda-Ribeiro, 1926), revalidação de *P. azurea* Cope, 1862 e descrição de uma nova espécie (Amphibia, Anura, Hylidae). Arq. Mus. Nac., Rio de Janeiro. 64:159-179.
- CARAMASCHI, U. 2008. Taxonomic status of *Leptodactylus ochraceus* (Anura: Leptodactylidae): a forgotten species. Rev. Bras. Zool. 25(3):523-528. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752008000300020>
- CARDOSO, A.J. & HEYER, W.R. 2005. Advertisement, aggressive, and possible seismic signals of the frog *Leptodactylus syphax* (Amphibia, Leptodactylidae). Alytes 13:67-76.
- 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>
- DINIZ-FILHO, J.A.F., BINI, L.M., BASTOS, R.P., VIEIRA, C.M. & VIEIRA, L.C.G. 2005. Priority areas for amphibian conservation using biogeographical data: a comparison of greedy, rarity and simulated annealing algorithms to define reserve networks in Cerrado. Braz. J. Biol. 65(2):251-261. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842005000200008>
- FIGUEIREDO, W.M.B., SILVA, J.M.C. & SOUZA, M.A. 2006. Biogeografia e a Conservação da Biodiversidade. In Biologia da Conservação: Essências (C.F.D. Rocha, H.G. Bergallo, M. Van Sluys & M.A.S. Alves eds.). RiMA, São Carlos, p.135-156.
- FREITAS, M.A. 2011. Anfíbios do Nordeste Brasileiro. Produção do Autor.
- FROST, D.R. 2013. Amphibian species of the world: an online Reference. version 5.6 (9 January, 2013). American Museum of Natural History, New York. <http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/> (último acesso em 02/02/2013)
- HEYER, W.R. 1978. Systematics of the *fuscus* group of the frog genus *Leptodactylus* (Amphibia, Leptodactylidae). Nat. Hist. L. A. Count. Sci. Bull. 29:1-85.
- HEYER, W.R. 1994. Variation within the *Leptodactylus podicipinus-wagneri* complex of frogs (Amphibia, Leptodactylidae). SM. C. Zool. 546:1-124.
- HEYER, W.R. 2005. Variation and taxonomic clarification of the large species of the *Leptodactylus pentadactylus* species group (Amphibia, Leptodactylidae) from Middle America, northern South America and Amazonia. Arq. Zool. 37(3): 269-348.
- INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE - IUCN. 2012. The IUCN Red List of Threatened Species. version 2012.2. <http://www.iucnredlist.org>. (último acesso em 17/10/ 2012).
- LEITE JUNIOR, J.M.A., SAMPAIO, J.M.S., SILVA-LEITE, R.S., TOLEDO, L.F., LOEBMANN, D. & LEITE, J.R.S.A. 2008. Amphibia, Anura, Hylidae, *Scinax fuscomarginatus*: Distribution extension. Check List 4(4):475-477.
- LISBOA, B.S., SILVA, U.G. & HADDAD, C.F.B. 2010. Amphibia, Anura, Cycloramphidae, *Odontophrynus carvalhoi* Savage and Cei, 1965: Distribution extension. Check List 6(4):493-494.
- LOEBMANN, D. & HADDAD, C.F.B. 2010. Amphibians and reptiles from a highly diverse area of the Caatinga domain: composition and conservation implications. Biota Neotrop. 10: <http://www.biotaneotropica.org.br/v10n3/en/abstract?article+bn03910032010> (último acesso em 02/06/2012).
- LOEBMANN, D. & MAI, A.C.G. 2008. Amphibia, Anura, Coastal Zone, state of Piauí, Northeastern Brazil. Check List 4(2):161-170.
- LOEBMANN, D., MAI, A.C.G. & LEE, J.T. 2010a. The invasion of five alien species in the Delta do Parnaíba Environmental Protection Area, Northeastern Brazil. Rev. Biol. Trop. 58:909-923.
- LOEBMANN, D., ORRICO, V.G.D., CASSINI, C. & GIASSON, L.O.M. 2010b. Anfíbios. In (MAI, A.C.G. & D. Loebmann, eds.). Guia Ilustrado: Biodiversidade do Litoral do Piauí. Sorocaba: Gráfica e Editora Paratodos, p.182-211.
- MACIEL, N.M., BRANDÃO, R.A., CAMPOS, L.A. & SEBEN, A. 2007. A large new species of *Rhinella* (Anura: Bufonidae) from Cerrado of Brazil. Zootaxa 1627:23:39.
- NAPOLI, F.M. & CARAMASCHI, U. 1999. Geographic variation of *Hyla rubicundula* and *Hyla anataliasiasi*, with the description of a new species (Anura, Hylidae). Alytes 16(3):165-189.
- NARVAES, P. & RODRIGUES, M.T. 2009. Taxonomic revision of *Rhinella granulosa* species group (Amphibia, Anura, Bufonidae), with a description of a new species. Arq. Zool. 40:1-73.
- NOGUEIRA, C., COLLI, G.R. & MARTINS, M. 2009. Local richness and distribution of the lizard fauna in natural habitat mosaics of the Brazilian Cerrado. Austral Ecol. 34:83-96. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1442-9993.2008.01887.x>
- RAMALHO, W.P., VIANA, F., BENEVIDES, R., SILVA, E.P. & ALVES-SILVA, R. 2011. First Record of *Lithobates palmipes* (Spix, 1824) (Anura, Ranidae) for the State of Piauí, Northeastern Brazil. Herpetol. Notes. 4:249-251.
- ROBERTO, I.J., CARDOZO, D. & ÁVILA, R.W. 2013. A new species of *Pseudopaludicola* (Anura, Leiuperidae) from western Piauí State, northeast Brazil. Zootaxa 3636(2):348-36.
- RYLANDS, A.B. & BRANDON, K. 2005. Brazilian Protected Areas. Conserv. Biol. 19:612-618. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00711.x>
- 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. Sociedade Brasileira de Herpetologia. <http://www.sberpetologia.org.br> (último acesso em 02/06/2012).
- SILVA, G.R., SANTOS, C.L., ALVES, M.R., SOUZA, S.D.V. & ANNUNZIATA, B.B. 2007. Anfíbios das dunas litorâneas do extremo norte do Estado do Piauí, Brasil. Sítientibus 7(4):334-340.

## Amphibians of Piauí State

- SILVANO, D.L. & SEGALLA, M. 2005. Conservação de anfíbios no Brasil. *Megadiversidade* 1(1):79-86.
- STEVAUX, M.N. 2002. A new species of *Bufo* Laurenti (Anura, Bufonidae) from northeastern Brazil. *Rev. Bras. Zool.* 19:235-242. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752002000500018>
- STUART, S.N., CHANSON, J.S., COX, N.A., YOUNG, B.E., RODRIGUES, A.S.L., FISCHMAN, D.L. & WALLER, R.W. 2004. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science* 306(5702):1783-1786. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1103538>
- 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 Neotropica* 7(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v7n3/pt/abstract?inventory+bn01207032007> (último acesso em 20/04/2012).
- VALDUJO, P.H., CAMACHO, A., RECORDER, R., TEIXEIRA JUNIOR, M., GUELLERE, J.M., MOTT, T., NUNES, P.M.S. & 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 03/06/2012).
- VALDUJO, P.H., SILVANO, D.L., COLLI, G. & MARTINS, M. 2012. Anuran species composition and distribution patterns in Brazilian Cerrado, a Neotropical Hotspot. *S. Am. J. Herpetol.* 7(2):63-78. <http://dx.doi.org/10.2994/057.007.0209>
- YOUNG, B.E., LIPS, K.R., REASER, J.K., IBÁÑEZ, R., SALAS, A.W., CEDEÑO, J.R., COLOMA, S.R., RON, S.R., LA MARCA, E., MEYER, J.R., MUÑOZ, A., BOLAÑOS, F., CHAVES, G. & ROMO, D. 2001. Population declines and priorities for amphibian conservation in Latin America. *Conserv. Biol.* 15:1213-1223. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1523-1739.2001.00218.x>

*Received: 13/06/2012*

*Revised 20/02/2013*

*Accepted 27/03/2013*

## Appendix

### Appendix 1.

*Ceratophrys joazeirensis* – ZUEC-AMP 9141; *Corythomantis greeningi* – URCA 2344; *Dendropsophus minusculus* – UFPB 4518; *Dendropsophus minutus* – URCA 2339; *Dendropsophus nanus* – URCA 234; *Dendropsophus rubicundulus* – URCA 2356; *Dendropsophus soaresi* – URCA 2340; *Dermatonotus muelleri* – URCA 2366; *Elachistocleis piauiensis* – MNRJ 66848; *Eupemphix nattereri* – URCA 2354; *Hypsiboas boans* – MNRJ 71656; *Hypsiboas multifasciatus* – URCA 2194; *Hypsiboas punctatus* – URCA 2225; *Hypsiboas raniceps* – UFPB 4522; *Adenomera* sp. (aff. *andreae*) – URCA 2229; *Leptodactylus macrosternum* – URCA 2193; *Leptodactylus fuscus* – URCA 2364; *Leptodactylus podicipinus* – MZUSP 25015; *Leptodactylus pustulatus* – UESPI 38; *Leptodactylus syphax* – ZUEC-AMP 8829; *Leptodactylus troglodytes* – URCA 2346; *Leptodactylus vastus* – UFPB 4524; *Lithobates palmipes* – CH-UFRRJ/ RU7278; *Osteocephalus taurinus* – URCA 2334; *Phyllomedusa azurea* – URCA 2353; *Phyllomedusa nordestina* – UFPB 4525; *Physalaemus albifrons* – CFBH 18322; *Physalaemus centralis* – URCA 2359; *Physalaemus cuvieri* – URCA 2198; *Pleurodema diplolister* – MNRJ 50381; *Proceratophrys* cf. *caramaschii* – UFPB 4529; *Proceratophrys concavitympanum* – URCA 2358; *Pseudopaludicola parnaiba* – URCA 2158; *Pseudopaludicola mystacalis* – URCA 2367; *Rhinella granulosa* – UFPB 4515; *Rhinella jimi* – UFPB 4517; *Rhinella mirandaribeiroi* – URCA 2345; *Rhinella schneideri* – URCA 2368; *Rhinella veredas* – MNRJ 39050; *Scinax fuscomarginatus* – URCA 2200; *Scinax fuscovarius* – URCA 2329; *Scinax nebulosus* – URCA 2224; *Scinax x-signatus* – UFPB 4532; *Trachycephalus typhonius* – URCA 2235.



## The invertebrate's community in adjacent Alto Iguaçu's anthropic lakes of different environmental factors

Ana Carolina de Deus Bueno Krawczyk<sup>1,3</sup>, Lucíola Thais Baldan<sup>2</sup>,

José Marcelo Rocha Aranha<sup>2</sup>, Márcia Santos de Menezes<sup>2</sup> & Cyntia Vilasboas Almeida<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Grupo de pesquisa Ecologia de Rios e Biomonitoramento, Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual do Paraná – UNESPAR, Campus FAFIUV, Praça Coronel Amazonas, s/n, CEP 84600-000, União da Vitória, PR, Brazil

<sup>2</sup>Universidade Federal do Paraná – UFPR, Rua Pioneiro, 2153, Jardim Dallas, CEP 85950-000, Palotina, PR, Brazil

<sup>3</sup>Corresponding author: Ana Carolina de Deus Bueno Krawczyk, e-mail: bueno\_acd@yahoo.com.br

KRAWCZYK, A.C.D.B., BALDAN, L.T., ARANHA, J.M.R., MENEZES, M.S. & ALMEIDA, C.V. **The invertebrate's community in adjacent Alto Iguaçu's anthropic lakes of different environmental factors.** Biota Neotrop. 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v12n4/en/abstract?article+bn00813012013>

**Abstract:** Environmental differences occur between lentic and lotic communities' establishment, especially because of water time residence. Here we used a combination of field measurements and statistical analysis to evaluate the influent factors on the aquatic macroinvertebrates' composition and structure in 15 anthropogenic lakes from Alto Iguaçu's region. Macroinvertebrates were sampled from the marginal vegetation (with or without macrophytes) and sediment. Chemical parameters ranged among the anthropogenic lakes, mainly those which are connected to the Iguaçu River, beyond the presence or absence of macrophytes, interfering on the community's structure. Lake's morphometric data were measured in each lake and its relation to community was tested. The community structure was not related to the margin development index (Ds), macrophytes and altitude. Higher equitability was associated to the macrophytes presence in more than 30% of water surface and also where the riparian vegetation was more complex. Chironomids and oligochaetes densities were associated to lakes with the water surface completely covered by macrophytes and complex riparian vegetation. We observed a close association between productivity (phosphorous and nitrogen) and the community equitability ( $R = 0.3$ ;  $p < 0.05$ ) and Oligochaeta dominance ( $R = 0.32$ ;  $p < 0.05$ ), and not to Ostracoda's ( $R = 0.33$ ;  $p > 0.05$ ) and Chironomidae's ( $R = 0.34$ ;  $p > 0.05$ ) dominances, although we had not weighty difference among analyzed biological indexes. The obtained values from the BMWP' and EPT indexes resulted in acceptable, doubtful or critical water quality, what corroborates with the macroinvertebrate's structure of the composition and with the environmental variables observed in field.

**Keywords:** freshwater invertebrates, Iguaçu River, productivity, macrophytes, tropical lakes.

KRAWCZYK, A.C.D.B., BALDAN, L.T., ARANHA, J.M.R., MENEZES, M.S. & ALMEIDA, C.V. **A comunidade de invertebrados em lagos antrópicos adjacentes com diferentes fatores ambientais no Alto Iguaçu.** Biota Neotrop. 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?article+bn00813012013>

**Resumo:** Diferenças ambientais ocorrem entre o estabelecimento de comunidades de ambientes lênticos e lóticos, especialmente por causa do tempo de residência da água. Foi usada uma combinação de métricas de campo e análise estatística para avaliar os fatores influentes sobre a composição e estrutura de macroinvertebrados aquáticos em 15 lagos antropogênicos da região do Alto Iguaçu. Os macroinvertebrados foram amostrados da vegetação marginal (com ou sem macrófitas) e sedimento. Parâmetros químicos variaram entre os lagos antrópicos, principalmente aqueles conectados ao Rio Iguaçu, além da presença ou ausência das macrófitas, interferindo na estrutura da comunidade. Dados de morfometria de lagos foram mensurados e sua relação com a comunidade foi testada. A estrutura da comunidade não foi relacionada ao índice de desenvolvimento da margem (Ds), macrófitas e altitude. Maior equitabilidade foi associada à presença de macrófitas em mais de 30% da superfície da água e também onde a vegetação ripária foi mais complexa. Densidades de quironomídeos e oligoquetas foram associadas a lagos com a superfície completamente coberta por macrófitas e complexa vegetação ripária. Foi observada associação entre a produtividade (fósforo e nitrogênio) e a equitabilidade da comunidade ( $R = 0.3$ ;  $p < 0.05$ ) e dominância de Oligochaeta ( $R = 0.32$ ;  $p < 0.05$ ) e não para a dominância de Ostracoda ( $R = 0.33$ ;  $p > 0.05$ ) e Chironomidae ( $R = 0.34$ ;  $p > 0.05$ ), apesar de não haver diferença entre os índices biológicos analisados. Os valores obtidos através do Índice BMWP' e EPT/C resultaram em ambientes de qualidade aceitável, duvidosa ou crítica, o que corrobora com a estrutura da composição de invertebrados e com as características ambientais observadas em campo.

**Palavras-chave:** invertebrados dulcícolas, Rio Iguaçu, produtividade, macrófitas, lagos tropicais.

## Introduction

Freshwater ecosystems are characterized by two types of environments, lotic and lentic, which differ primarily in relation to their flux and water residence time. In a lentic environment, water residence time can be up to 10 years. Generally shallow tropical environment characteristics do not contribute to physical and chemical stratification (Esteves 1998).

Lakes can be classified according to their productivity, which takes account the primary productivity, and this, in turn, is related to how the nutrients arrive, and the depth. Since these data, it is possible to determine the environment trophic state (Odum 2001). Several researches determine the trophic state considering the available phosphorous and nitrogen concentrations (Dodds 2003), since these nutrients are limiting for plants (Trayler 2000). Tropical lentic environments tend to have higher phosphorous concentration than nitrogen, because of edaphic and climatic characteristics (Wetzel 2001). High macrophytes abundance take to nitrogen depletion, because of dissolved oxygen reduction, leading to denitrification, and, still in lower quantities, the production goes on in tropical freshwaters, which means in these environments the nutrient cycling is very efficient, as well the primary productivity (Kolding & Zwieten, 2006). Studies show a direct relationship between chlorophyll and phosphorous (Smith 1982), and Quiros (2002) states that the algal biomass reaches its peak with overload of total phosphorous. Furthermore, nutrients overload lead to these environments by runoff and point source of pollution (Rivas et al. 2000), reducing the water column and increasing the autochthonous production (Rast & Thornton 1996). Thus, littoral regions in lakes tend to have higher productivity and fauna diversity than limnetic and profundal regions (Tundisi & Matsumura-Tundisi 2008).

Biological community colonization and establishment in ponds have a determining factor of habitat conditions (Marques et al. 1999). Thus, the floodplain physical, chemical and morphological measures condition these communities (Junk et al. 1989, Carignan & Neiff 1992, Neiff et al. 2001), whereas the horizontal movement of the river could flood the ponds and, consequently, there is exchange of water and materials. This exchange ensures selective pressure on the species of wetland areas, allowing a community composed by organisms with broad physiological plasticity, which survive in an intense spatial and temporal variations habitat (Neiff 1975, Poi de Neiff & Bruquetas de Zozaya 1989).

Anthropic lakes are remaining holes on the ground excavated for sand extraction, which once abandoned, are drained by the catchment area and form the water mirrors (Lelles et al. 2005). Although the formation of water features by mining is characteristic of a changed environment, the presence of vegetation around the lakes and the physical chemical characteristics favor the macroinvertebrates colonization in these lentic systems in development (Moletta et al. 2005). These shallow lakes with reduced areas are influenced by any changes in environmental conditions, and this is reflected on water quality and aquatic community structure. After a big flooding in 1995, some works, like the channel's rectification and the construction of dikes on the floodplain and the secondary channel, were alternatives to reduce the recurring floods that affected the population in nearby areas (Superintendência... 2007). The secondary channel was constructed in order to provide greater depth, parallel to the river. When entering in the metropolitan Curitiba's region, the riverbed was modified, providing extension and depth, in many points it remakes the riverbed or cut the natural one, transforming the meanders in to horseshoe lakes.

Brauns et al. (2007) argue that while domestic and industrial discharges have been reduced in recent years, due to wastewater

treatment, the lakes still receive nitrogen from urban areas, and phosphorous from agricultural waste, besides atmospheric deposition. According to Vollenweider (1968) the increase of nutrients, particularly phosphorus, enriches the environment and favors the algal blooms, which can reduce the development of submerged plants (Chandra et al. 2005). These, in turn, are important for aquatic mesohabitats because they play an important ecological role regarding the availability of food, refuge place and nutrient cycling (Biggs & Malthus 1982, Esteves 1998, Alves et al. 2003, Thomaz & Cunha 2010).

The aquatic invertebrates' communities are represented by a heterogeneous group of taxa, with approximately 0,5 mm of length, which survives associated to the deep substratum (Mugnai et al. 2010). These communities are very important to the understanding about aquatic ecosystems (Cummins 1992) and have been used as pollution bioindicator in these, because of their wild distribution, abundance and easy to collect. These animals are relatively sedentary, and, because of this, can show a local integrity situation; besides, they have a long life cycle, being able to register the environmental quality (Metcalf, 1989).

Its taxonomic diversity as well its different tolerance to organic enrichment permits inferences about the use of this community in environmental integrity analysis (Rosenberg & Resh 1993, Merrit & Cummins 1996). In shallow lakes, these taxa also act like metabolism ecosystem's facilitator because they participate in nutrient cycling, reducing the organic particles sizes, which improves the decomposition process to the microorganisms (Vannote et al. 1980, Keast 1985, Mcqueen et al. 1986, Berg et al. 1997, Silva et al. 2009). These taxa's occurrence in sediment and marginal/riverine vegetation (Botts & Cowell 1993, Kurashov 1996) favors an extensive analysis from the ecosystem conditions because of the different patterns displayed by the community in response to the physical and chemical parameters, making it possible to understand how the ecosystem alterations influence the attributes richness, composition and density (Goulart & Callisto 2003, Bonada et al. 2006).

Aquatic community classification is complicated because of lack of information about the measures that regulate the species abundance and distribution. Thus, Frissel et al. (1996) attribute community regulations to geomorphological patterns, and highlight the landscape influence in shallow aquatic ecosystems such as ponds, small lakes and coastal waters. In this context, the assessment of environmental parameters governing the distribution and abundance of invertebrate taxa in the ponds can show the most closely related variables to macroinvertebrates community (Sandin & Johnson 2004), and they allow the selection of monitoring methods that bring faster results and address the environmental conditions that are more related to the macroinvertebrates community attributes.

In lakes, the littoral region is the one which shows the biggest nutrient cycle and the highest organism's diversity, especially because of the vegetation, that supplies higher organisms' richness and diversity (Ward 1992). Callisto et al. (2000), comparing different regions, found that occurred highest diversity at the littoral region with secondary Atlantic forest, followed by the limnetic and littoral regions with eucalyptus, which evidences the around importance correlated to the fauna composition. Nascimento et al. (2011) showed that the highest beetles' diversity was associated to shallow environments, especially with the macrophytes presence, which are considered essential factors for the specie's diversity, settlement in shallow subtropical lakes, increasing the habitat heterogeneity, offering resource and refugee, especially to invertebrates (Hargeby 1990, Nessimian & De Lima 1997, Albertoni et al. 2007).

Thus, this study aimed to search factors that influence macroinvertebrates community composition and structure in

15 anthropogenic lakes in the First Plateau region of the Iguaçu River (Upper Iguaçu), Curitiba, Paraná.

The assumption guiding the work is that attributes of the invertebrates' community suffer the effects of the morphometric characteristics, water quality and landscape conditions of the lakes (marginal/riverine vegetation and macrophytes).

## Materials and Methods

### 1. Study area

The sample points were from the First Paranaense Plateau, characterized by a broad Upper Iguaçu plain surrounded by gently rolling relief with wavy forms (Maack 1981), under the *Cfb* climate influence.

This work was carried out in an area with anthropogenic lakes, where 12 was chosen, derived from sand extraction was transformed into a park, and three were from recently closed river branches from the Iguaçu river, formed by anthropogenic changes to bridge construction or river course alteration in order to reduce the flooding, in Curitiba (Paraná state) (Figure 1).

### 2. Physical and chemical water analysis

Water and air temperature were measured in field. It was done one water sample from each lake, during the dry period (july/2009), and it was taken to the Laboratório de Hidrologia of the UFPR in order to be processed. The analyzed parameters were: Turbidity (NTU, nephelometric method), Dissolved Oxygen (DO) ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ , Winkler Method), hydrogenionic potential (pH), Biochemical Oxygen Demand ( $\text{BO}_5\text{D}$ ) ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ , Winkler Method), Orthophosphate ( $\mu\text{g}/\text{L}$ , spectrophotometer), Total Phosphate (TP) ( $\mu\text{g}/\text{L}$ , spectrophotometric Stannous Chloride, Nitrite ( $\mu\text{g}/\text{L}$ , Sulfanilamide and N-(1-Naftil) Etilenodiamine), Nitrate ( $\mu\text{g}/\text{L}$ , spectrophotometric), Ammonia Nitrogen ( $\mu\text{g}/\text{L}$ , Macro Kjendahl), Total Nitrogen (TP) ( $\mu\text{g}/\text{L}$ , spectrophotometer) e Dissolved Organic Carbon ( $\text{mg}/\text{L}$ , spectrophotometer). All the analyses were performed by the methodology proposed by Standard Methods (American... et al. 2005).

### 3. Invertebrates

Invertebrates were sampled from macrophytes/marginal vegetation using a 0.05 mm-mesh screen ( $30 \times 30$  cm) and the sample protocol included the introduction of the sieve under the marginal vegetation's roots and macrophytes in each replica, and all the material was collected by the sieve in order to happen the screening in the laboratory. The sediment sample was done using a Ponar type Grab sampler ( $15 \times 15$  cm), with three replicas for each sample point. In each lake, the substrate sample occurred in random places, and that the taken macrophytes had about 10 meters of distance from one to other. All the replicas were taken during the dry period (july/2009). The material screening was done on light box and all the organisms were identified to the lowest possible taxonomic resolution, mostly in genus level (Pérez 1988, Trivinho-Strixino & Strixino 1995, Merritt & Cummins 1996, Wiggins 1996, Mugnai et al. 2010).

### 4. Area characterization

The fifteen lakes considered in this work are from an area with 2.05  $\text{km}^2$ , from which twelve are coming from sand extraction and were transformed in a recreational park, two of lakes are Iguaçu River's arms that were closed with the secondary channel's construction, which was held to increase the riverbed and reduce the frequency of flooding, and one of them was established because of a bridge construction, in Curitiba city.

The sample point's choice was done according to environmental different characteristics about macrophytes and riparian vegetation (Instituto... 2004) in the lakes, being, yet, characterized according to the geographic localization. The macrophyte proportion on the water surface (MF), marginal/riverine vegetation (RV) and period of lake's establishment were measured. The macrophytes proportion was measured by values between 0 and 100%, with the following range of values: score 1 for 1 to 20% of macrophytes on the water surface (\*1); score 2 for 21 to 40% of macrophytes on the water surface (\*2); score 3 for 41 to 70% of macrophytes on the water surface (\*3); score 4 for 71 to 100% of macrophytes on the water surface (\*4). The riverine vegetation was measured according to the plant's absence, only grass presence, grass and bushes' presence or by grass, bush and tree's presence, following the range of values: 1 for shrub with predominance of grass (\*\*1); 2 for shrubs that allow little shading (\*\*2); 3 for intact vegetation (\*\*3).



**Figure 1.** Location of study area. The sample points are numbered. Water bodies in black represent the sample points and the water bodies in gray, the adjacent sample points.



### 5. Morphometric characteristics of the lakes

The depth was obtained by the registered measure to dry period (July/2009) to the area according to the area's monitor. The lakes and surrounding area were marked in GPS and georeferenced using ERDAS software. The data adjust allowed the generation of a hypsometric map.

From ground numerical model, polygons were established in order to verify primary morphometric data, such as area and perimeter, and from this the development margin index (Ds) was calculated in order to determinate the lake's form (Wetzel 1990, Tundisi & Matsumura-Tundisi 2008). The Ds followed the equation:  $Ds = L / 2\sqrt{\pi A}$ , where L represents the polygon length (from each sample point) and A represents the circle circumference with the same lake area. The response values can be close or far from one (1). Thus, when the development margin index is closer to one, the lake tend to have a circular pattern, and the values far from one tend to be more elongated with dendritic pattern (between 3 and 5).

### 6. Data analysis

To the physical and chemical lakes' characterization the mean and standard deviation were calculated to the fifteen samples and the variation coefficient (VC) was defined. As a sample's variability standard of the quantitative factors was established that the lower variation coefficient of 20% denoted homogeneity conditions, whereas equal or upper than 20% denoted heterogeneous factors.

The community structure was checked on parameters of richness (number of taxa identified per sample unit - S), occurrence frequency (OF), Shannon-Wiener diversity index, which considers the community's biomass in relation to taxonomic richness (H), Margalef's richness, that was referred about the number of genus in the samples, (d), Pielou equitability ( $J'$ ), dominance (Dm) and relative abundance. These attributes were calculated using the statistical pack Past® (Hammer et al. 2007).

ANOVA was applied using Past® computer program (Hammer et al. 2007) to verify differences in community attributes calculated for the 15 sample points. The data met the normality and homogeneity assumptions, prior tested for variance analysis.

The correlation between nitrogen and phosphorous was done according the Vollenweider (1983) proposal, being that the total nitrogen related to phosphorous ratio determine the environment's limitation because of one of these elements. According to this method, with a ratio higher than nine, the lakes are limited by phosphorous, while ratio lower than nine, characterizes lakes limited by nitrogen.

In order to test the most influent environmental variables on the community attributes, the *Partial Least Squares* (PLS) (Carrascal et al. 2009) was used, with the aid of Statistica® 7.0 (StatSoft 2005) for the 15 samples points, with two dependent variable models, equitability ( $J'$ ) and the most dominant taxa obtained, seeking the best descriptors to explain structure and composition of the macroinvertebrates community. The statistical variables (factors) are composed by linear offsets relationships between the observed variables and the classification according to ecological significance, which must be based on literature concepts (Hair et al. 2009).

To infer about the water quality using the macroinvertebrate's community it was done the BMWP' index (Biological Monitoring Work Party System), modified by Toniolo et al. (2001), which considers the macroinvertebrate's tolerance to organic matter, and EPT (Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera), which considers these taxa proportions among other taxonomic groups (Silveira 2004). In this work, the comparison of EPT was with Chironomidae taxon.

## Results

MF1 represented the macrophytes occurrence between 0-25% of water surface, MF2 was to an occurrence of 26-51%, MF3 was to 52-75% of occurrence, and MF4 was to an occurrence between 76-100%. So, MF4 has occurred in 46% of the points, whereas more than 50% of the points did not have expressive macrophytes contribution (MF1, MF2, MF3). The vegetation presence surrounding was carried out in four intervals according to the main composition, where grass and shrubs composed (RV2) 46% of lakes, whereas complex vegetation, which composition was of grass, shrubs and trees (RV3), occurred in 40%. The exclusive grass presence in composition (RV1) and the absence of plants around (RV0) occurred only in 14% of the sampled lakes (Table 1, 2). The margin development index (Ds) presented perfectly circular (Ds1) (26%) and circular (Ds2) (66.6%) patterns in most. Dendritic pattern (Ds3) was the least occurrence (6.6%) (Table 2).

There was little variation about parameters water temperature, altitude and pH among the sampled lakes (VC=3%, 0,1% and 4%, respectively). The other limnological variables were heterogeneous among the lakes, being the variation coefficient to the DO=39%, DOC=65%, total phosphate=89%,  $BO_5$ D and orthophosphate=94%, turbidity=116%, nitrite=153%, total nitrogen=164% (Table 3).

The Table 3 also shows the nitrogen phosphorous ratio, demonstrating that eleven of the fifteen sample points are limited by phosphorous. The highest ratio was observed in lakes without macrophytes (PT3 and PT13). The sample points PT5, PT8, PT11 and PT14 were limited by nitrogen. The points PT8, PT11 and PT14 had a large amount of macrophytes, which are very efficient in nitrogen fixation.

The fauna of both lakes was composed by 9054 macroinvertebrates, distributed in 133 taxa, between family and genus taxonomic levels (Figure 2). The insects were identified, always that possible, in genus level (Table 4) and the other individuals, to the lowest possible taxonomic level (Table 5).

Oligochaeta (48.1%) and Chironomidae (17.16%) were the most abundant in community, and both taxa were registered in all of sampled points. Chironomidae presented the highest percentage abundance among collected insects (17.6%). The genus *Monopelopia* sp. (Diptera: Chironomidae: Tanypodinae) was a strong contributor to macroinvertebrates community in the three most abundant sample points.

The PT14 presented the higher abundance, with 1442 organisms, being oligochaets (675) and quironomids (490) the most abundant taxa, followed by points PT4 (1429) and PT15 (881). PT15 had the highest richness (58), and also Margalef index. Oligochaeta was the most abundant in PT15 too. It is relevant to consider that points PT14 and PT15, besides abundant macrophytes presence and complex riparian vegetation, these points receive Iguacu river's water during flood period.

Ecological indexes were not weighty different among the 15 sampled points (ANOVA) ( $F = 0.49$ ;  $df = 22.17$ ;  $p = 0.90$ ). Each one presented a peculiar pattern about the macroinvertebrates community attributes variation. The highest diversity was obtained to PT15, whereas the lowest, in PT13. Lowest dominance occurred in PT11 and PT7, as well, the highest equitability values (Table 6).

There was little range among richness, dominance, Margalef richness and equitability. In all cases, the range was very close to mean, being registered to richness the mean 34 (sd = 13.4), to dominance, mean of 0.3 (sd = 0.1), to Margalef's richness mean of 5.4 (sd = 1.5) and to equitability, the mean of 0.5 (sd = 0.1). The individuals abundance (N) presented the highest range among the sampled lakes, 556 (sd = 424.3) (Table 7).



**Table 1.** Descriptive characteristics from the 15 sample points where MF = macrophytes presence (\*1 – from 1 to 20% of water surface covering; \*2 – from 21 to 40% of water surface covering; \*3 – from 41 to 70% of water surface covering; \*4 – from 71 to 100% of water surface covering) and RV = riparian vegetation (\*\*1 – bushes, with more grass; \*\*2 – bushes that ensure little shadowing; \*\*3 – intact vegetation).

	Location	MF	RV	Characteristics
PT1	25° 36.406" S; 49° 17.435" W	All water surface *3	Trees and bushes **2	Establishment of the lagoon:30 years
PT 2	25° 36.360" S; 49° 17.456" W	Near the margins*3	Trees and bushes **2	Establishment of the lagoon: 30 years
PT 3	25° 36.360" S; 49° 17.456" W	Absent*1	Grass **1	Establishment of the lagoon: 30 years
PT 4	25° 36.099" S; 45° 17.299" W	All water surface*4	Bushes and grass **1	
PT 5	25° 36.100" S; 49° 17.299" W	Near the margins (up to 30%)*2	**1	Brickwork on one margin
PT 6	25° 36.109" S; 49° 17.304" W	Near the margins (up to 30%)*2	Grass **1	Brickwork all around it
PT 7	25° 36.136" S; 49° 17.298" W	All water surface *4	Bushes and grass **1	30 years Presence of erosion Brickwork on the margin
PT 8	25° 36.114 "S; 49° 17.342" W	Almost all water surface (50%) *3	Trees and bushes **2	Not deep; River's fragment
PT 9	25° 36.690 "S; 49° 17.423" W	50% of water surface *3	Trees **2	
PT 10	25° 38.718" S; 49° 17.201" W	40% of water surface *2	Bushes and trees **2	Next to the Iguaçú river canal
PT 11	25° 36.700" S; 49° 17.197" W	All water surface *4	Complex vegetation **3	Old part of the river, next to the river canal
PT 12	25° 36.397" S; 49° 16.845" W	Absent *1	Bushes and grass **1	
PT 13	25° 36.684" S; 49° 16.605" W	Absent *1	Complex vegetation **3	Iguaçu river's arm; Erosion Decomposition odor;
PT 14	25° 36.649" S; 49° 16.494" W	All water surface *4 Diverse macrophyte groups present	Complex vegetation **3	Presence of erosion Iguaçu river's arm
PT 15	25° 36.681" S; 49° 16.491" W	Almost all water surface *4	Complex vegetation **3	Presence of erosion on one margin; Iguaçu river's arm

**Table 2.** Qualitative considered variables among the 15 sampled point's characterization.

Rank	Rank occurrence among the lakes (%)
RV0	6.6
RV1	6.6
RV2	46.6
RV3	40
MF1	40
MF2	13.3
MF3	0
MF	46.6
Ds1	26.6
Ds2	66.6
Ds3	6.6

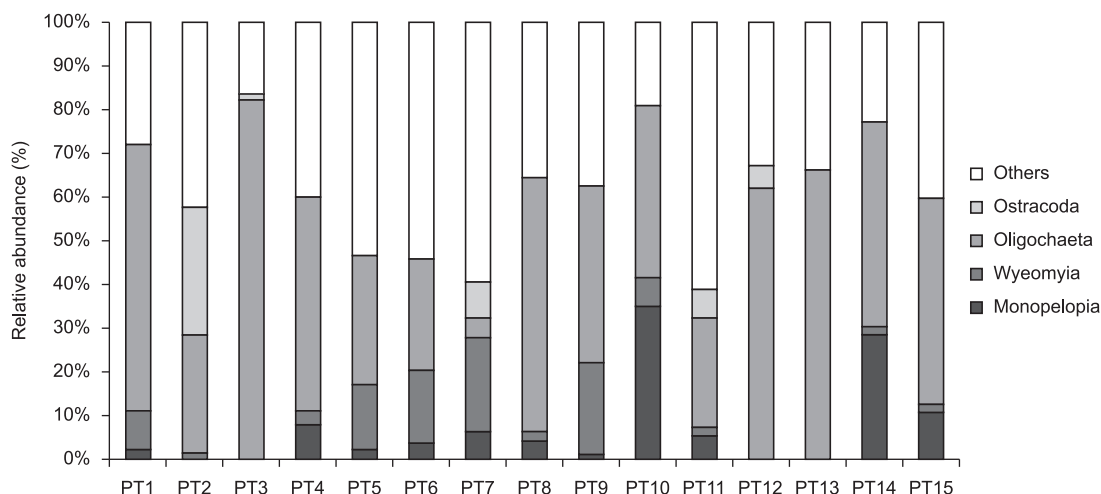
Partial Least Square analysis (PLS) was conducted since databases from each sample point, in view of the equitability ( $J'$ ) difference among the lakes. Table 8 presents the variable meaningful and importance for each tested pit.

It is important to know how each variable contributes to the general statistical variance, explaining the involved factors. The productivity in a lentic environment is high when there is the occurrence of high  $BOD_5$  and phosphates and nitrates, concomitantly (Esteves 1998, Dodds 2003). Thus, the factor analysis provided that axis x as the environment productivity. PT2, PT5, PT6, PT9, PT11, PT14 and PT15 were related to productivity because they presented the highest values to those variables, as opposed to what happens in other points (Table 3).

Equitability values were higher when the productivity increased (Figure 3), which can be observed by the PLS analysis, that presented high statistical significance in the first and second principal components. The observed eigenvalues were equal in the two principal components (2,64), with an explicability of 24%. It can be explained by  $BOD_5$ , phosphorous, ortho-phosphate, nitrite,

**Table 3.** Physical and chemical parameters of water and the average values among the 15 studied points in July/2009 where T (H<sub>2</sub>O) = water temperature; T = turbidity; DO = dissolved oxygen; pH = hydrogenionic potential; BOD<sub>5</sub> = biochemistry oxygen demand; TP = total phosphates; O-P = ortho-phosphate; DOC = dissolved organic carbon; NO<sub>2</sub><sup>-</sup> = nitrite. NT/PT= Reason between nitrogen and phosphorous to determinate the limiting factor to the productivity in the 15 sampled lakes.

Sample points	T (H <sub>2</sub> O) (°C)	T (NTU)	OD (mg/L)	pH	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	TP (µg/L)	O-P (µg/L)	DOC (mg/L)	NT (µg/L)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (µg/L)	NT/PT
PT1	15	21.3	7.638	7.81	2.6	26.7	9.9	12.7	444.02	6.5	16,6
PT2	15	67	8.44	7.64	2.6	54.32	16.8	4.2	529.27	7.7	9,7
PT3	15	11.8	6.4	7.65	9.4	19.9	12.3	10.5	500.85	3.8	25,2
PT4	16	16.2	4.8	6.9	6.6	24.4	9.2	4.5	292.09	3	11,9
PT5	14.5	306	7.23	7.43	4.08	135	6.8	1.8	765.17	21.1	5,7
PT6	15	20.7	8.84	7.58	13.44	29.1	17.7	3.1	410.26	2.9	14,1
PT7	15	133	6.43	7.44	4	57.8	41.6	1.8	571.58	6.1	9,9
PT8	15	17.6	10.05	7.18	2.6	56.5	14.3	2.7	104.32	6.6	1,8
PT9	15	26.5	8.44	7.57	2.7	40.3	14.6	4	418.38	7.8	10,4
PT10	16	22.5	7.63	7.62	6.8	28.9	8.8	2.7	260.47	7	9,0
PT11	16	47.8	6.43	7.55	2.7	39.2	22.2	3.1	348.29	4.3	8,9
PT12	15	97.7	8.44	7.93	1.4	75.3	33.4	4	725.39	6.3	9,6
PT13	16	38.2	2.01	7.2	14.7	252	92.2	6.6	6252.1	67.8	24,8
PT14	15.5	46.2	1.201	6.94	28.1	165	62.4	7.6	966.08	4.9	5,8
PT15	15.5	117	4.02	6.86	14.8	85.8	17.7	3.6	1175.2	4.9	13,7
Mean	15.3	66.0	6.5	7.4	7.8	72.7	25.3	4.9	917.6	10.7	
SD	0.5	76.7	2.5	0.3	7.3	64.8	23.7	3.2	1501.7	16.4	
IC -95%	15.03	23.47	5.13	7.24	3.72	36.80	12.17	3.10	85,97	1.65	
IC +95%	15.57	108.47	7.93	7.60	11.81	108.56	38.48	6.62	1749,16	19.78	



**Figure 2.** Taxa with more than 5% of abundance and occurrence in more than three sampled points.

and abundant ciliar vegetation grouping, opposed to DO and pH. DO and COD were influent variables, as well as dense ciliar vegetation.

Chironomidae, Oligochaeta and Ostracoda had the higher relative abundances. Due to this importance, the PLS was conducted to these taxa as dependent variables, and as well as equitability response, the productivity was the explicative factor (Figures 4, 5 and 6). The most influent variables are ranked in Table 4.

The realized analyses to Chironomidae and Ostracoda did not present statistical significance to the two first components, so, we

assumed to analyze only the first principal component. The eigenvalue to Chironomidae was 2,93, assuming an explicability of only 24%. To Ostracoda the eigenvalue to the first component was 2,93, with an explicability of 25%. Thus, this analysis demonstrated a low explicability to Chironomidae and Ostracoda. It is noteworthy that the lakes with higher macrophytes' frequency (51-75% and 76-100%) had higher representativeness and, because of this, had higher explicability power. The analysis on Ostracoda was significant to

**Table 4.** Total entomofauna's observed frequency (TEF) among the 15 sampled lakes.

Taxa	Genus	TEF (%)	Taxa	Genus	TEF (%)
<b>Ephemeroptera</b>			Mesoveliidae	<i>Mesovellia</i>	13
Ephemeroptera		13	Naucoridae	<i>Pelocoris</i>	7
Baetidae	<i>Apobaetis</i>	27	Notonectidae	<i>Notonecta</i>	27
Caenidae	<i>Caenis</i>	60	Pleidae	<i>Paraplea</i>	20
Leptohyphidae	<i>Tricorythopsis</i>	7	<b>Lepidoptera</b>		
Leptohyphidae	<i>Traverypes</i>	7	Noctuidae		13
Leptohyphidae	<i>Leptohyphodes</i>	20	Pyralidae	<i>Crambus</i>	27
Leptophlebiidae	<i>Traverella</i>	13	<b>Trichoptera</b>		
<b>Odonata</b>			Hydroptilidae	<i>Neotrichia</i>	20
Aeshnidae	<i>Castoaeschna</i>	20	Polycentropodidae	<i>Cyrnellus</i>	7
Aeshnidae	<i>Coryphaesna</i>	7	<b>Coleoptera</b>		
Aeshnidae	<i>Limnetron</i>	7	Chrysomelidae	<i>Disonycha</i>	7
Coenagrionidae	<i>Ischnura</i>	7	Curculionidae		27
Coenagrionidae	<i>Oxyagrion</i>	20	Curculionidae	<i>Listronotus</i>	7
Coenagrionidae	<i>Telebasis</i>	100	Curculionidae	<i>Lixus</i>	27
Dictyrididae	<i>Eleocharis</i>	7	Dytiscidae	<i>Acilius</i>	20
Lestidae	<i>Lestes</i>	20	Dytiscidae	<i>Hygrospus</i>	20
Libellulidae	<i>Erythrodiplax</i>	73	Elmidae		7
Libellulidae	<i>Brechmorhoga</i>	67	Elmidae	<i>Hexanchorus</i>	13
Perilestidae	<i>Perilestes</i>	7	Halipidae	<i>Haliplus</i>	13
Protoneuridae	<i>Epipleoneura</i>	7	Hydrophilidae		7
Protoneuridae	<i>Neoneura</i>	13	Hydrophilidae	<i>Berosus</i>	7
<b>Heteroptera</b>			Hydrophilidae	<i>Dibolocelus</i>	40
Belostomatidae	<i>Belostoma</i>	27	Hydrophilidae	<i>Helobata</i>	87
Corixidae	<i>Cymatia</i>	27	Lampyridae		60
Corixidae	<i>Tenaglobia</i>	33	Melolonthidae		13
Hebridae	<i>Hebrus</i>	13	Noteridae	<i>Hydrocanthus</i>	13
Taxa	Subfamily/Genus	TEF (%)	Taxa	Subfamily/Genus	TEF (%)
Noteridae	<i>Pronoterus</i>	7	Chironomidae	<i>Caladomyia</i>	27
Scirtidae	<i>Microcara</i>	40	Chironomidae	<i>Chironomus</i>	27
Staphilinidae	<i>Pontamalota</i>	7	Chironomidae	<i>Cryptochironomus</i>	7
<b>Diptera</b>			Chironomidae	<i>Dicrotendipes</i>	7
Muscidae		7	Chironomidae	<i>Harnischia</i>	13
Ceratopogonidae	<i>Dasyhelea</i>	27	Chironomidae	<i>Parachironomus</i>	33
Ceratopogonidae	<i>Probezzia</i>	80	Chironomidae	<i>Polypedilum</i>	27
Ceratopogonidae	<i>Stilobezzia</i>	33	Chironomidae	<i>Rheotanytarsus</i>	7
Chaoboridae	<i>Chaoborus</i>	7	Chironomidae	<i>Tanytarsus</i>	27
Culicidae	<i>Aedes</i>	13	Chironomidae	<i>Tanytarsini gen A</i>	20
Culicidae	<i>Anopheles</i>	27	Chironomidae	Orthoclaadiinae	53
Culicidae	<i>Culiseta</i>	7	Chironomidae	Corynoneura	7
Culicidae	<i>Mansonia</i>	7	Chironomidae	<i>Cricotopus</i>	7
Culicidae	<i>Toxorhynchites</i>	7	Chironomidae	<i>Parametricnemus</i>	13
Culicidae	<i>Wyeomyia</i>	87	Chironomidae	Tanypodinae	80
Dixidae	<i>Dixa</i>	7	Chironomidae	Procladini	7
Empididae		20	Chironomidae	<i>Djalmabatista</i>	13
Ephydriidae		7	Chironomidae	<i>Ablabesmyia</i>	53
Sciomyzidae	<i>Tetanocera</i>	13	Chironomidae	<i>Clinotanypus</i>	7
Stratiomidae	<i>Euparyphus</i>	53	Chironomidae	<i>Coelotanypus</i>	27
Stratiomidae	<i>Mixosargus</i>	7	Chironomidae	<i>Labrundinia</i>	73
Syrphidae		7	Chironomidae	<i>Larsia</i>	67
Tabanidae	<i>Chrysops</i>	73	Chironomidae	<i>Monopelopia</i>	73
Tipulidae		20	Chironomidae	<i>Pentaneura</i>	20
Chironomidae	Chironominae		Chironomidae	<i>Tanypus</i>	20
Chironomidae	<i>Aedokritus</i>	27	Chironomidae	<i>Thienemannimyia</i>	53
Chironomidae	<i>Beardius</i>	7	Chironomidae	<i>Zavrelimyia</i>	13

**Table 5.** Total macroinvertebrates' observed frequency (TF) except insects among the 15 sampled lakes.

Taxa	Genus	TF (%)
Oligochaeta		100
Hirudinea		87
Glossiphoniidae		0
Bivalvia		27
Platyhelminthes		13
Nematoda		7
Mollusca		7
Mollusca Mycetopodidae	<i>Anodontites</i>	7
Mollusca Ampullariidae	<i>Pomacea</i>	27
Mollusca Physidae	<i>Physa</i>	60
Mollusca Planorbidae	<i>Biomphalaria</i>	60
Mollusca Planorbidae	<i>Drepanotrema</i>	7
Mollusca Gastropoda		7
Mollusca Gastropoda Ampullariidae		13
Mollusca Gastropoda Ancyliidae		7
Hydracarina		40
Cladocera		87
Copepoda		20
Crustacea Isopoda	<i>Hyalella</i>	13
Amphipoda		7
Isopoda		13
Crustacea Decapoda	<i>Macrobrachium</i>	13
Ostracoda		80
Collembola		27

**Table 6.** Macrofauna attributes in Alto Iguaçu pits, where S = taxonomic richness; N = total abundance; D = dominance; d = Margalef richness index, and J' = equitability.

Sample points	S	N	D	d	J'
PT1	46	666	0.39	6.92	0.47
PT2	21	116	0.19	4.21	0.68
PT3	24	342	0.67	3.94	0.31
PT4	50	1429	0.26	6.74	0.55
PT5	32	553	0.15	4.91	0.67
PT6	42	622	0.14	6.37	0.65
PT7	20	160	0.12	3.74	0.80
PT8	24	242	0.36	4.19	0.55
PT9	43	527	0.21	6.70	0.61
PT10	33	608	0.28	4.99	0.52
PT11	32	259	0.11	5.58	0.77
PT12	16	55	0.39	3.74	0.60
PT13	22	438	0.46	3.45	0.42
PT14	53	1442	0.30	7.15	0.46
PT15	58	881	0.24	8.40	0.58

**Table 7.** Descriptive statistics to the ecological indexes.

	Mean	Confidence -95,000%	Confidence +95,000%	Variance	Std.Dev.
S	34.4	27.0	41.8	180.1	13.4
N	556	321	791	180050.1	424.3
Dm	0.3	0.2	0.4	0.0	0.2
d	5.4	4.5	6.3	2.4	1.5
J'	0.6	0.5	0.6	0.0	0.1

the two first components, presenting eigenvalues of 3,41 and 1,70, respectively.

In all the done analysis was possible to observe that the first principal component defined the data variability depending on the trophic level. In lakes with low pH, OD and reduced macrophytes' frequency we understood as low productivity, indicating low trophic level.

There were not environments with good or excellent water quality according to the BMWP'. The most sample points were classified in acceptable or questionable, while the PT2 was classified in very critical water quality (Table 9).

The Plecoptera Order was absent in all sample points. Trichoptera was rare in PT2, PT3, PT6 and PT10 (n = 1) as well in PT4 (n = 6). Ephemeroptera was not sampled in PT1, PT11, PT13 and PT14, occurring in all others (always with less than 2% of contribution to the community). On the other hand, Chironomidae was sampled in all sample points. All the sample points showed a reason smaller than one to this metric, evidencing a commitment of water quality (Table 9).

## Discussion

The *Monopelopia sp.* abundance can be related to macrophyte abundance, due to this taxon morphological adaptation to colonize these aquatic plants, as registered by Armitage et al. (1995). Peiró & Alvez (2006) related all the macroinvertebrates community from the Ribeirão das Anhumas dam's littoral region with macrophytes disposition, considering the food supply and shelter as advantages to the occurrence. Indeed, the organisms' richness was very represented by the detected portion of aquatic plants. The vegetation in shoreline favors the littoral zone, especially in lentic environments, because they provide a diverse habitat, increasing the richness, and other ecological indexes (Ward 1992, Corgosinho et al. 2004).

Assireu et al. (2009) suggest that higher margin development index, greater the aquatic community establishment probability and greater the catchment interference. Our study has not confirmed this pattern, because the index was not explicative factor nor even to community structure or to the three more dominants taxa (Chironomidae, Oligochaeta and Ostracoda). So, this variable was excluded from analysis, as well macrophytes and the altitude.

In spite of macrophytes exclusion from analysis, the highest equitability values were observed in those points with more than 30% of water surface covered by them. The reduced macrophyte presence in some points permitted to note the association between macrophytes and complex riparian vegetation. However, elevated quironomid and oligochaete density were found in lakes with all water surface covered by aquatic plants and complex riparian vegetation surrounding. This emphasizes the macrophytes and riparian vegetation association as an important ecological role to macroinvertebrate's community.

Weatherhead & James (2001) verified that depth, turbidity and flood peaks were not influent factors on the macroinvertebrate's abundance and distribution; however the suspended solids modified the macrophytes. Macrophytes are related to nutrients supply, even in oligotrophic lakes (Weatherhead & James 2001), to egg deposition and refuge to these animals, besides to be an important factor to habitat heterogeneity (Jackson 1997, Higuti & Takeda 2002). Macrophytes architectonic types have explained the abundance variation of macrofauna in lakes (Cheruvilil et al. 2000), besides to support the distribution pattern. In shallow ecosystems these plants assume a more relevant ecological role, since they can colonize all the environments and increase the primary production rate (Cervi et al. 2009).

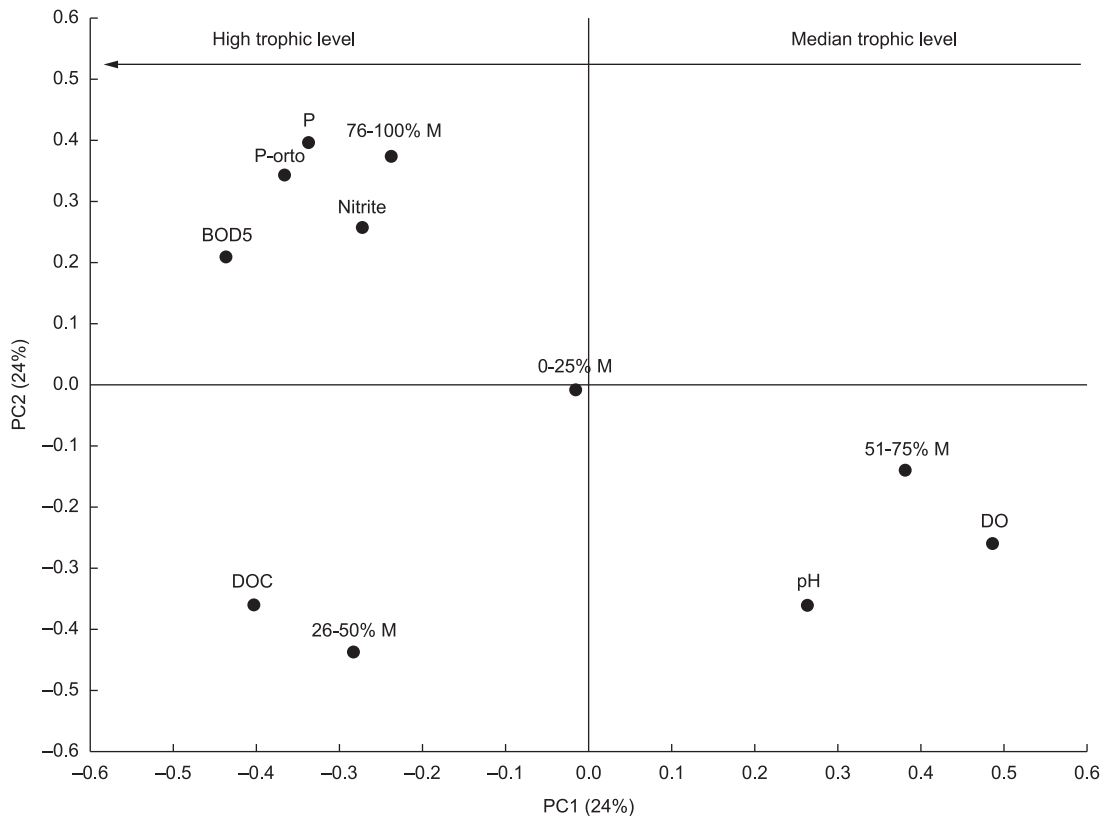
The observed macrophyte quantity and riparian vegetation density permit to infer that the two parameters together increase the shading on the water body, as consequence, take to lower productivity in water,



**Table 8.** Partial Least Square (PLS) results to the 15 Alto Iguaçú lake's attributes community for the most explicative factors to taxa equitability ( $J'$ ) and abundance (Chironomidae, Oligochaeta e Ostracoda). The highlighted factors are the three first ones in relation to importance, pointed by the analysis.

Variables	$J'$		Chironomidae		Oligochaeta		Ostracoda	
	Pw	Imp	Pw	Imp	Pw	Imp	Pw	Imp
T(H <sub>2</sub> O) (°C)	*	*	*	*	0.44	10	0.13	9
Turbidity	*	*	*	*	0.17	12	0.001	12
DO (mg/L)	0.81	1	0.77	2	0.79	1	0.68	2
pH	0.52	7	0.78	1	0.62	4	0.33	7
BOD <sub>5</sub>	0.61	6	0.7	3	0.57	6	0.5	5
Total Phosphate (mg/L)	0.7	4	0.31	6	0.74	2	0.76	1
Ortho-phosphate (mg/L)	0.66	5	0.29	7	0.74	3	0.65	3
DOC (mg/L)	0.77	2	0.01	11	0.18	11	0.07	10
Nitrite (mg/L)	0.36	10	0.05	9	0.59	5	0.52	4
CV	0.72	3	0.01	10	0.08	13		
<b>R<sup>2</sup> of x</b>		<b>0.3</b>		<b>0.34</b>		<b>0.32</b>		<b>0.33</b>
<b>p</b>		<b>&lt;0.05</b>		<b>&gt;0.05</b>		<b>&lt;0.05</b>		<b>&gt;0.05</b>
<b>Variance (%)</b>		<b>85</b>		<b>81</b>		<b>96</b>		<b>38</b>

Pw= Power (analysis influence). Imp = Importance (relevant rank).



**Figure 3.** PLS analysis indicating observed variables weight on components 1 and 2, and its relationships to macroinvertebrates equitability distribution among the points.

but in the other hand keep constant temperature and inhibit algae bloom (Silans 2003). In natural non-eutrophic lakes, the vegetation and shallowness are more efficient in phosphorous conversion to biomass disposed to phytoplankton, even the primary production is constant (Nixdorf & Deneke 1997).

Dissolved oxygen is one of the most important variables in limnological characterization due to its chemical reaction participation in water (Tundisi & Matsumura-Tundisi 2008), and it can be controlled by macrophytes in as much as they metabolize 16 to 34% of Total Phosphates and nitrogen in a lacustrine system (Carpenter

Krawczyk, A.C.D.B. et al.

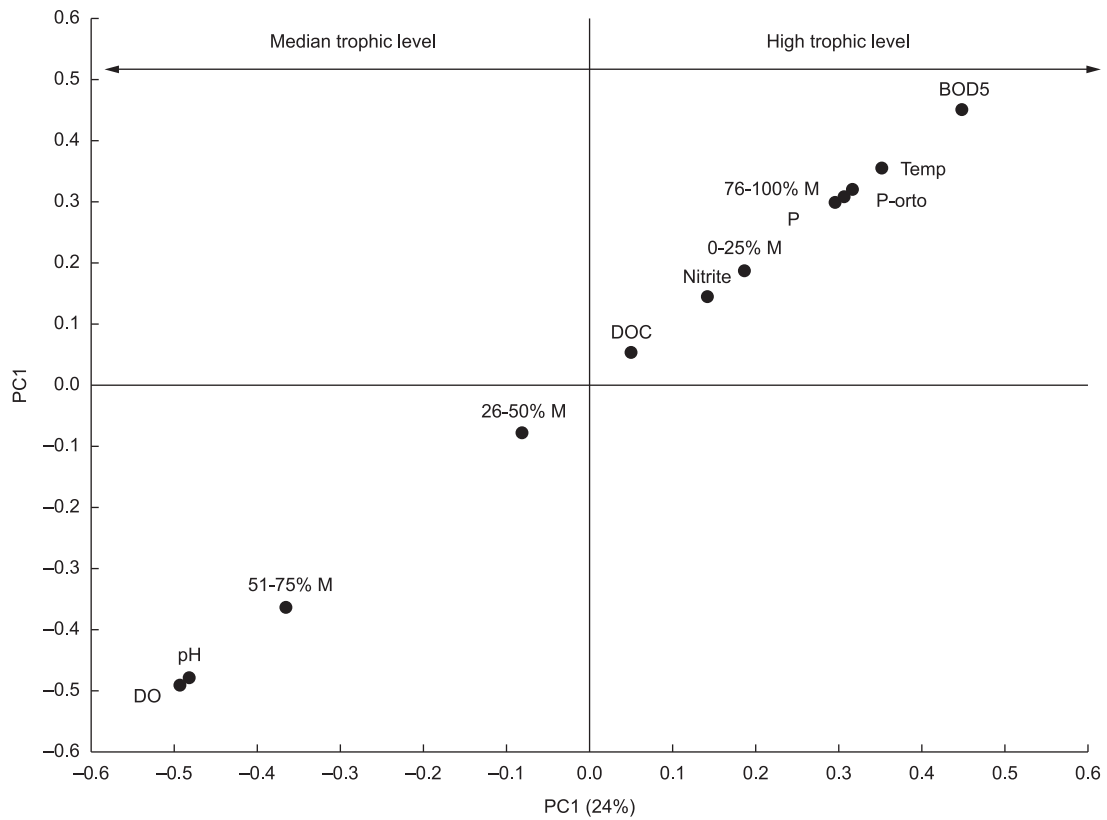


Figure 4. PLS analysis indicating observed variables weight on components 1 and 2, and its relationships to Chironomidae dominance.

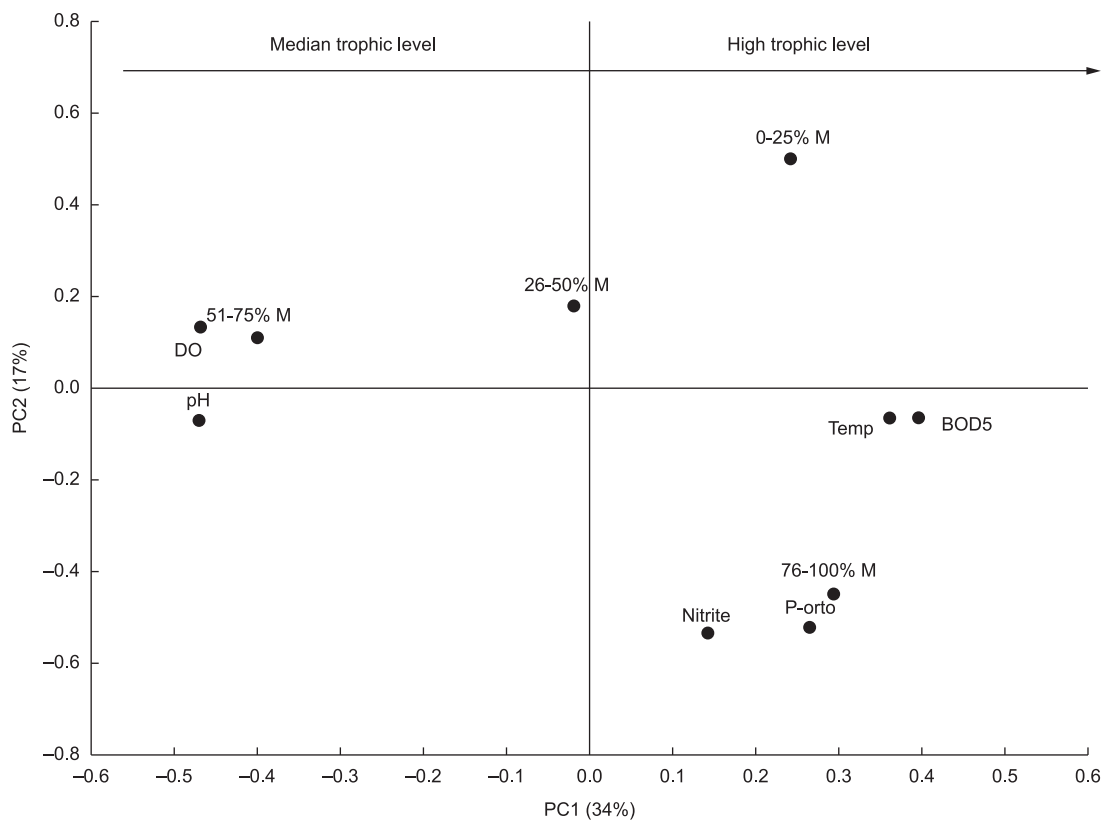


Figure 5. PLS analysis indicating observed variables weight on components 1 and 2, and its relationships to Oligochaeta dominance.

Aquatic Invertebrate's community in lakes from the Alto Iguaçú

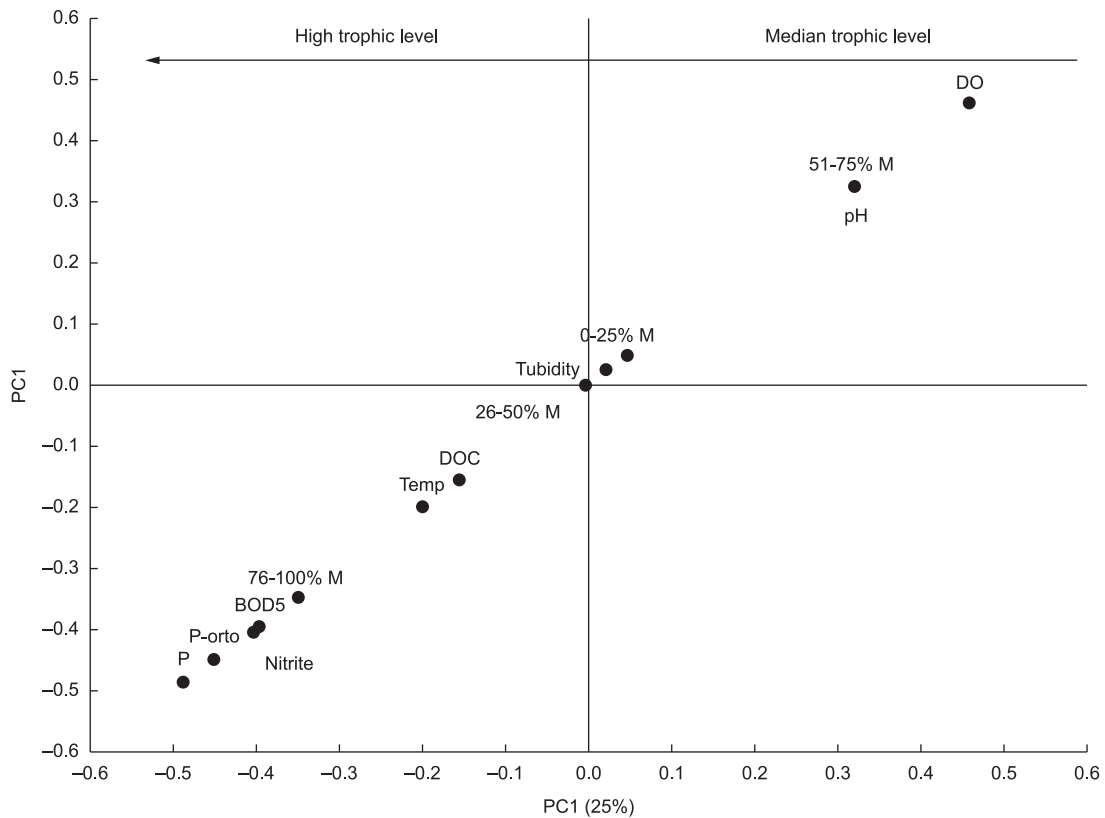


Figure 6. PLS analysis indicating observed variables weight on components 1 and 2, and its relationships to Ostracoda dominance.

**Table 9.** Biological indexes values to water quality in the 15 sample points from the Alto Iguaçú region. EPT/C = reason between the proportion of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera taxa in relation to Chironomidae. BMWP\* = Biological Monitoring Work Party System, where acceptable water quality = moderated evidences of pollution; Doubtful = polluted waters (altered systems), and Critical = much polluted waters (very altered systems).

Sample points	EPT/C	BMWP*	Quality
	Value	Value	
PT1	0,014	78	Acceptable
PT2	0,2	31	Critical
PT3	0,04	62	Acceptable
PT4	0,198	92	Acceptable
PT5	0,044	48	Doubtful
PT6	0,071	65	Acceptable
PT7	0,142	46	Doubtful
PT8	0,017	31	Critical
PT9	0,03	77	Acceptable
PT10	0,02	57	Doubtful
PT11	0	54	Doubtful
PT12	0,5	27	Critical
PT13	0	48	Doubtful
PT14	0	85	Acceptable
PT15	0,077	95	Acceptable

& Adams 1977), increases the exponential growth rate, which one provides oxidation and limits the radiation to biota because releases phosphorous, and consequently, suspended solids (Thiébaud 2008). Wetzel (1984) assumes that aquatic macrophytes can act increasing or reducing DOC. In this study, we observed that, lowest macrophyte distribution on water surface, conducted to higher DOC rate (PT1 and PT3), while highest presence of this plant on water, indicated lowest DOC.

Profundal zones tend to homogeneity and oxygen depletion, especially in stratified lakes. Still the littoral zone presents more spatial heterogeneity, favoring biomass accumulation and greater diversity. It makes the littoral zone to fluctuate more, requiring population adaptations and fluctuations in reduced time (Tundisi & Matsumura-Tundisi 2008).

Several studies show the relationship among productivity and phosphorous and nitrogen availability, indicating the phosphorous as limiting nutrient to this process (Schilling & Lockaby 2006). Brauns et al. (2007) observed that while a community part was related to organic matter and conductivity reduction, there was another positively related to phosphorous. For these authors, the relation with phosphorous infers about productivity and, therefore, the macroinvertebrate's composition was associated to system productivity. Lenat & Rawford (1994) show that macroinvertebrates abundance increases according to productivity in agricultural streams. It is expected that the macroinvertebrate's community variability be great as more complex is the habitat, permitting a wild niche (Heino 2000, Harrison & Hildrew 2001).

The dominance displayed by Chironomidae and Oligochaeta is common (Bazzanti et al. 2000, Abílio et al. 2005) including its relationship to eutrophic environments (Buckup et al. 2007,

O'Toole et al. 2008), since they are organisms with a wild plasticity about available resources. Besides, another relevant factor are these two groups biological features, like respiratory pigment (hemoglobin) and body movement that optimizes the oxygen catchment from environment (Higuti & Takeda 2002), even in very depleted concentrations. According to Fuller & Cowell (1985) the quironomids larvae are r-strategists and inhabit areas with a very variable conditions range, what justifies their advantage among the lake's analyses.

Investigations about oligochaete's abundance indicate higher values of this taxon in lentic samples, especially in profundal zones (sediment) (Milbrink et al. 2002), also occurring relationship between the oligochaete's abundance in accordance of organic pollution (Lang 1997, 1998). Corbi (2001) found that in oligotrophic reservoirs the benthic fauna was composed of fewer than 20% oligochaetes, whereas Pamplin (1999) registered a fauna composition of 73% by oligochaetes in hypertrophic lentic habitats.

The taxonomic diversity shows sensibility when the communities are exposed to habitat alterations or to any environmental stress (Andrade 2009) like the ones in water quality. Among the analyzed lakes, there were sample points classified as acceptable, to water quality through the BMW<sup>P</sup> index (PT4 and PT15), which also had the highest values to diversity index. According to Barbosa et al. (2001) the presence of some groups like Baetidae, Odonata, Ephemeroptera and Trichoptera is associated to macrophytes, so this community reflects an elevated nutrients availability, and as already mentioned, the Chironomidae dominance is, many times, associated to environmental degradation (Fuller & Cowell 1985), the own BMW<sup>P</sup>'s score is very low (1). Thus, the dataset presented here, be the comparisons between the structure and community composition, be the association of those with the physical and chemical water characteristics or the water evaluation through saprobiotic index, show that, these lakes, although the invertebrates colonization occurs, have low degree of environmental integrity, selecting, this way, the taxonomic groups found in each sample point.

## Conclusions

The lakes presented different environmental conditions, and especially about chemical variables, the variance was conducted according to the connection to Iguaçú River's channel, besides the macrophytes presence. The variable set was explained by the ecosystem productivity. This factor was strongly influent on distribution of macroinvertebrates community, even if we had not significance difference among ecological indexes.

## References

- ABÍLIO, F.J.P., FONSECA-GESSNER, A.A.F., WATANABE, T. & LEITE, R.L. 2005. Fauna de Chironomidae e outros insetos aquáticos de águas do semi-árido paraibano, Brasil. *Entomol. Vect.* 12(2):255-264. <http://dx.doi.org/10.1590/S0328-03812005000200009>
- ALBERTONI, E.F., PRELLVITZ, L.J. & PALMA-SILVA, C. 2007. Macroinvertebrates fauna associated with *Pistia stratiotes* and *Nymphoides indica* in subtropical lakes (south Brazil). *Braz. J. Biol.* 67(3):499-507. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842007000300015>
- ALVES, E., CARDOSO, L.R., SAVRONI, J., FERREIRA, L.C., BOARO, C.S.F. & CATANEO, A.C. 2003. Physiological and biochemical evaluations of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*), cultivated with excessive nutrient levels. *Planta Daninha* 21:27-35.
- ANDRADE, C.C. 2009. Macroinvertebrados bentônicos e fatores físicos e químicos como indicadores de qualidade de água da bacia do Alto Jacaré-Guaçu (SP). Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 75p.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION - AWWA, WATER ENVIRONMENT FEDERATION - WEF. 2005. Standard methods for examination of water and waste water. 21st ed. APHA, Washington.
- ARMITAGE, P.D., CRANSTON, P.S. & PINDER, L.C.V. 1995. The Chironomidae: biology and ecology of non-biting midges. Chapman and Hall, London.
- ASSIREU, A.T., FREITAS, R.M., NOVO, E.M.L.M., PACHECO, F.S. & STECH, J.L. 2009. Índice de criticalidade da qualidade da água em lagos e reservatórios: Uma proposta de metodologia baseada em variáveis estáticas e dinâmicas. In XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Natal, p.4639-4646.
- BARBOSA, F.A.R., CALLISTO, M. & GALDEAN, N. 2001. The diversity of benthic macroinvertebrates as an indicator of water quality and ecosystem health: a case study for Brazil. *Aquat. Eco. Health and Manag. Soc.* 4:51-59. <http://dx.doi.org/10.1080/146349801753569270>
- BAZZANTI, M., SEMINARA, M., BALDONI, S. & STELLA, A. 2000. Macroinvertebrates and Environmental Factors of Some Temporary and Permanent ponds in Italy. *Verh. Internat. Limnol.* 27:936-941.
- BERG, M.V.D.M., COOPS, H., NOORDHUIS, R., SCHIE, J.V. & SIMONS, J. 1997. Macroinvertebrate communities in relation to submerged vegetation in two Chara-dominated lakes. *Hydrobiol.* 342(343):143-150. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1017094013491>
- BIGGS, B.J.F. & MALTHUS, T.J. 1982. Macroinvertebrates associated with various aquatic macrophytes in the backwaters and lakes of the upper Clutha Valley, New Zealand, NZ. *J. Mar. and Freshw. Res.* 16:81-88. <http://dx.doi.org/10.1080/00288330.1982.9515948>
- BONADA, N., PRAT, N., RESH, V.H. & STATZNER, B. 2006. Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches. *An. Rev. Entomol.* 51:495-523. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151124>
- BOTTS, P.S. & COWELL, B.C. 1993. Temporal Patterns of Abundance of Epiphytic Invertebrates on Typha Shoots in a Subtropical Lake. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 12(1):27-39. <http://dx.doi.org/10.2307/1467682>
- BRAUNS, M., GARCIA, X.F., PUSCH, M.T. & WALZ, N. 2007. Eullitoral macroinvertebrate communities of lowland lakes: discrimination among trophic states. *Freshw. Biol.* 52:1022-1032. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2427.2007.01750.x>
- BUCKUP, L., BUENO, A.A.P., BOND-BUCKUP, G., CASAGRANDE, M. & MAJOLO, F. 2007. The Benthic Macroinvertebrate Fauna of Highland Streams in Southern Brazil: Composition, Diversity and Structure. *Bras. J. Biol.* 24(2):294-301.
- CALLISTO, M.; BARBOSA, F.A.R. & MORENO, P. 2000. Macrobenthic diversity on different habitats in an altitudinal lake surrounded by Eucalyptus plantations and secondary Atlantic Forest (southeast Brazil). *Acta Limnol. Brasil.* 12:55-61.
- CARIGNAN, R.E. & NEIFF, J.J. 1992. Nutrient dynamics in the floodplain ponds of the Paraná River (Argentina) dominated by *Eichhornia crassipes*. *Biogeochemistry* 17:85-121. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00002642>
- CARPENTER, S.R. & ADAMS, M.S. 1977. The macrophyte tissue nutrient pool for a hardwater eutrophic lake: implication for macrophyte harvesting. *Aquat. Bot.* 3:239-255. [http://dx.doi.org/10.1016/0304-3770\(77\)90026-2](http://dx.doi.org/10.1016/0304-3770(77)90026-2)
- CARRASCAL, L.M., GALVÁN, I. & GORDO, O. 2009. Partial least squares regression as an alternative to current regression methods used in ecology. *Oikos* 118:681-690. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0706.2008.16881.x>
- CERVI, A.C., BONA, C., MOÇO, M.C.C. & VON LINSINGEN, L. 2009. Macrófitas aquáticas do município de General Carneiro, Paraná, Brasil. *Biota Neotrop.* 9(3):215-222. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032009000300022>
- CHANDRA, S., VANDER ZANDEN, M.J., HEYVAERT, A.C., RICHARDS, B.C., ALLEN, B.C. & GOLDMAN, C.R. 2005. The effects of cultural eutrophication on the coupling between pelagic primary producers and benthic consumers. *Limnol. Oceanogr.* 50:1368-1376. <http://dx.doi.org/10.4319/lo.2005.50.5.1368>



- CHERUVELIL, K.S., SORANNO, P.A. & SERBIN, R.D. 2000. Macroinvertebrates associated with submerged macrophytes: sample size and power to detect effects. *Hydrobiol.* 441:133-139. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1017514824711>
- CORBI, J.J. 2001. Distribuição espacial e batimétrica dos macroinvertebrados bentônicos da represa do Ribeirão das Anhumas (Américo Brasiliense SP). Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- CORGOSINHO, P.H.C., CALIXTO, L.S.F., FERNANDES, P.L., GAGLIARDI, L.M. & BALSAMÃO, V.L.P. 2004. Diversidade de habitats e padrões de diversidade e abundância do bentos ao longo de um afluente do reservatório de três marias, MG. *Arq. Inst. Biol.* 71(2):227-232.
- CUMMINS, K.W. 1992. Invertebrates. In *The rivers handbook – hydrological and ecological principles* (P. Calow & G.E. Petts). Blackwell Science Ltd., Oxford, v.2, 526p.
- DODDS, W.K. 2003. Misuse of organic N and soluble reactive P concentrations to indicate nutrient status of surface waters. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 22:171-181. <http://dx.doi.org/10.2307/1467990>
- ESTEVEZ, F.A. 1998. Fundamentos de limnologia. Interciência, Rio de Janeiro.
- FRISSEL, C.A., LISS, W.J., WARREN, C.E. & HURLEY, M.C. 1996. A hierarchical framework for stream habitat classification: viewing streams in a watershed context. *Environ. Manag.* 10:199-214. <http://dx.doi.org/10.1007/BF01867358>
- FULLER, A. & COWELL, B.C. 1985. Seasonal variation in benthic invertebrate recolonization of small-scale disturbances in a subtropical Florida lake. *Hydrobiol.* 124:211-221. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00015237>
- GOULART, M.D.C. & CALLISTO, M. 2003. Bioindicadores de Qualidade de Água como Ferramenta em Estudos de Impacto Ambiental. *Rev. FAPAM* 2:1.
- HAIR, J.F., BLACK, W.C., BABIN, B.J., ANDERSON, R.E. & TATHAM, R.L. 2009. Análise Multivariada de Dados. Editora Bookman, Porto Alegre.
- HAMMER, Ø., HARPER, D. & RYAN, P.D. 2007. PAST – Palaeontological Statistics. Version 1.89. <http://folk.uio.no/ohammer/past/past.pdf> (último acesso em 05/10/2004).
- HARGEBY, A. 1990. Macrophyte associated invertebrates and the effect of habitat permanence. *Oikos* 57(3):338-346. <http://dx.doi.org/10.2307/3565963>
- HARRISON, S.S.C. & HILDREW, A.G. 2001. Epilithic communities and habitat heterogeneity in a lake littoral. *J. Anim. Ecol.* 70:692-707. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2656.2001.00529.x>
- HEINO, J. 2000. Lentic macroinvertebrates assemblages structure along gradients in spacial heterogeneity, habitat size and water chemistry. *Hydrobiol.* 418:229-242. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1003969217686>
- HIGUTI, J. & TAKEDA, A.M. 2002. Spatial and temporal variation in densities of chironomidae larvae (Diptera) in two lagoons and two tributaries of the upper Paraná River floodplain. Brazil. *J. Biol.* 62(4B):807-818.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 2004. Vocabulário básico de recursos naturais e meio ambiente, Rio de Janeiro.
- JACKSON, M.J. 1997. Sampling methods for studying macroinvertebrates in the littoral vegetation of shallow lakes. BARS 17, the Broads Authority, Norwich, 173p.
- JUNK, W.J., BAYLEY, P.B. & SPARKS, R.E. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Can. Spec. Pub. Fish. Aquat. Sci.* 106:110-127.
- KEAST, A., 1985. Planktivory in a littoral-dwelling lake fish association: prey selection and seasonality. *Canadian J. Zool.* 62:1289-1303. <http://dx.doi.org/10.1139/z84-186>
- KOLDING, J. & ZWIETEN, P.A.M. 2006. Improving productivity in tropical lakes and reservoirs. Challenge Program on Water Food – Aquatic Ecosystems and Fisheries Review Serie 1. Theme 3 of CPWF, C/o WorldFish Center, Cairo, 139p.
- KURASHOV, E.A. 1996. Invertebrates communities associated with macrophytes in Lake Ladoga: effects of environmental factors. *Hydrobiol* 322:49-55. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00031804>
- LANG, C. 1997. Oligochaetes, organic sedimentation, and trophic state: how to assess the biological recovery of sediments in lakes? *Aquat. Sci.* 59:26-33. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02522547>
- LANG, C. 1998. Contrasting responses of oligochaetes (Annelida) and chironomids (Diptera) to the abatement of eutrophication in Lake Neuchâtel. *Aquat. Sci.* 61:206-214. <http://dx.doi.org/10.1007/PL00001324>
- LELLES, C.L., SILVA, E., GRIFFITH, J.J. & MARTINS, S.V. 2005. Perfil ambiental qualitativo na extração de areia em curso d'água. *Rev. Árvore* 29(003). <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622005000300011>
- LENAT, D.R. & CRAWFORD, J.K. 1994. Effects of land use on water quality and aquatic biota of three North Carolina Piedmont streams. *Hydrobiology* 294 (3):185-199. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00021291>
- MAACK, R. 1981. Geografia física do estado do Paraná. Gravatex, Curitiba.
- MARQUES, M.G.S.M., FERREIRA, R.L. & BARBOSA, F.A.R. 1999. A comunidade de macroinvertebrados aquáticos e características limnológicas das Lagoas Carioca e da Barra, Parque Estadual do rio Doce, MG. *J. Brazil. Biol.* 59:203-210.
- McQUEEN, D. J., POST, J.R. & MILLS, E.L. 1986. Trophic relations in freshwater pelagic ecosystems. *J. Fish. Aquat. Sci.*, 43:1571-1581. <http://dx.doi.org/10.1139/f86-195>
- MERRIT, R.W. & CUMMINS, K.W. 1996. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3. ed. Kendall, Hunt Publishing Company, Dabuyque Iowa, 862p.
- METCALFE, J.L. 1989. Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrates communities: history and present status in Europe. *Environ. Pollut.* 60:101-139. [http://dx.doi.org/10.1016/0269-7491\(89\)90223-6](http://dx.doi.org/10.1016/0269-7491(89)90223-6)
- MILBRINK, G., TIMM, T., LUNDBERG, S. 2002. Indicative profunda oligochaete assemblages in selected small Swedish lakes. *Hydrobiol.* 468:53-61. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1015274323026>
- MOLETTA, I.M., NUCCL, J.C. & KRÖKER, R. 2005. Carta de hemerobia de uma área de extração de areia no bairro do Umbará, Curitiba/PR/ Brasil. In XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Universidade de São Paulo.
- MUGNAI, R., NESSIMIAN, J.L. & BAPTISTA, D.F. 2010. Manual de identificação de Macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro. Technical Books Editora, Rio de Janeiro.
- NASCIMENTO, L.V., ALBERTONI, E.F. & SILVA, C.P. 2011. Fauna de coleptera associada a macrófitas aquáticas em ambientes rasos do sul do Brasil. *Perspectiva* 35(129):53-64.
- NEIFF, J.J. 1975. Fluctuaciones anuales en la composición fitocenótica y biomasa en lagunas isleñas del Paraná Medio. *Ecosur.* 3(4):153-183.
- NEIFF, J.J., POI DE NEIFF, A.S.G. & CASCO, S. 2001. The effect of prolonged floods on *Eichhornia crassipes* growth in Paraná River floodplain lakes. *Acta Limnol. Brasil.* 13(1):51-60.
- NESSIMIAN, J.L. & DE LIMA, I.H.A.G. 1997. Colonização de três espécies de macrófitas por macroinvertebrados aquáticos em um brejo no litoral do estado do Rio de Janeiro. *Acta Limnol. Brasil.* 9(1):149-163.
- NIXDORF, B. & DENEKE, R. 1997. Why very shallow lakes are more successful opposing reduced nutrient loads. *Hydrobiology.* 342-343:269-284. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1017012012099>
- O'TOOLE, C., DONOHUE, I., MOE, S.J. & IRVINE, K. 2008. Nutrients optima and tolerances of benthic invertebrates, the effects of taxonomic resolution and testing of selected metrics in lakes using an extensive European data base. *Aquat. Ecol.* 42:277-291. <http://dx.doi.org/10.1007/s10452-008-9185-8>
- ODUM, E.P. 2001. Fundamentos de Ecologia. 6. ed. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.
- PAMPLIN, P.A.Z. 1999. Avaliação da qualidade ambiental da represa de Americana (SP-Brasil) com ênfase no estudo da comunidade de macroinvertebrados bentônicos e parâmetros ecotoxicológicos. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo.

- PEIRÓ, D.F. & ALVES, R.G. 2006. Insetos aquáticos associados a macrófitas da região litoral da represa do Ribeirão das Anhumas (município de Américo Brasileiro, São Paulo, Brasil). *Biota Neotrop.* 6(2):1-9.
- PÉREZ, G.R. 1988. Guia para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos Del Departamento de Antioquia. Editorial Presencia Ltda, Bogotá.
- POI DE NEIFF, A.S.G. & BRUQUETAS DE ZOZAYA, I.Y. 1989. Efecto de las crecidas sobre las poblaciones de invertebrados que habitam macrófitas emergentes en las islas del rio Paraná. *Rev. Hydrobiol. Tropical.* 22(1):13-20.
- QUIROS, R. 2002. The nitrogen to phosphorus ratio for lakes: A cause or a consequence of aquatic biology?. In *El Agua en Iberoamerica: De la Limnología a la Gestión en Sudamerica* (A. Fernandez C. & G. Chalar M., eds.). Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnologia para el Desarrollo (CYTED), Buenos Aires, p.11-26.
- RAST, W. & THORTON, J.A. 1996. Trends in eutrophication research and control. *Hydrolog. Proc.* 10:295-313. [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1085\(199602\)10:2<295::AID-HYP360>3.0.CO;2-F](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1099-1085(199602)10:2<295::AID-HYP360>3.0.CO;2-F)
- RIVAS, Z., MEDINA, H.L., GUTIÉRREZ, J. & GUTIÉRREZ, E. 2000. Nitrogen and phosphorus levels in sediment from tropical Catatumbo River (Venezuela). *Water, Air Soil Pollut.* 117:27-37. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1005189710803>
- ROSENBERG, D.M. & RESH, V.H. 1993. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman & Hall, New York, 488p.
- SANDIN, L. & JOHNSON, R.K. 2004. Local, landscape and regional factors structuring benthic macroinvertebrate assemblages in Swedish streams. *Landsc. Ecol.* 19:501-514. <http://dx.doi.org/10.1023/B:LAND.0000036116.44231.1c>
- SCHILLING, E.B. & LOCKABY, B.G. 2006. Relationships Between Productivity and Nutrient Circulation Within Two Contrasting Southeastern U.S. Floodplain Forests. *Wetlands* 26:181-192. [http://dx.doi.org/10.1672/0277-5212\(2006\)26\[181:RBPANC\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1672/0277-5212(2006)26[181:RBPANC]2.0.CO;2)
- SILANS, A.M.B.P. 2003. Redução da evaporação de açudes – O estado da arte. *Rev. Brasil. Rec. Hidr.* 8(2):101-109.
- SILVA, F.L., PAULETO, G., TALAMONI, J. & RUIZ, S. 2009. Categorização funcional trófica das comunidades de macroinvertebrados de dois reservatórios na região Centro-Oeste do Estado de São Paulo, Brasil. *Acta Sci. Biol. Sci.* 31(1):73-78. <http://dx.doi.org/10.4025/actascibiolsci.v31i1.331>
- SILVEIRA, M.P. 2004. Aplicação do Biomonitoramento para Avaliação da Qualidade da Água em Rios. Embrapa Rios Meio Ambiente, 68 p. Documentos 36.
- SMITH, V.H. 1982. The nitrogen and phosphorus dependence of algal biomass in lakes: Na empirical and theoretical analysis. *Limnol. Oceanogr.* 27(6):1101-1112. <http://dx.doi.org/10.4319/lo.1982.27.6.1101>
- STATSOFT. 2005. Statistica (data analysis software system). version 7.1. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com)
- SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL – SUDERHSA. 2007. Plano da Bacia do Alto Iguaçu e afluentes do Alto Ribeira. Relatório de Diagnósticos: Demandas.
- THIÉBAUT, G. 2008. Phosphorus and aquatic plants. *Plant. Ecophysiol.* 7:31-49. [http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-8435-5\\_3](http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-8435-5_3)
- 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. Brasil.* 22(2):218-236. <http://dx.doi.org/10.4322/actalb.02202011>
- TONIOLO, V., MATTIELLO, I., CAETANO, J.A. & WOSIACK, A.C. 2001. Macroinvertebrados bentônicos como indicadores de impacto na qualidade de água do Rio Sagrado (Bacia Litorânea, PR), causada pelo rompimento do Poliduto OLAPA. In Congresso Brasileiro de Limnologia, Anais VIII Congresso Brasileiro de Limnologia. João Pessoa, p.248.
- TRAYLER, K. 2000. Stream Ecology. Water & Rivers Commission, Australia, 20p.
- TRIVINHO-STRIXINO, S. & STRIXINO, G. 1995. Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo - Guia de Identificação e Diagnose dos Gêneros. Editora da Universidade de São Carlos, São Carlos.
- TUNDISI, J.G. & MATSUMARA-TUNDISI, T. 2008. Limnologia. Oficina de Textos, São Paulo, 63p.
- VANNOTE, R.L., MINSHALL, G.W., CUMMINGS, K.W., SEDELL, J.R. & CUSHING, C.E. 1980. The River Continuum Concept. *J. Fish. Aquat. Sci.* 37:130-137. <http://dx.doi.org/10.1139/f80-017>
- VOLLENWEIDER, R.A. 1968. Scientific fundamentals of the eutrophication lakes and flowing waters with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication. OECD Report DAS/CJS 68:1-250.
- VOLLENWEIDER, R.A. 1983. Eutrophication. Notes distributed during the II Meeting of the regional Project on the Eutrophication of Tropical Lakes. Cepis, Brazil.
- WARD, J.V. 1992. Aquatic Insect Ecology 1. Biology and Habitat. New York, John Willey & Sons.
- WEATHERHEAD, M.A. & JAMES, M.R. 2001. Distribution of macroinvertebrates in relation to physical and biological variables in the littoral zone of nine New Zealand lakes. *Hydrobiology.* 462:115-129. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1013178016080>
- WETZEL, R.G. 1984. Detrital dissolved and particulate organic carbon functions in aquatic ecosystems. *Bull. of Mar. Sci.* 35(3):503-509.
- WETZEL, R.G. 1990. Reservoir ecosystems: conclusions and speculations. In *Reservoir limnology: ecological perspectives* (KW Thorton, BL Kimmel, FE Payne, eds.). John Wiley & Sons, New York, p.227-238.
- WETZEL, R.G. 2001. *Limnologia*. 2. ed. Saunders College Publishing, Lisboa.
- WIGGINS, G.B. 1996. Larvae of the North American Caddisfly Genera (Trichoptera). 2nd. ed. University of Toronto Press, Toronto.

Received 02/12/2011

Revised 27/11/2012

Accepted 08/01/2013

**Habitat, redescription and distribution of  
*Latrodectus geometricus* in Uruguay (Araneae: Theridiidae)**

**Miguel Simó<sup>1,3</sup>, María de Fátima da Rocha Dias<sup>1</sup>, Carolina Jorge<sup>1</sup>, Manuel Castro<sup>1</sup>,**

**Marcelo Alves Dias<sup>1,2</sup> & Álvaro Laborda<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Sección Entomología, Facultad de Ciencias, Universidad de la República,  
Iguá 4225, CP 11400, Montevideo, Uruguay

<sup>2</sup>Centro de Ecologia e Conservação Animal – ECOA, Instituto de Ciências Biológicas – ICB,  
Universidade Católica do Salvador – UCSal, Av. Prof. Pinto de Aguiar, 2589,  
Pituaçu, CEP 40710-000, Salvador, BA, Brasil

<sup>3</sup>Corresponding author: Miguel Simó, e-mail: simo@fcien.edu.uy

SIMÓ, M., DIAS, M.F.R., JORGE, C., CASTRO, M., DIAS, M.A. & LABORDA, A. **Habitat, redescription and distribution of *Latrodectus geometricus* in Uruguay (Araneae: Theridiidae)**. Biota Neotrop. 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?short-communication+bn02813012013>

**Abstract:** This study provides the first accurate records of *Latrodectus geometricus* C. L. Koch, 1841 for Uruguay and extends the known distribution of this species to the Southeastern region of South America. Data and figures of the genitalic morphology for the recognition of the species and natural history in this country are indicated. In Uruguay *L. geometricus* was mainly restricted to urban areas at the west of this country and it is associated with locations with high human activity.

**Keywords:** brown widow, spider, invasive alien species, Latrodectinae.

SIMÓ, M., DIAS, M.F.R., JORGE, C., CASTRO, M., DIAS, M.A. & LABORDA, A. **Hábitat, redescrición y distribución de *Latrodectus geometricus* en Uruguay (Araneae: Theridiidae)**. Biota Neotrop. 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?short-communication+bn02813012013>

**Resumen:** Este estudio reporta los primeros registros precisos de *Latrodectus geometricus* C. L. Koch, 1841 en Uruguay y extiende la distribución conocida de esta especie para la región sureste de Sudamérica. Datos y figuras de las estructuras genitales para el reconocimiento de la especie e historia natural en este país son indicados. En Uruguay *L. geometricus* se encuentra principalmente restringida a áreas urbanas del oeste de este país y asociada a sitios con elevada actividad humana.

**Palabras clave:** viuda marrón, araña, especie invasora, Latrodectinae.



## Introduction

The brown widow spider, *Latrodectus geometricus* C. L. Koch, 1841, is a medium spider of the family Theridiidae that belongs to a species group of medical interest due to its neurotoxic venom effect on human health (McCrone 1964, Fundação... 2001). Although envenomations by *L. geometricus* are considered less severe than those of other species of the genus (Vetter & Isbister 2008), the cases reported vary from local to systemic damages (Cardoso et al. 2003, Goddard et al. 2008, Kiriakos et al. 2008, Almeida et al. 2009). This species has an affinity for human structures and residential buildings (Bayram et al. 2008, Brazil et al. 2009, Vetter et al. 2012) where it constructs a web of irregular shape. This web is characterized by the presence of a retreat located at the top with a central disc and gumfoot lines with fluff mass and balls of glue (Eberhard et al. 2008) The round egg sacs show very characteristic protuberances of silk spikes (Vincent et al. 2008). When this spider is disturbed, it will go to a retreat located in the top of the web or exhibit a long thanatosis. These behaviors, clearly not aggressive, contribute to the consideration that *L. geometricus* is a *Latrodectus* species that is less dangerous to humans (McCrone 1964, Brown et al. 2008).

Probably native from Africa, *L. geometricus* has expanded its range around the world mainly in the last century as a consequence of globalization (Garb et al. 2004), to becoming in a cosmopolitan spider (Brown et al. 2008, Platnick 2013). Certainly human transport and trade were the most important ways of dispersal (Garb et al. 2004). Its adaptation to live in synanthropic habitats has also promoted its expansion to new sites worldwide. From the 80s until today it has been reported in Costa Rica, Hawaii, Australia, Japan, southern California (USA), Indonesia, Papua, New Guinea, Israel, India, Pakistán and Turkey (Garb et al. 2004, Eberhard et al. 2008, Vincent et al. 2008, Bayram et al. 2008, Brown et al. 2008). In South America this species has been reported from Argentina, Brazil, Chile, Colombia, Guyana, Perú, Paraguay and Venezuela (Levi 1959, 1967, Abalos 1980, Taucare-Ríos 2011). In Uruguay the species was briefly reported for the first time in an arachnological field guide (Aisenberg et al. 2011), but many aspects about the distribution and natural history of this species in Uruguay were still unclear. In this paper we provide: i, a diagnosis and a brief description of *L. geometricus* with data for the recognition of both sexes; ii, the first precise records with a distributional map; iii, data and comments about the habitats and dispersal of this invasive species in Uruguay.

## Materials and Methods

We revised the theriid specimens deposited in the arachnological collections of the Museo Nacional de Historia Natural (MNHN, M. Simó) and Facultad de Ciencias, Universidad de la República (FCE, M. Simó), both from Montevideo. These institutions conserve the specimens of spiders collected in the last fifty years in a great number of natural and modified habitats of Uruguay. Furthermore we searched spiders in sampling field trips carried out in many cities across the North, Center and South of the country between 2009 to 2011. These specimens were collected by hand, preserved in ethanol (70%) and deposited in FCE. The identification of the exemplars was done according to Levi (1967). Based on the georeferential data of the records, we elaborated a distribution map of the species using the program DIVA-GIS 7.4 (Hijmans et al. 2005). Measurements are in millimeters.

## Results

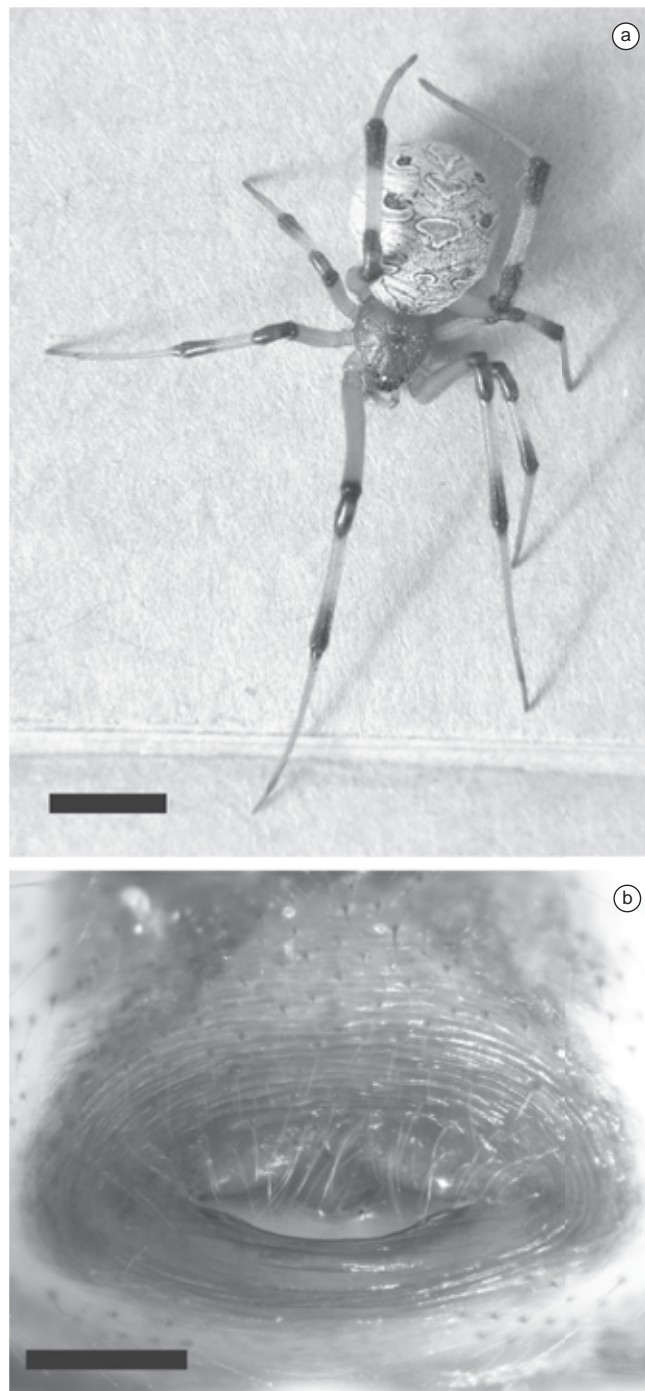
### *Latrodectus geometricus* Koch, 1841

*Latrodectus geometricus*. C. L. Koch, 1841: 117, figure 684 (Type from Colombia, South America).

*Latrodectus geometricus*: Bayram, Danyşman, Yiğit, Kunt & Sankac 2008:99, figures 2-4; Aisenberg, Ghione & Toscano-Gadea 2011:121; Taucare-Ríos 2011:40, Figure 1.

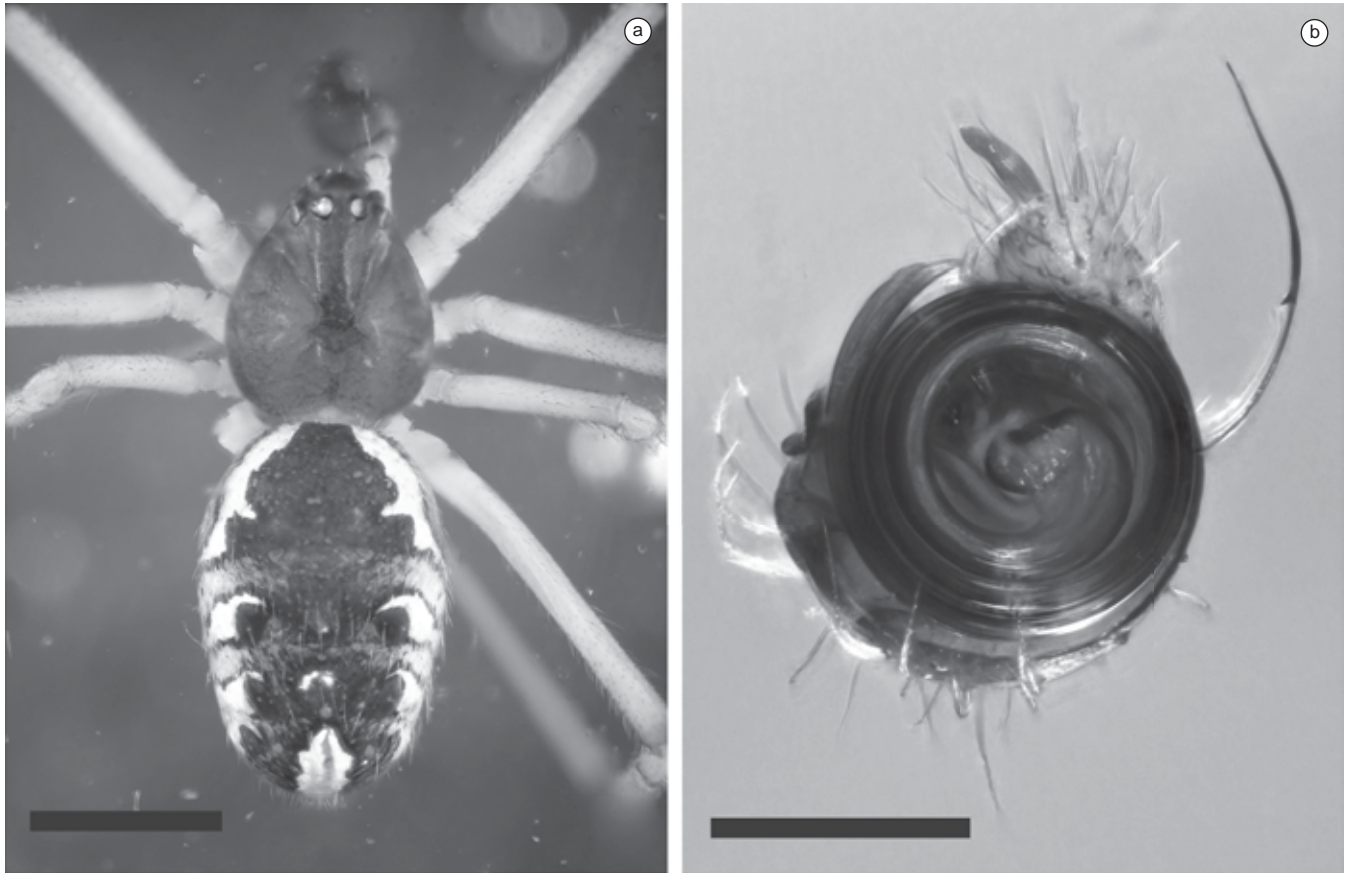
More information about the synonymic list, see Platnick (2013).

Diagnosis. Adults specimens of the brown widow *Latrodectus geometricus* differs from the black widow *Latrodectus mirabilis* Holmberg 1876 (for this species see Abalos 1980, Figures 1-13), the other Uruguayan species of the genus, by the body coloration, morphology of the copulatory organs and its adaptation to live in urban habitats. Females can be distinguished by the dorsal brown coloration of the abdomen with spots (Figure 1a) and by the presence of lateral and posterior lips in the epigynum (Figure 1b). Males can



**Figure 1.** *Latrodectus geometricus*, female: a) dorsal view. Scale: 5 mm; b) epigynum, ventral view. Scale: 0.25 mm.





**Figure 2.** *Latrodectus geometricus*, male: a) dorsal view. Scale: 1 mm; b) bulb, ventral view. Scale: 0.25 mm.

be recognized by the dorsal longitudinal dark band of the abdomen and by the embolus with four loops (Figure 2b).

**Brief description.** Female (Figure 1a). The coloration of the dorsal abdomen varies from light brown to dark with spots that vary from dark orange to white. In ventral view, it presents a longitudinal orange area. The epigynum presents sclerotized lips situated posteriorly on each side (Figure 1b). The vulva shows copulatory ducts coiled, laterally projecting and spermathecae dumb-bell-shaped, with the posterior end closer together (Levi 1967, Figure 58). Variation (5 females): body length: 7.7-9.1; carapace width: 2.5-2.9; femur I: 5.6-6.5.

**Male (Figure 2a):** The carapace is darker than that of the corresponding female and the dorsal abdomen presents a longitudinal dark band with lateral white spots. Ventral abdomen as in the female. The bulb presents a long and coiled embolus with four loops (Figure 2b). Variation (5 males): body length: 2.7-3.2; carapace width: 0.9-1.1; femur I: 2.4-2.9.

**Material examined.** We examined a total of 63 specimens of this species, 43 females, 14 males and 6 immatures (I). **Uruguay, Artigas**, Artigas city, February 1993, 1♀, A. Diestre (FCE 2958); 27-V-2010, 1♀, L. F. García (FCE 2938); 31-V-2010, 1♀, L. F. García (FCE 5824); 31-V-2010, 1♂, 2♀, L. F. García (FCE 2939); **Paysandú**, Constancia, 26-V-2012, 1♀, II, A. Laborda (FCE 2959); Paysandú city, 22-IV-2011, 3♂, 6♀, A. Laborda (FCE 2323); 29-III-2010, 2♂, 4♀, A. Laborda (FCE 2931); 08-V-2010, 2♂, 4♀, 3I, A. Laborda (FCE 2933); 08-V-2010, 3♀, A. Laborda (FCE 2934); 30-VI-2012, 1♂, A. Laborda (FCE 5820); 09-V-2010, 4♀, A. Laborda (FCE 5823); 30-III-2010, 1♀, A. Laborda (FCE 5825); 16-IX-2010, 1♂, 3♀, M. Simó & A. Laborda (FCE 2936); 03-I-2007, 1♂, 3♀, A. Laborda (FCE 2937); 29-III-2010, 1♀, A. Laborda (FCE 2960); **Río Negro**, Nuevo Berlín,

27-IV-2010, 3♂, 1♀, C. Perafán (FCE 5822); San Javier, 11-IV-2012, 1♀, A. Laborda (FCE 2955); Young, 15-VII-2012, 1♀, 1 I. Laborda (FCE 2997); **Salto**, Salto city, Artigas square, 17-IX-2010, 4♀, 1J, M. Simó, C. Jorge & A. Laborda (FCE 2932); **Soriano**, Route 14, Arroyo Cololó, In containment barriers, 24-IV-2010, 1♀, M. Simó & A. Laborda (FCE 2935).

**Distribution.** The specimens proceeded from urban localities in the provinces of Artigas, Paysandú, Salto, Río Negro and Soriano, except one that was registered to one side of a route. The distribution map (Figure 3) shows that this species is found from the northwest to southwest of the country.

**Habitat and natural history.** Most individuals were observed in urban environments outside houses, at gardens and parks (Figure 4a), as well as at containment barriers located on both sides of the roads (Figure 4b). The most common sites where the spiders constructed their webs were at corners of windows, in wall crevices and under park benches. The females mainly constructed their webs between two meters high to near the ground with a retreat situated at the top of the web with a central area from where gumfoot lines are projected to the substrate (Figure 4c). Thanatosis was observed when spiders were disturbed (Figure 4d).

## Discussion

The urban habitats occupied by *Latrodectus geometricus* in Uruguay and the association of this species with synanthropic habitats are similar to that indicated to from other cities as windows frames and wall crevices in New Orleans and California in U.S.A. (Brown et al. 2008, Vetter et al. 2012) or under park benches in Yokohama, Japan (Ono 1995). At the same time the web architecture is similar to that described by Eberhard et al. (2008). The presence on the routes of



**Figure 3.** Records of *Latrodectus geometricus* in Uruguay: urban localities (asterisk) and route (black circle). Grey lines: main routes of the country.

*L. geometricus* in Uruguay would be associated with its ability to disperse through human transport pathways, as has been mentioned for other countries (Brown et al. 2008, Taucare-Ríos 2011). The find of this species only in Western Uruguay, the fact that it was not found in the field trips carried out to the East, North and South of this country and the lack of captures of this species before 1993 in its actual distributional range in Uruguay, give a strong evidence that its presence is a result of a recent invasion. In this sense the species was reported to the neighboring countries, Brazil and Argentine, several decades ago. Brown et al. (2008) reported that the presence of *L. geometricus* in New Orleans, U.S.A. was due to the accidental transport by vehicles, ornamental plants and building materials. The traffic of trade between countries was suggested by Taucare-Ríos (2011) as the way of invasion of this species to Chile. In the last decades of twentieth century new terrestrial connections along the Uruguay River were built and the transport of trade, vehicles and people were highly increased between these countries. All these considerations support the assumption that *L. geometricus* is in a great expansion of its distributional range, as was reported for others parts of the world (Garb et al. 2004). Recently, Vetter et al. (2012) reported the frequent presence of the brown widow spider in urban areas of southern California, USA, and the prevalence of this species in cities, around buildings, in greater numbers than the native black widow, *Latrodectus hesperus* Chamberlain & Ivie 1935, the latter being more common in natural and agricultural areas. Similarly, in Uruguay *L. geometricus* prevails in urban habitats in contrast to the native *L. mirabilis* which lives in grasslands under stones or in agricultural crops. Although *L. geometricus* shows non-aggressive behavior and human envenomation by brown widow spiders are less severe than those caused by other *Latrodectus* species (Brown et al. 2008, Vetter & Isbister 2008, Vetter et al. 2012), its presence in urban habitats and its potential dispersal to other parts of Uruguay represents a new agent of health and pest control interest in this country. The high dependence of *L. geometricus* to live associated with humans shows the potential condition of this species as a good bioindicator to detect environmental disturbance in natural habitats.



**Figure 4.** *Latrodectus geometricus* in Uruguay: a) arrow indicating a wall crevice, one site where individuals of this species can be easily found; b) arrow indicating a containment barrier at the side of road, another habitat of the species; c) the web, showing the retreat and two egg sacs; d) specimen exhibiting thanatosis.

## Acknowledgements

To Anita Aisenberg for her comments and for improving the English version of the manuscript. We thank José Carlos Guerrero for his help with the map edition.

## References

- ABALOS, J.W. 1980. Las arañas del género *Latrodectus* en la Argentina. *Obra Centen. Mus. La Plata*. 6:29-51.
- AISENBERG, A., GHIONE, S. & TOSCANO-GADEA, C. 2011. Guía de arácnidos del Uruguay. Ediciones de la Fuga, Montevideo. PMCid:3025377.
- ALMEIDA, R.A.M.B., FERREIRA JUNIOR, R.S., CHAVES, C.R. & BARRAVIERA, B. 2009. Envenomation caused by *Latrodectus geometricus* in São Paulo state, Brazil: A case report. *J. Venom. Anim. Toxins Incl. Trop. Dis.* 15(3):562-571. <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-91992009000300016>
- BAYRAM, A., DANISMAN, T., YIGIT, N., KUNT, K.B. & SANKAC, A. 2008. A brown widow spider new for the Turkish araneo-fauna: *Latrodectus geometricus* C. L. Koch, 1841 (Araneae; Theridiidae). *Turk. J. Arachnol.* 1(1):98-103.
- BRAZIL, T.K., PINTO-LEITE, C.M., ALMEIDA-SILVA, L.M., LIRADA-SILVA, R.M. & BRESOVIT, A.D. 2009. Aranhas de importância médica do Estado da Bahia, Brazil. *Gaz. Méd. Bahia*. 79(Supl.1):32-37.
- BROWN, K.S., NECAISE, J.S. & GODDARD, J. 2008. Additions to the known U.S. distribution of *Latrodectus geometricus* (Araneae: Theridiidae). *J. Med. Ent.* 45(5):959-962. [http://dx.doi.org/10.1603/0022-2585\(2008\)45\[959:ATTKUD\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1603/0022-2585(2008)45[959:ATTKUD]2.0.CO;2)

*Latrodectus geometricus* in Uruguay

- CARDOSO, J.L.C., BRESCOVIT, A.D. & HADDAD, J.R.V. 2003. Clinical aspects of human envenoming caused by *Latrodectus geometricus* (Theridiidae) in S. Paulo. *J. Venom. Anim. Toxins Incl. Trop. Dis.* 9(2):418.
- EBERHARD, W.G., BARRANTES, G. & MADRIGAL-BRENES, R. 2008. Vestiges of an orb-weaving ancestor? The “biogenetic law” and ontogenetic changes in the webs and building behavior of the black widow spider *Latrodectus geometricus* (Araneae, Theridiidae). *Ethol. Ecol. Evol.* 20(3):211-244. <http://dx.doi.org/10.1080/08927014.2008.9522523>
- FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE – FUNASA. 2001. Manual de Diagnóstico e Tratamento de Acidentes por Animais Peçonhentos. Ministério da Saúde, Brasília.
- GARB, J.E., GONZÁLEZ, A. & GILLESPIE, R.G. 2004. The black widow spider genus *Latrodectus* (Araneae: Theridiidae): phylogeny, biogeography, and invasion history. *Mol. Phyl. Evol.* 31(3):1127-1142. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ympev.2003.10.012>
- GODDARD, J., UPSHAW, S., HELD, D. & JOHNNSON, K. 2008. Severe Reaction from Envenomation by the Brown Widow Spider, *Latrodectus geometricus* (Araneae: Theridiidae). *So. Med. J.* 101(12):1269-1270.
- HIJMANS, R.J., GUARINO, L., JARVIS, A., O'BRIEN, R., MATHUR, P., BUSSINK, C., CRUZ, M., BARRANTES, I. & ROJAS, E. 2005. DIVA-GIS. version 7.4. <http://www.diva-gis.org> (último acesso em 22/01/2010).
- KIRIAKOS, D., NÚÑEZ, P., YASMELY, P., MARIANNE GARCÍA, M., MEDINA, J. & DE SOUSA, L. 2008. First case of human latrodectism in Venezuela. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.* 41(2):202-204. <http://dx.doi.org/10.1590/S0037-86822008000200015>
- KOCH, C.L. 1841. Die Arachniden. Nürnberg, Achter Band:1-207.
- LEVI, H.W. 1959. The spider genus *Latrodectus* (Araneae: Theridiidae). *Trans. Am. Microsc. Soc.* 78(1):7-43. <http://dx.doi.org/10.2307/3223799>
- LEVI, H.W. 1967. Cosmopolitan and pantropical species of theridiid spiders (Araneae: Theridiidae). *Pac. Ins.* 9(2):175-186.
- MCCRONE, J.D. 1964. Comparative lethality of several *Latrodectus* venoms. *Toxicon* 2:201-203. [http://dx.doi.org/10.1016/0041-0101\(64\)90023-6](http://dx.doi.org/10.1016/0041-0101(64)90023-6)
- PLATNICK, N.I. 2013. The world spider catalog. version 12.5. <http://research.amnh.org/iz/spiders/catalog/> (último acesso em 12/07/2012).
- TAUCARE-RÍOS, A.O. 2011. Primer registro de la viuda marrón, *Latrodectus geometricus* (Araneae: Theridiidae) en el norte de Chile. *Rev. Chi. Ent.* 36:39-42.
- VETTER, R.S. & ISBISTER, G.K. 2008. Medical aspects of spider bites. *Annu. Rev. Ent.* 53:409-429. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.ento.53.103106.093503>
- VETTER, R.S., VINCENT, L.S., DANIELSEN, D.W.R., REINKER, K.I., CLARKE, D.E., ITNYRE, A.A., KABASHIMA, J.N. & RUST, M.K. 2012. The prevalence of brown widow and black widow spiders (Araneae: Theridiidae) in urban southern California. *J. Med. Ent.* 49(4):947-951. <http://dx.doi.org/10.1603/ME11285>
- VINCENT, L.S., VETTER, R.S., WRENN, W.J., KEMPF, J.K. & BERRIAN, J.E. 2008. The brown widow spider *Latrodectus geometricus* C. L. Koch, 1841, in southern California. *Pan Pacific Ent.* 84(4):344-349. <http://dx.doi.org/10.3956/2008-07.1>

Received 10/10/2012

Revised 16/01/2013

Accepted 06/03/2013



**Genetic structure of the ornamental tetra fish species *Piabucus melanostomus* Holmberg, 1891 (CHARACIDAE, IGUANODECTINAE) in the Brazilian Pantanal wetlands inferred by mitochondrial DNA sequences**

*Rafael Splendore de Borba<sup>1</sup>, Edson Lourenço da Silva<sup>1,4</sup>,*

*Josi Margarete Ponzetto<sup>1</sup>, Allan Pierre Bonetti Pozzobon<sup>1</sup>, Liano Centofante<sup>2</sup>,*

*Anderson Luis Alves<sup>3</sup> & Patricia Pasquali Parise-Maltempi<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Laboratório de Citogenética, Departamento de Biologia, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – UNESP, Av. 24A, 1515, CEP 13506-900, Rio Claro, SP, Brazil

<sup>2</sup>Laboratório de Citogenética Animal, Departamento de Biologia e Zoologia, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde II, Instituto de Biociências, Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, Av. Fernando Corrêa da Costa, s/n, CEP 78060-900, Cuiabá, MT, Brazil

<sup>3</sup>Embrapa Pesca e Aquicultura, Quadra 103 Sul, Av. Juscelino Kubitschek, Conjunto 1, Lote 17, CEP 77015-012, Palmas, TO, Brazil

<sup>4</sup>Corresponding author: Edson Lourenço da Silva, e-mail: ed.loren@uol.com.br

BORBA, R.S., SILVA, E.L., PONZETTO, J.M., POZZOBON, A.P.B., CENTOFANTE, L., ALVES, A.L. & PARISE-MALTEMPI, P.P. **Genetic structure of the ornamental tetra fish species *Piabucus melanostomus* Holmberg, 1891 (CHARACIDAE, IGUANODECTINAE) in the Brazilian Pantanal wetlands inferred by mitochondrial DNA sequences.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?article+bn00413012013>

**Abstract:** The subfamily Iguanodectinae comprises a group of small Neotropical fishes composed by two genera and 11 nominal species widely distributed in the Atlantic drainages of South America. *Piabucus* is the only genus of Iguanodectinae found in the Paraguay River basin, especially in the Pantanal of Mato Grosso State, where it is represented by *Piabucus melanostomus*. Given the wide distribution and the low dispersion capacity of this species, due the ecological constraints, it is possible that many interesting genetic features could be found in different populations. In this way, the aim of his work was to perform the phylogeographic pattern of *P. melanostomus* populations using mitochondrial DNA sequences. A total of 13 individuals from three rivers belonging the Mato Grosso wetland were sampled. The ATP sintetase (subunits 6 and 8) gene was completely sequenced, the mean of nucleotide base composition in the sequences was 31.2% (T), 30.2% (C), 26.9% (A) and 11.9% (G), with no gene saturation. The population analysis in the TCS program generated a network with six haplotypes (A to F), where the ancestral haplotype (A) has a frequency of 25% and is composed by individuals from Cuiabá and Paraguay Rivers. The phylogenetic analysis showed the occurrence of two mtDNA lineages (1 and 2), the distance observed between the two lineages was 0.6%. The phylogenetic and phylogeographic results as well as the negative values of *Fst* for some populations, indicate a possible occurrence of gene flow among the analyzed populations. These results highlights the importance of flood pulse existent on wetland as a vehicle that permits a temporary connection among isolated population maintaining the species genetic variability.

**Keywords:** *flood pulse, genetic diversity, gene flow, haplotypes.*

BORBA, R.S., SILVA, E.L., PONZETTO, J.M., POZZOBON, A.P.B., CENTOFANTE, L., ALVES, A.L. & PARISE-MALTEMPI, P.P. **Estrutura genética da espécie de peixe ornamental tetra *Piabucus melanostomus* Holmberg, 1891 (CHARACIDAE, IGUANODECTINAE) do Pantanal brasileiro inferida por sequências de DNA mitocondrial.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?article+bn00413012013>

**Resumo:** A subfamília Iguanodectinae compreende um grupo de pequenos peixes neotropicais composta de dois gêneros e 11 espécies nominais amplamente distribuídas nas drenagens do Atlântico da América do Sul. *Piabucus* é o único gênero de Iguanodectinae encontrado na bacia do rio Paraguai, especialmente no Pantanal de Mato Grosso, onde é representada por *Piabucus melanostomus*. Dada a ampla distribuição e a baixa capacidade de dispersão desta espécie, devido às limitações ecológicas, é possível que características genéticas interessantes possam ser encontradas em diferentes populações. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi estabelecer os padrões filogeográficos de populações de *P. melanostomus* utilizando sequências de DNA mitocondrial. Foram amostrados 13 indivíduos de três rios pertencentes ao Pantanal do Mato Grosso. O gene ATP sintetase (subunidades 6 e 8) foi completamente sequenciado, a média da composição de base de nucleotídeos nas sequências foi de 31,2% (T), 30,2% (C), 26,9% (A) e 11,9% (G), não havendo saturação. A análise populacional no programa TCS gerou uma rede com seis haplótipos (A a F), onde o haplótipo ancestral (A) tem uma frequência de 25% e é composto por indivíduos dos rios Cuiabá e Paraguai. A análise filogenética mostrou a ocorrência de duas linhagens de DNA



(1 e 2), a distância observada entre as duas linhagens foi de 0,6%. Os resultados filogenéticos e filogeográficos, bem como os valores negativos de FST para algumas populações, indicam uma possível ocorrência de fluxo de genes entre as populações analisadas. Estes resultados destacam a importância do pulso de inundação existente em zonas úmidas como um veículo que permite uma conexão temporária entre a população isolada, mantendo a variabilidade genética das espécies.

**Palavras-chave:** pulso de inundação, divergência genética, fluxo gênico, haplótipos.

## Introduction

Iguanodectinae is a small characid subfamily composed by 11 nominal species in two genera: *Iguanodectes* (Cope 1872) and *Piabucus* (Oken 1817). It is comprised by fishes with elongated bodies basally-contracted, multicuspid teeth, gill-membranes united and free from the isthmus, and the genera are distinguished by the presence of a long pectoral fin, and a well-developed pectoral keel (Moreira 2003). These fishes are distributed in the Amazon (including its main tributaries), Orinoco, Paraguay, and Tocantins River basins, as well as the coastal drainages from the Gulf of Pária (Venezuela) to immediately south of the mouth of the Amazon River (Vari 1977).

The Pantanal wetland corresponds to an extensive alluvial plain drained by the Paraguay River and its tributaries, one of the largest sedimentary plains of the globe. This region is subject to seasonal flooding that vary in intensity, extent and permanence (Silva & Abdon 1998, Silva 2002). The area covered and the predominance of the flood pulse dictate the availability of habitats and food for fish, crustaceans, birds, reptiles, mammals, aquatic plants and semi-aquatic, conditioning their abundance and their reproductive behavior (Bonetto et al. 1981, Catella 1992, Cordivola de Yuan 1992, Junk & Bayley 1989, Campos 1991, Mauro 1993).

This phenomenon is one of the factors governing the local biodiversity, favoring animal and vegetal species related to both flood and drought (Calheiros & Ferreira 1997). Alternatively, the presence of temporary lakes can isolate populations during certain time, and also put together another one favoring the gene flow among these populations. Due to these characteristics, this system is considered one resource of the biodiversity and fresh water of the planet due of their importance and their exposure to environmental threats (Gonçalves et al. 2011).

The *Piabucus* is the only genus of Iguanodectinae found in the Paraguay River basin, mainly in Pantanal of Mato Grosso, and the only species occurring in this region is *Piabucus melanostomus* (Britski et al. 2007) (Figure 1). This is an omnivorous species, feeding on higher plants, algae, invertebrates, and detritus, inhabits lentic water bodies formed by the temporary overflow of major rivers and generally is associated with macrophytes that provide food and shelter (Pereira & Almeida 1998). However, the other biological aspects of this species are very scarce. The *Piabucus* species are the largest used as ornamental fish in Brazil and other countries, and are representative of the fishes group called "tetra".

Genetic studies in Iguanodectinae are very limited, so that studies concerning phylogenetic and phylogeographic relationships



**Figure 1.** Sample of *Piabucus melanostomus*, collected in Paraguay river.

of species and populations belong to the subfamily are inexistent. Published data only includes details of the haploid number ( $n = 25$ ) in *Iguanodectes spilurus* Günther, 1864 (Scheel 1973), estimates of nuclear DNA content for *P. melanostomus* (Carvalho et al. 2002) and a recent cytogenetic characterization in *P. melanostomus* (Silva et al. 2011), the subject of this study.

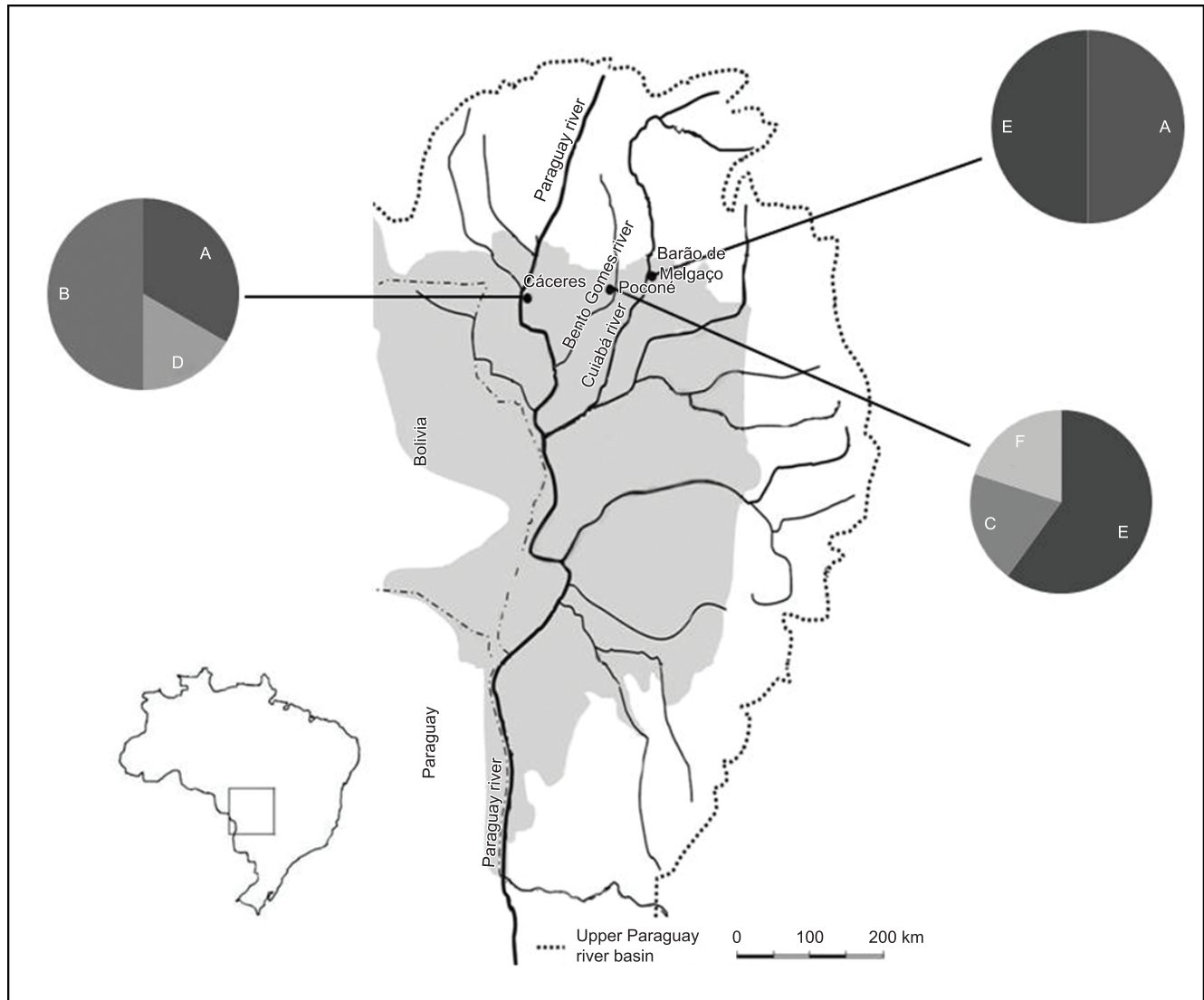
The wide distribution and low dispersion capacity of *P. melanostomus* associated with the water dynamic in the Pantanal wetland region may represent an interesting model of local phylogeographic study. In this study it was analyzed the mitochondrial DNA sequences from individuals of *P. melanostomus* aiming to observe the existence of genetic variations among populations found in the wetland region related to gene flow and discuss the results based on the influence of the flood pulse characteristic of this region.

## Materials and Methods

A total of 13 individuals of *Piabucus melanostomus* from three rivers of the Mato Grosso wetland (Figure 2) were sampled: Bento Gomes River (5 individuals), Cuiabá River (2 individuals) and Paraguay River (6 individuals) (Table 1). *Astyanax fasciatus*, *A. bockmani* and *A. paranae* from Paraná River basin were used as outgroup. The specimens were deposited in the ichthyological collection of Laboratório de Citogenética, Universidade Estadual Paulista (UNESP, Rio Claro, Brazil).

DNA was extracted with the phenol-chloroform-isoamyl alcohol technique (Sambrook & Russell 2001). PCR amplification of the ATPase 6/8 gene region was obtained from a volume of 13.5 mL of a solution containing 6.25 mL of PCR Mix (Quiagen), 5.25 mL of Milli Q water, 0.5  $\mu$ L primer F (10  $\mu$ M), 0.5 mL of primer R (10  $\mu$ M) and 1.0 mL of template DNA (200 ng). PCR was performed in a thermocycler (Eppendorf Mastercycler) and consisted of the following cycling conditions: an initial cycle of denaturation at 94 °C for 40 s, followed by 35 cycles at 94 °C for 30 s, annealing at 55 °C for 40 s, chain extension at 68°C check temperature extension for 2 minutes, and a final extension at 72 °C for 5 minutes. The following set of primers was used: L8331 (5'-AA GCR TYR GCC TTT TAA GC-3') and H9236 (5'-GTT AGT GGT CAK GGG CTT GGR TC-3') (Perdices et al. 2002). The amplified DNA segments were run on 1% agarose gel and visualized in ultraviolet light. The quantification of the amplified gene products was performed using the molecular weight marker Lambda ( $\lambda$ ) DNA 50 ng and 30 ng. For the sequence analysis, the amplified DNA was purified with the EXOSAP enzyme and subsequently sequenced (MacroGen, Korea).

The saturation analysis of data was performed using the Dambe 4.5.8 (Xia & Xie 2001) by plotting the transitions (s) and transversions (v) against genetic divergence estimated by the model of sequence evolution "Felsenstein 84." Model Test 3.06 (Posada & Crandall 1998) was used to find the best fitting evolution model for our data. The model selected by the Akaike criterion was GTR+I+G (empirical base frequencies A=0.3338, C=0.3053, G=0.1023, T=0.2586; substitution rates: A-C=1.77, A-G=36.7617, A-T=0.5967, C-G=2.1775, C-T=17.2043, G-T=1.0). These parameters were used to estimate Maximum Likelihood (ML) distances in the Neighbor-



**Figure 2.** Sites sample of *Piabucus melanostomus* in the Upper Paraguay River, evidencing the haplotypes correspondents for each location (the gray parts correspond to flooded area). Modified from Golovatch et al. (2005).

**Table 1.** Identification of *Piabucus melanostomus* specimens collected, respective collection points at the Paraguay River basin and their haplotypes and mtDNA lineage.

Individual code	Basin	Locality	Haplotype	mtDNA lineage
Paraguay 1	Paraguay	Paraguay river	A	1
Paraguay 2	Paraguay	Paraguay river	D	1
Paraguay 3	Paraguay	Paraguay river	A	1
Paraguay 4	Paraguay	Paraguay river	B	1
Paraguay 5	Paraguay	Paraguay river	B	1
Paraguay 6	Paraguay	Paraguay river	B	1
Bento 1	Paraguay	Bento Gomes river	E	2
Bento 2	Paraguay	Bento Gomes river	C	1
Bento 3	Paraguay	Bento Gomes river	E	2
Bento 4	Paraguay	Bento Gomes river	E	2
Bento 6	Paraguay	Bento Gomes river	F	2
Cuiabá 1	Paraguay	Cuiabá river	A	1
Cuiabá 2	Paraguay	Cuiabá river	E	2

Joining (NJ) analyses in PAUP\*, with 1,000 bootstrap replicates. The maximum parsimony (MP) analysis was performed using heuristic searches with tree-bisection-reconnection (TBR) branch swapping and 10 random-taxon-addition replicates.

To evaluate the association among haplotypes and their geographical distribution the program TCS v1.21 was used, this program uses statistical parsimony (Clement et al. 2000). The genetic structure of populations was measured by *Fst* values with the aid of ARLEQUIN 3.11 (Excoffier et al. 2005).

### Results and Discussion

The alignment of the ATPase 6/8 gene sequences revealed 834 conserved and 9 variable base pairs, of which 5 were informative for the Maximum Parsimony analysis. The mean of nucleotide base composition in the sequences was 31.2% (T), 30.2% (C), 26.9% (A) and 11.9% (G), with no gene saturation.

The population analysis in the TCS program generated a network with six haplotypes (A to F), where the ancestral haplotype (A) has a frequency of 25% and is composed by individuals from Cuiabá and Paraguay Rivers. The haplotype “E” is the most frequent (33.3%) and is composed by individuals from Bento Gomes and Cuiabá Rivers. The remaining individuals are distributed in haplotypes B, C, D and F (see Table 1). The haplotype sharing event was observed in “A” with Cuiabá and Paraguay populations and “E” with Bento Gomes and Cuiabá populations (Figure 3) (Table 1).

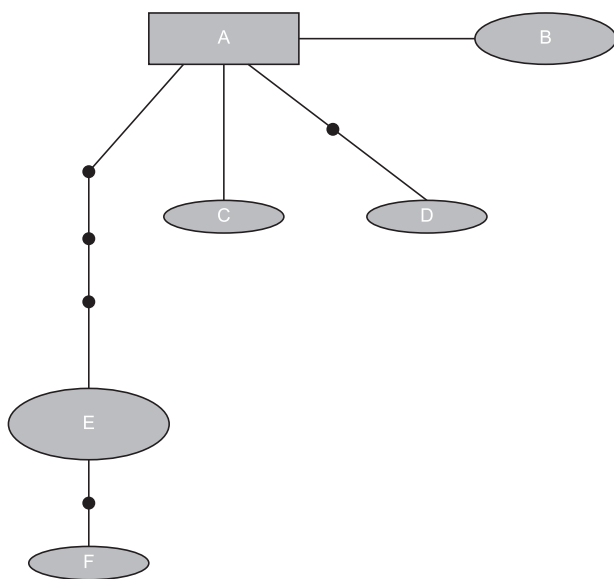


Figure 3. Haplotype network performed through TCS program.

The sharing of haplotypes A and E in the Cuiabá River can be associated with historical and seasonal events. Specifically in the case of the E haplotype the sharing can be explained by the temporary union in the flood season from Bento Gomes and Cuiabá Rivers due to their proximity. The presence of the haplotype shared between the Paraguay and Cuiabá Rivers can be considered derived from an ancient gene flow mainly by the large geographical distance between these two points. The Cuiabá River is considered one of the most important tributaries of the Paraguay River and has its mouth located approximately 130 km downstream from the collection point in the Paraguay River. Whereas *P. melanostomus* is a non-migratory specie and restricted to environment of slower waters, the own Paraguay River may act as a barrier to gene flow, as already described for the species *Oligosarcos hepsetus* (Centofante et al. 2006).

The phylogenetic analysis showed the occurrence of two mtDNA lineages: The first one (1) with individuals from populations of Paraguay, Bento Gomes and Cuiabá Rivers, and the second (2) with individuals from populations of Bento Gomes and Cuiabá Rivers. The topology of the phylogenetic tree of two methods (NJ and MP) was similar and the variations observed were related to the bootstrap values (Figure 4). The genetic distance performed within mtDNA lineages showed for lineage “1”, 0.1% and for lineage “2”, 0.2%. The distance observed between the two lineages was 0.6%.

The *Fst* (Table 2), phylogenetic and phylogeographic results highlight the presence of gene flow among some populations of *P. melanostomus*. This fact is due to the haplotype sharing between individuals of Paraguay and Cuiabá Rivers and individuals from

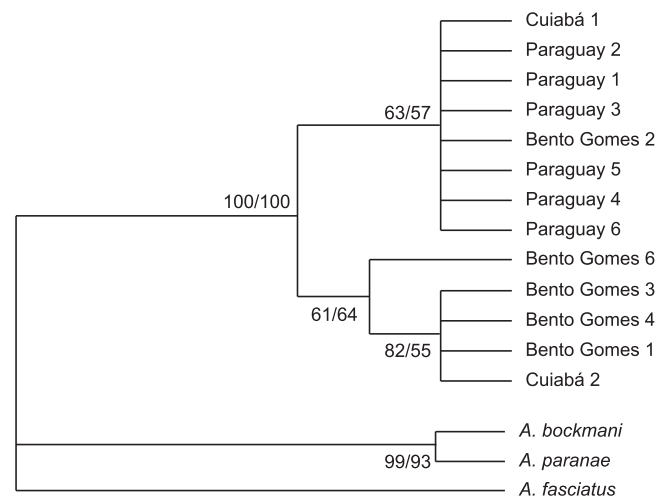


Figure 4. Phylogenetic tree based on the ATPase 6/8 mitochondrial gene using NJ and MP methods. Numbers on branches represents bootstrap values for NJ, MP.

Table 2. *Fst* values of pairs of the sampled population.

	Bento 1	Bento 2	Cuiabá 1	Cuiabá 2	Paraguay 1	Paraguay 2
Bento 1	0.00000	-	-	-	-	-
Bento 2	0.64706	0.00000	-	-	-	-
Cuiabá 1	0.25000	0.00000	0.00000	-	-	-
Cuiabá 2	0.25000	0.00000	-1.00000	0.00000	-	-
Paraguay 1	0.66667	0.20755	-0.20000	-0.20000	0.00000	-
Paraguay 2	1.00000	0.64706	0.64706	0.64706	0.66667	0.00000

Bento Gomes and Cuiabá Rivers. In addition, the relative low genetic distances observed among populations indicate that the variation in the mitochondrial sequences may be too recent.

Since the Pantanal wetland is characterized by seasonal flood area, in the low water season, the fishes begin to form groups, due to contraction of the environment (Ribeiro & Petrere, 1990). For this reason it is possible to find some peculiarities in different populations. Silva et al. (2011) e.g., observed potential NOR chromosome markers for populations of Paraguay River, so it can be suggested that the sharing of haplotypes between individuals of Paraguay and Cuiabá Rivers is due to the same seasonal phenomena. Similarly geomorphologic and climatic events through time have influenced the genetic composition of population in the Rio Negro basin. In this basin Cooke et al. (2009) observed high levels of polymorphism in different populations of *Paracheirodon axelrodi*.

These results highlight the importance of flood pulse existent on wetland as a vehicle that permits a temporary connection among isolated population maintaining the genetic variability.

## Acknowledgments

The authors would like to thank Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) and Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) for the financial support.

## References

- BONETTO, A.A., CANON VERON, M. & ROLDAN, D. 1981. Nuevos aportes al conocimiento de las migraciones de peces en el Rio Paraná. *ECOSUR* 8(16):29-40.
- BRITSKI, H.A., SILIMON, K.S. & LOPES, B.S. 2007. Peixes do Pantanal: manual de identificação. Embrapa, Brasília. PMID:18094823.
- CALHEIROS, D.F. & FERREIRA, C.J.A. 1997. Alterações limnológicas no rio Paraguai “dequada” e o fenômeno natural de mortandade de peixes no Pantanal MatoGrossense - MS. Embrapa-CPAP, Corumbá, 48p. EMBRAPA-CPAP. Boletim de Pesquisa, 7.
- CAMPOS, Z.M. 1991. Fecundidade das fêmeas, sobrevivência dos ovos e razão sexual de filhotes recém-eclodidos de *Caiman crocodilus yacare* (Crocodilia, Alligatoridae) no Pantanal, Brasil. Dissertação Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.
- CARVALHO, M.L., OLIVEIRA, C., NAVARRETE, M.C., FROELICH, O. & FORESTI, F. 2002. Nuclear DNA content determination in Characiformes fish (Teleostei, Ostariophysi) from the neotropical region. *Genet. Mol. Biol.* 25:49-55. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-47572002000100010>
- CATELLA, A.C. 1992. Estrutura da comunidade e alimentação dos peixes da Baía da Onça, uma lagoa do Pantanal do rio Aquidauana. Dissertação Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. PMID:20733672.
- CENTOFANTE, L., BERTOLLO, L.A.C. & MOREIRA-FILHO, O. 2006. Chromosomal differentiation between populations of *Oligosarcus hepsetus* (Teleostei, Characidae) from small tributaries at opposite margins of the Paraíba Do Sul River (Brazil). *Braz. Arch. Biol. Technol.* 49:981-987. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132006000700016>
- CLEMENT, M., POSADA, D. & CRANDALL, K.A. 2000. TCS: a computer program to estimate gene genealogies. *Mol. Ecol.* 9:1657-1659. PMID:11050560. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-294x.2000.01020.x>
- COOKE, G.M., CHAO, N.L. & BEHEREGARAY, L.B. 2009. Phylogeography of a flooded forest specialist fish from central Amazonia based on intron DNA: the cardinal tetra *Paracheirodon axelrodi*. *Freshw. Biol.* 54:1216-1232. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02172.x>
- CORDIVIOLA DE YUAN, E. 1992. Fish populations of lentic environments of the Parana River. *Hydrobiologia* 237:159-173. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00005848>
- EXCOFFIER, L., LAVAL, G. & SCHNEIDER, S. 2005. Arlequin. version 3.0: an integrated software package for population genetics data analysis. *Evol. Bioinform.* 1:47-50. <http://cmpg.unibe.ch/software/arlequin3/>.
- GOLOVATCH, S.I., HOFFMAN, R.L., ADIS, J., MARQUES, M.I., RAIZER, J., SILVA, F.H.O., RIBEIRO, R.A.K., SILVA, J.L. & PINHEIRO, T.G. 2005. Millipedes (Diplopoda) of the Brazilian Pantanal. *Amazoniana* 18(3-4): 273-288.
- GONÇALVES, H.C., MERCANTE, M.A. & SANTOS, E.T. 2011. Hydrological cycle. *Braz. J. Biol.* 71(1):241-253 PMID:21537597.
- JUNK, W.P. & BAYLEY, P.B. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Science.* 106:110-127.
- MAURO, R. 1993. Abundância e padrão de distribuição de cervo-do-pantanal *Blastocerus dichotomus* (Liger, 1815), no Pantanal Mato-Grossense. Dissertação Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- MOREIRA, C. 2003. Subfamily Iguanodectinae. In Check list of the freshwater fishes of South and Central America (Reis, R.E., S.O. Kullander & C.J. Ferraris, eds.). Edipucrs, Porto Alegre.
- PERDICES, A., BERMINGHAM, E., MONTILLA, A. & DOADRIO, I. 2002. Evolutionary history of genus *Rhamdia* (Teleostei: Pimelodidae) in Central America. *Mol. Phylogenet. Evol.* 25:172-189. [http://dx.doi.org/10.1016/S1055-7903\(02\)00224-5](http://dx.doi.org/10.1016/S1055-7903(02)00224-5)
- PEREIRA, R. & ALMEIDA, V.L. 1998. Peixes herbívoros da Planície Inundável do Rio Miranda, Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil. Embrapa-CPAP, Corumbá. Boletim de Pesquisa 10.
- POSADA, D. & CRANDALL, K.A. 1998. Modeltest: testing the model of DNA substitution. *Bioinformatics* 14:817-818. PMID:9918953. <http://dx.doi.org/10.1093/bioinformatics/14.9.817>
- RIBEIRO, M.C.L.B. & PETRERE, M. 1990. Fisheries ecology and management of the jaraqui (*Semaprochilodus taeniurus*, *S. insignis*) in central Amazonia. *Reg. Rivers.* 5(3):195-215. <http://dx.doi.org/10.1002/rrr.3450050302>
- SAMBROOK, J. & RUSSEL, D.W. 2001. Molecular cloning. A laboratory manual. 3th ed. Spring Harbor Laboratory Press, New York.
- SCHEEL, J.J. 1973. Fish chromosome and their evolution. *Inter Rep Den Akvar, Charlottenlund.*
- SILVA, E.L., PISCOR, D., PONZETO, J.M., CENTOFANTE, L., ALVES, A.L. & PARISE-MALTEMPI, P.P. 2011. Cytogenetic characterisation of the ornamental freshwater fish, *Piabucus melanostomus* (Iguanodectinae) from Brazilian wetlands and its relation with species of Characidae basal group. *Rev. Fish. Biol. Fish.* 22:477-484. <http://dx.doi.org/10.1007/s11160-011-9238-2>
- SILVA, J.S.V. & ABDON, M.M. 1998. Delimitação do Pantanal Brasileiro e suas subregiões. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 33:1703-1711.
- SILVA, R.C., ALVALÁ, R.C.S., MANZIL, A.O. & SOUZA, A. 2002. Estimativa da radiação de onda longa atmosférica no Pantanal Sul-Matogrossense durante o período seco de 1999. In XII Congresso Brasileiro de Meteorologia. Foz de Iguaçu.
- VARI, R.P. 1977. Notes on the Characoid subfamily Iguanodectinae, with a description of a new species. *American Museum of Natural History, New York.*
- XIA, X. & XIE, Z. 2001. DAMBE: Data analysis in molecular biology and evolution. *J. Heredity* 92:371-373. <http://dx.doi.org/10.1093/jhered/92.4.371>

Received 06/07/2012

Revised 29/11/2012

Accepted 07/01/2013



## Cerambycinae (Coleoptera, Cerambycidae) em Mato Grosso, Brasil\*

Marliton Rocha Barreto<sup>1,3</sup>, Ricardo Machiner<sup>2</sup> & Eder Cristian Smiderle<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Núcleo de Estudos da Biodiversidade da Amazônia Mato-grossense – NEBAM, Instituto de Ciências Naturais, Humanas e Sociais – ICNHS, Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, Av. Alexandre Ferronato, 1200, CEP 78557-267, Sinop, MT, Brasil. <http://www.ufmt.br>

<sup>2</sup>Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais – ICAA, Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, Av. Alexandre Ferronato, 1200, CEP 78557-267, Sinop, MT, Brasil. <http://www.ufmt.br>

<sup>3</sup>Autor para correspondência: Marliton Rocha Barreto, e-mail: [mrbarreto@ufmt.br](mailto:mrbarreto@ufmt.br)

BARRETO, M.R., MACHINER, R. & SMIDERLE, E.C. **Cerambycinae (Coleoptera, Cerambycidae) in Mato Grosso, Brazil.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?inventory+bn04213012013>

**Abstract:** An inventory of Cerambycinae for the state of Mato Grosso, in particular the region of Sinop and Claudia, is presented. Thirty four species, distributed in 32 genera, are recorded for the state. Among them, four are new records for Mato Grosso: *Anoplomerus rotundicollis* G.-Méneville, 1844; *Juiaparus mexicanus* (Thomson, 1861); *Poeciloxestia ochrotaenia* (Bates, 1870); *Thoracibidion ruficaudatum* (Thomson, 1865).

**Keywords:** *insecta, inventory, Matogrossense Amazon.*

BARRETO, M.R., MACHINER, R. & SMIDERLE, E.C. **Cerambycinae (Coleoptera, Cerambycidae) em Mato Grosso, Brasil.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?inventory+bn04213012013>

**Resumo:** Um inventário dos Cerambycinae para o Estado de Mato Grosso, em especial a região de Sinop e Claudia, é apresentado neste trabalho. Trinta e quatro espécies, distribuídas em 32 gêneros, são registradas para o estado. Entre elas, quatro são novos registros para o Mato Grosso: *Anoplomerus rotundicollis* G.-Méneville, 1844; *Juiaparus mexicanus* (Thomson, 1861); *Poeciloxestia ochrotaenia* (Bates, 1870); *Thoracibidion ruficaudatum* (Thomson, 1865).

**Palavras-chave:** *insecta, inventário, Amazônia Matogrossense.*

\*Esta é a publicação número 25 da série técnica do Núcleo de Estudos Biológicos da Amazônia Meridional – NEBAM/UFMT.

## Introdução

Nos trópicos, os coleópteros são abundantes e responsáveis por grandes prejuízos em espécies florestais, sobretudo insetos das famílias Curculionidae e Cerambycidae, pois estes desempenham papel importante na degradação da madeira (Gray 1972).

Antes do século XX, as maiores contribuições para o conhecimento das espécies da Amazônia brasileira foram, segundo Martins et al. (2006), realizadas por Adam White (Catalogue of the coleopterous insects in the collection of the British Museum) e Henry Walter Bates com a série (Contributions to an insect fauna of the Amazon Valley). Durante o século XX, um número muito grande de espécies foi descrita da região Amazônica, suplantando, e muito, aquelas descritas por Bates. Essas descrições iniciaram-se com Christopher Aurivillius, no início do século, com espécies do Peru, Bolívia e Brasil (região amazônica). Ao longo do século, vários autores acrescentaram espécies, bem como efetuaram revisões desses táxons. Rodrigues et al. (2006) relataram que o grupo é relativamente bem estudado, porém são escassos os trabalhos sobre a fauna de Cerambycidae para os principais biomas do país. Como exemplo desses trabalhos, podemos citar Maia et al. (2003), 66 espécies de Cerambycidae sendo 30 de Cerambycinae para a Caatinga; Galileo & Martins (2006), para o Parque Copesul de Proteção Ambiental (RS); Monné et al. (2009a), 293 espécies de Cerambycinae para o Parque Nacional do Itatiaia (RJ); Monné et al. (2009b), 571 espécies para a região da Mata Atlântica do Estado do Rio de Janeiro; e Martins et al. (2009), 61 espécies para o cerrado maranhense e para a Região Amazônica, Souza & Silva (2012) registraram 61 espécies com 33 novos registros para o estado de Rondônia.

Os Cerambycinae caracterizam-se pelas tíbias anteriores inteiramente roliças, desprovidas de sulco, pelo último segmento dos palpos frequentemente truncado no ápice, subtriangular, pela cabeça com fronte relativamente estreita e pouco inclinada em relação ao vértice, raramente vertical. Woldan (2007) relata que, de forma geral, Cerambycidae é reconhecida devido as suas longas antenas, embora alguns gêneros como, *Parandra* Latreille, 1802 e *Hypocephalus* Desmarest, 1832, tenham antenas bem mais curtas (Lima 1955). Essencialmente são fitófagos e com larvas xilófagas (Martins 1997). Algumas espécies apresentam considerável importância econômica por possuírem larvas broqueadoras de plantas cultivadas. No entanto, a subfamília também é importante no ciclo de nutrientes em seus habitats (Monné 2001). Devido à estreita relação com os recursos que utilizam, monofilias e especificidades quanto as relações ambientais e comportamentais, tornam-os candidatos a bioindicadores (Person 1994). Desta forma, Este trabalho visa fornecer subsídios para futuros estudos envolvendo a diversidade de Cerambycinae da região norte do Estado de Mato Grosso.

## Material e Métodos

Os cerambycídeos listados neste trabalho foram coletados no período 2008-2010, em duas áreas florestais [Fazenda Continental (11° 34' 54.0" S e 55° 17' 15.6" W), no município de Claudia e na Chácara Shalom (11° 87' 20.9" S e 55° 47' 48.6" W), no município de Sinop]. As coletas foram realizadas no período noturno, com utilização de armadilha luminosa Tipo "Luiz de Queiroz" (lâmpada fluorescente de 20W).

No laboratório de entomologia da UFMT, Campus Universitário de Sinop, os insetos foram triados, montados e separados para identificação das espécies. Essa última etapa foi realizada pelo Dr. Miguel A. Monné do Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (MNRJ) e o material estudado está depositado na coleção entomológica do Acervo Biológico

da Amazônia Meridional da UFMT, sob números de registro ABAM – E', conforme apresentado no resultado.

A lista é apresentada em ordem alfabética de gênero e espécie e as referências bibliográficas para cada espécie seguem preferencialmente os catálogos e/ou *checklist* de Cerambycidae (Monné 2005, 2006, Monné & Bezark 2011) embora outras tenha sido utilizadas. A distribuição geográfica de cada espécie segue as fontes mencionadas acima, bem como outras complementares e posteriormente adicionadas. Adotou-se o procedimento de indicar os países cuja ocorrência já tenha sido mencionada e, no caso do Brasil, quando possível, buscou-se apresentar os estados de ocorrência. Vale ressaltar que a presente lista não relaciona todas as espécies anteriormente citadas para o Estado, mas sim, apenas aquelas coletadas durante o estudo. Também, devido à divisão do Estado (Mato Grosso e Mato Grosso do Sul), citações antigas, nas quais não há uma localidade precisa, não podem ser confirmadas para o atual Estado do Mato Grosso.

## Resultados

Do total de 64 insetos coletados, 32 espécies foram identificadas (59 exemplares) e apenas cinco insetos foram identificados a nível de gênero, 4 exemplares de *Eburodacrys* White, 1853 e 1 exemplar de *Mionochroma* Schmidt, 1924.

Registramos como nova ocorrência para a região de Sinop e Claudia, no Estado de Mato Grosso, as espécies: *Anoplomerus rotundicollis* G.-Méneville, 1844; *Juiaparus mexicanus* (Thomson, 1861); *Poeciloxestia ochrotaenia* (Bates, 1870); *Thoracibidion ruficaudatum* (Thomson, 1865).

Diversos fatores podem determinar a diversidade das espécies. Silveira (2010) relata que em uma escala mais ampla, os mecanismos mais influentes na adição e manutenção da diversidade de organismos associados são a área e a heterogeneidade do habitat. Da mesma forma, a variação quanto à diversidade de espécies pode ser atribuída às características próprias de cada local, em especial ao tipo de vegetação, sua conservação e quantidade e idade de material em decomposição. A diversidade de cerambycídeos é elevada em florestas secundárias. As possíveis causas da elevada riqueza de espécies em povoamentos humanos jovens incluem grandes quantidades de restos de madeira e flores, que são recursos para oviposição e alimentação para os adultos. A abertura do dossel e a variedade de plantas hospedeiras também influenciam a diversidade (Makino et al. 2007).

### CERAMBYCINAE

#### 1. *Achryson surinamum* (Linnaeus, 1767)

Distribuição: Estados Unidos, México, América Central, Porto Rico, América do Sul, Brasil (Rondônia, Goiás, Mato Grosso, Maranhão, Piauí, Alagoas, Sergipe, Bahia, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul).

Material examinado: BRASIL, Mato Grosso: Claudia, 21.VII.2010, (ABAM – E165).

#### 2. *Acyphoderes abdominalis* (Olivier, 1795)

Distribuição: Nicarágua ao Panamá, Guiana, Suriname, Guiana Francesa, Equador, Peru, Brasil (Amazonas, Goiás, Mato Grosso), Bolívia.

Material examinado: BRASIL, Mato Grosso: Claudia, 09.X.2009, (ABAM – E187).

#### 3. *Ambonus interrogationis* (Blanchard, 1846)

Distribuição: Brasil (Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul), Bolívia, Paraguai, Argentina.

Material examinado: BRASIL, Mato Grosso: Sinop, 19.III.2010, (ABAM – E167).

**4. *Anoplomerus rotundicollis* G.-Ménéville, 1844**

Distribuição: Brasil (Mato Grosso, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina), Paraguai, Argentina.

Material examinado: BRASIL, Mato Grosso: Sinop, 11.X.2008, (ABAM – E175).

**5. *Batus barbicornis* (Linnaeus, 1764)**

Distribuição: Venezuela, Guiana, Guiana Francesa, Colômbia, Equador, Peru, Brasil (Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Goiás, Mato Grosso), Bolívia.

Material examinado: BRASIL, Mato Grosso: Sinop, 11.X.2008, (ABAM – E161).

**6. *Ceragenia bicornis* (Fabricius, 1801)**

Distribuição: Venezuela, Guiana, Guiana Francesa, Suriname, Equador, Peru, Brasil (Amazônia, Goiás, Mato Grosso, Maranhão), Bolívia.

Material examinado: BRASIL, Mato Grosso: Claudia, 11.X.2008, (ABAM – E180).

**7. *Chlorida festiva* (Linnaeus, 1758)**

Distribuição: Estados Unidos (Flórida), América Central, Porto Rico, Brasil (Amazonas, Rondônia, Goiás, Mato Grosso, Maranhão, Piauí, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Rio Grande do Sul), Argentina.

Material examinado: BRASIL, Mato Grosso: Claudia, 19.III.2009, (ABAM – E183).

**8. *Chydarteres dimidiatus dimidiatus* (Fabricius, 1787)**

Distribuição: Colômbia, Guiana, Guiana Francesa, Brasil (Amazonas, Pará, Piauí, Pernambuco, Bahia, Goiás, Mato Grosso, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul), Bolívia, Uruguai, Argentina.

Material examinado: BRASIL, Mato Grosso: Sinop, 11.X.2008, (ABAM – E162).

**9. *Coccoderus longespincornis* Fuchs, 1964**

Distribuição: Venezuela, Guiana Francesa, Peru, Brasil (Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Maranhão, Piauí, Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais).

Material examinado: BRASIL, Mato Grosso: Claudia, 27.X.2010, (ABAM – E163).

**10. *Coleoxestia rubromaculata* (Gounelle, 1909)**

Distribuição: Honduras, Nicarágua-Colômbia, Equador, Brasil (Rondônia, Goiás, Mato Grosso).

Material examinado: BRASIL, Mato Grosso: Claudia, 19.III.2010, (ABAM – E174).

**11. *Dorcacerus barbatus* (Olivier, 1790)**

Distribuição: México, Brasil (Amazonas, Pará, Goiás, Mato Grosso, Maranhão, Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul), Argentina, Uruguai, Paraguai, Peru, Bolívia, Guiana Francesa.

Material examinado: BRASIL, Mato Grosso: Sinop, 23.V.2009, (ABAM – E171).

**12. *Drychateres bilineatus* (Olivier, 1795)**

Distribuição: Brasil (Rondônia, Goiás, Mato Grosso, Paraíba ao Rio Grande do Sul), Bolívia, Paraguai, Argentina, Uruguai.

Material examinado: BRASIL, Mato Grosso: Claudia, 16.X.2009, (ABAM – E182).

**13. *Eburodacrys campestris* Gounelle, 1909**

Distribuição: Brasil (Pará, Rondônia, Goiás, Mato Grosso, Maranhão, Piauí, Bahia a São Paulo), Paraguai, Argentina.

Material examinado: BRASIL, Mato Grosso: Sinop, 16.X.2009, (ABAM – E164).

**14. *Eburodacrys* sp.**

Material examinado: BRASIL, Mato Grosso: Sinop, 11.X.2008, (ABAM – E178).

**15. *Hexoplon uncinatum* Gounelle, 1909**

Distribuição: Guiana Francesa, Peru, Bolívia, Brasil (Maranhão, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, São Paulo), Paraguai, Argentina.

Material examinado: BRASIL, Mato Grosso: Claudia, 16.X.2009, (ABAM – E172).

**16. *Juiaparus batus batus* (Linnaeus, 1758)**

Distribuição: México ao Panamá, Venezuela, Colômbia, Guiana Francesa, Guiana, Suriname, Trinidad e Tobago Brasil (Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Goiás, Mato Grosso, Maranhão, Ceará, Paraíba, Alagoas, Sergipe, Bahia).

Material examinado: BRASIL, Mato Grosso: Claudia, 23.V.2009, (ABAM – E189).

**17. *Juiaparus mexicanus* (Thomson, 1861)**

Distribuição: Colômbia, Guiana Francesa, Peru, México ao Brasil (Amazonas, Pará, Mato Grosso, Maranhão, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul), Bolívia.

Material examinado: BRASIL, Mato Grosso: Claudia, 14.IX.2008, (ABAM – E185).

**18. *Macrambyx suturalis* (Gory, 1832)**

Distribuição: Guiana Francesa, Peru, Equador, Brasil (Amapá, Amazonas, Pará, Mato Grosso).

Material examinado: BRASIL, Mato Grosso: Sinop, 11.X.2008, (ABAM – E170).

**19. *Malacopterus tenellus* (Fabricius, 1801)**

Distribuição: Estados Unidos, México, América Central e Antilhas (Cuba, Guadalupe), Colômbia, Venezuela, Guiana, Suriname, Peru, Brasil (Amazonas, Pará, Mato Grosso), Bolívia, República Dominicana.

Material examinado: BRASIL, Mato Grosso: Claudia, 11.X.2008, (ABAM – E173).

**20. *Mallocera amazonica* Bates, 1870**

Distribuição: Trinidad e Tobago, Guiana Francesa, Equador, Peru, Brasil (Amazonas, Pará, Rondônia, Maranhão, Goiás, Mato Grosso), Bolívia.

Material examinado: BRASIL, Mato Grosso: Claudia, 16.X.2009, (ABAM – E186).

**21. *Mionochroma* sp.**

Material examinado: BRASIL, Mato Grosso: Sinop, 11.X.2008, (ABAM – E197).

**22. *Neomegaderus stigma* (Linnaeus, 1758)**

Distribuição: Nicarágua, Bolívia, Brasil (Goiás, Mato Grosso, Maranhão, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo), Argentina, Uruguai,

- Guiana Francesa, Costa Rica, Antilhas, Paraguai, Panamá, Colômbia, Peru, Panamá, Suriname.  
Material examinado: BRASIL, Mato Grosso: Claudia, 27.X.2010, (ABAM – E166).
- 23. *Neotridion nodicolle nodicolle* (Dalman, 1823)**  
Distribuição: Venezuela, Guiana Francesa, Equador, Peru, Brasil (Amazonas, Acre, Pará, Rondônia, Mato Grosso, Bahia a São Paulo), Bolívia.  
Material examinado: BRASIL, Mato Grosso: Claudia, 14.IX.2008, (ABAM – E169).
- 24. *Nyssicus quadriguttatus* (Swederus, 1787)**  
Distribuição: Guiana Francesa, Equador, Peru, Brasil (Amazonas, Pará, Rondônia, Mato Grosso).  
Material examinado: BRASIL, Mato Grosso: Sinop, 11.X.2008, (ABAM – E201).
- 25. *Oxymerus basalis* (Dalman, 1823)**  
Distribuição: Martinica, Venezuela, Guiana Francesa, Peru, Brasil (Amazonas, Pará, Rondônia, Goiás, Mato Grosso, Maranhão, Ceará a São Paulo),  
Material examinado: BRASIL, Mato Grosso: Sinop, 23.V.2009, (ABAM – E192).
- 26. *Paranyssicus conspiciatus* (Erichson, 1847)**  
Distribuição: Guiana Francesa, Peru, Brasil (Amazonas, Pará, Rondônia, Maranhão, Mato Grosso, Goiás), Bolívia, Equador.  
Material examinado: BRASIL, Mato Grosso: Sinop, 16.X.2009, (ABAM – E179).
- 27. *Poeciloxestia ochrotaenia* (Bates, 1870)**  
Distribuição: Brasil (Amazonas, Pará, Mato Grosso).  
Material examinado: BRASIL, Mato Grosso: Sinop, 23.V.2009, (ABAM – E176).
- 28. *Sphalotrichus puncticollis puncticollis* (Bates, 1870)**  
Distribuição: Guiana Francesa, Brasil (Amapá, Amazonas, Pará, Mato Grosso).  
Material examinado: BRASIL, Mato Grosso: Sinop, 19.III.2010, (ABAM – E168).
- 29. *Susuacanga unicolor* (Bates, 1870)**  
Distribuição: Venezuela, Colômbia, Brasil (Acre, Amazonas, Pará, Rondônia, Ceará, Goiás, Mato Grosso, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Peru, Bolívia, Paraguai).  
Material examinado: BRASIL, Mato Grosso: Claudia, 23.V.2009, (ABAM – E177).
- 30. *Tapurua felisbertoi* Lane, 1973**  
Distribuição: Guiana Francesa, Brasil (Amazonas, Pará, Goiás, Mato Grosso), Bolívia.  
Material examinado: BRASIL, Mato Grosso: Sinop, 23.V.2009, (ABAM – E181).
- 31. *Thoracibidion ruficaudatum* (Thomson, 1865)**  
Distribuição: Venezuela, Guiana Francesa, Brasil (Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Mato Grosso), Peru.  
Material examinado: BRASIL, Mato Grosso: Sinop, 14.IX.2008, (ABAM – E195).
- 32. *Tobipuranga ruficoxis* (Bates, 1870)**  
Distribuição: Equador, Peru, Brasil (Amazonas, Pará, Rondônia, Mato Grosso), Bolívia.  
Material examinado: BRASIL, Mato Grosso: Sinop, 11.X.2008, (ABAM – E207).
- 33. *Trachyderes succinctus succinctus* (Linnaeus, 1758)**  
Distribuição: Guadalupe, Costa Rica, Barbados, Nicarágua, Honduras, Argentina, México, Costa Rica, Panamá, Pequenas Antilhas (São Martin, Guadalupe, Martinica), Trinidad e Tobago, Grandes Antilhas (São Tomás, Ilhas Virgens), Colômbia, Venezuela, Suriname, Guiana, Brasil (Amapá, Pará, Mato Grosso, Maranhão, Piauí, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Rio Grande do Sul), Equador, Peru, Bolívia.  
Material examinado: BRASIL, Mato Grosso: Claudia, 11.X.2008, (ABAM – E215).
- 34. *Tropidion subcruciatum* (White, 1855)**  
Distribuição: Venezuela, Suriname, Guiana Francesa, Colômbia, Brasil (Amazônia, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Maranhão, Paraíba ao Paraná), Bolívia.  
Material examinado: BRASIL, Mato Grosso: Sinop, 14.IX.2008, (ABAM – E198).

### Agradecimentos

Ao Dr. Miguel A. Monné do Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro pela identificação dos insetos. Ao CNPq (Processo N° 569382/2008-4) e a FAPEMAT (processos n° 688844/2010 e 300729/2010), pelo auxílio financeiro.

### Referências Bibliográficas

- GALILEO, M.H.M. & MARTINS, U.R. 2006. Cerambycidae (Coleoptera) - Parque Copesul de Proteção Ambiental, Triunfo, Rio Grande do Sul. Museu de Ciências Naturais da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, p.1-316.
- GRAY, B. 1972. Economic tropical forest entomology. Ann. Rev. Entomol. 17:313-354. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.en.17.010172.001525>
- LIMA, A.M.C. 1955. Insetos do Brasil, Coleópteros. Escola Nacional de Agronomia, Rio de Janeiro, v.9, p.1-138.
- MAIA, A.C.D., IANNUZZI, L., NOBRE, C.E.B. & ALBUQUERQUE, C.M. 2003. Padrões locais de diversidade de Cerambycidae (Insecta, Coleoptera) em vegetação de caatinga. In: Ecologia e Conservação da Caatinga (I.R. Leal, M. Tabarelli & J.M.C. Silva, orgs.). Editora Universitária da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, p.391-433.
- MAKINO, S., GOTO, H., HASEGAWA, M., KIMIKO OKABE, K., TANAKA, H., INOUE, T. & OKOCHI, I. 2007. Degradation of longicorn beetle (Coleoptera, Cerambycidae, Disteniidae) fauna caused by conversion from broad-leaved to man-made conifer stands of *Crypomeria japonica* (Taxodiaceae) in central Japan. Eco. Res. 22(3):134-156. <http://dx.doi.org/10.1007/s11284-007-0359-y>
- MARTINS, U.R. 1997. Cerambycidae Sul-Americanos. Sociedade Brasileira de Entomologia, São Paulo, v.1, p.1-217.
- MARTINS, U.R., GALILEO, M.H.M. & LIMEIRA-DE-OLIVEIRA, F. 2009. Cerambycidae (Coleoptera) do estado do Maranhão, Brasil. Pap. Avulsos Zoo. 49(19):229-247.
- MARTINS, U.R.; GALILEO, M.H.M.; SANTOS-SILVA, A. & RAFAEL, J.A. 2006. Cerambycidae (Coleoptera) coletados à luz a 45 metros de altura, no dossel da floresta amazônica, e a descrição de quatro espécies novas. Acta Amazon. 36(2):265-272. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672006000200017>
- MONNÉ, M.A. & BEZARK, L. 2011. Checklist of the Cerambycidae, or longhorned beetles (Coleoptera) of the western Hemisphere. <http://plant.cdfa.ca.gov/bycidb/documents.html> (último acesso em 05/06/2011).
- MONNÉ, M.A. 2005. Catalogue of the Cerambycidae (Coleoptera) of the Neotropical Region. Part I. Subfamily Cerambycinae. Zootaxa 946:1-765.



## Cerambycinae em Mato Grosso

- MONNÉ, M.A. 2001. Catalogue of Neotropical Cerambycidae (Coleoptera) with known host plant - part I, Subfamily Cerambycinae, tribes Acrysonini to Elaphidiini. Publ. avulsas do Mus. Nac. 88:1-108.
- MONNÉ, M.L., MONNÉ, M.A. & MERMUDES, J.R.M. 2009a. Inventário das espécies de Cerambycinae (Insecta, Coleoptera, Cerambycidae) do Parque Nacional do Itatiaia, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Biota neotrop. 9(3):283-312.
- MONNÉ, M.L., MONNÉ, M.A., MARTINS, R.S., SIMÕES, M.V.P. & MACHADO, V.S. 2009b. Espécies de Cerambycidae (Insecta, Coleoptera) ocorrentes no Estado do Rio de Janeiro (Brasil). Arq. Mus. Nac. 67(3-4):235-251.
- PERSON, D.L. 1994. Selecting indicator taxa for the quantitative assessment of biodiversity. Philos. T. Roy. Soc. B. 345:75-79. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.1994.0088>
- RODRIGUES, J.M.S., MONNÉ, M.A. & MERMUDES, J.R.M. 2006. Inventário das espécies de Cerambycidae (Coleoptera) de Vila Dois Rios (Ilha Grande, Angra dos Reis, Rio de Janeiro, Brasil). Biota neotrop. 10(3):311-321. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032010000300029>
- SILVEIRA, M.A.P.A. 2010. Análise faunística de insetos nas margens do alto rio Madeira, Porto Velho, Rondônia, Brasil. Tese de Doutorado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo, São Paulo. 73 p.
- SOUZA, D.S. & SILVA, A.A.. 2012. Cerambycidae (Insecta: Coleoptera) of the Parque Natural Municipal de Porto Velho, Rondônia, Western Amazon, Brazil. Biota Neotrop. 12(1):237-240. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032012000100018>
- WOLDAN, D.R.H. 2007. Análise faunística de Cerambycidae (Coleoptera) em duas situações florísticas no município de União da Vitória - Paraná. Dissertação de Mestrado, Universidade Comunitária Regional de Chapecó.

*Recebido em 21/11/2012*

*Versão reformulada recebida em 25/02/2013*

*Publicado em 29/03/2013*



## Identificação das espécies brasileiras de *Akodon* (Rodentia: Cricetidae: Sigmodontinae) através da microestrutura dos pelos

Fabiana Silveira<sup>1,4</sup>, Ives José Sbalqueiro<sup>2</sup> & Emygdio Leite de Araujo Monteiro-Filho<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Biologia e Ecologia de Vertebrados, Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná – UFPR, CP 19020, CEP 81531-980, Curitiba, PR, Brasil

<sup>2</sup>Laboratório de Citogenética, Departamento de Genética, Universidade Federal do Paraná – UFPR, CP 19071, CEP 81531-980, Curitiba, PR, Brasil

<sup>3</sup>Instituto de Pesquisas Cananéia – IPeC, Rua Tristão Lobo, 199, Centro, CEP 11990-000, Cananéia, SP, Brasil

<sup>4</sup>Autor para correspondência: Fabiana Silveira, e-mail: fabianasilveira@ufpr.br

SILVEIRA, F., SBALQUEIRO, I.J. & MONTEIRO-FILHO, E.L.A. **Identification of the brazilian species of *Akodon* (Rodentia: Cricetidae: Sigmodontinae) through the microstructure of the hair.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?article+bn00713012013>

**Abstract:** There are 10 species of *Akodon* Meyen, 1833 in Brazil and most have some degree of geographic overlap, even with records of sympatry between some species. The identification of the species is difficult and can be performed by the analysis of the morphological structure of hair. Thus, in order to identify the microstructure of the nine Brazilian species of *Akodon*, guard-hairs samples from zoological collections were used. We adopted the method of analysis of the cuticle scales and medulla. The cuticle pattern for all species was narrow leaf shaped. For the medulla three basic patterns have been recognized: alveolar multiseriate, multiseriate striped and a mixture of alveolar and striped. *Akodon cursor* is the only species which has a predominance of four layers of cells, the specimens  $2n = 14$  and  $2n = 15$  have an alveolar medulla and the specimen  $2n = 16$ , has a striped medulla and elongated cells. For *Akodon paranaensis* and *A. lindberghi* the medulla alternates between three and four layers. The others species have three layers. *Akodon mystax*, have a larger spaces between the cells. *Akodon reigi* shows an intermediary sector with layers of oval and well connected cells and for *Akodon toba*, the cells of the central layer are found in one or two small alveolar layers. In the striped pattern, *Akodon montensis* have narrow intercellular space in regard to the thickness of the cell. In a mixed pattern, *Akodon azarae* presents cells with clear outline, and *Akodon serrensis* show cells with irregular shape. Thus, the use of the microstructure of hairs as a tool for identification of the species of *Akodon* proved to be practicable.

**Keywords:** rodents, cuticle scales, guard hair, morphologie, medulla.

SILVEIRA, F., SBALQUEIRO, I.J. & MONTEIRO-FILHO, E.L.A. **Identificação das espécies brasileiras de *Akodon* (Rodentia: Cricetidae: Sigmodontinae) através da microestrutura dos pelos.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?article+bn00713012013>

**Resumo:** No Brasil há 10 espécies de *Akodon* Meyen, 1833 e a maioria apresenta algum grau de sobreposição geográfica havendo inclusive registros de simpatia. A identificação das espécies é difícil e pode ser feita pela análise da estrutura morfológica de pelos. Assim, para a identificação da microestrutura de pelos de nove espécies brasileiras de *Akodon*, foram utilizados pelos-guardas primários de amostras de coleções zoológicas. Foi adotado o método de análise das escamas cuticulares e da medula. O padrão de cutícula para todas as espécies foi foliáceo estreito. Já para a medula foram reconhecidos três padrões básicos como multisseriada alveolar, multisseriada listrada e misto de alveolar e listrada. *Akodon cursor* é a única espécie com predomínio de quatro fileiras sendo que exemplares  $2n = 14$  e  $2n = 15$  apresentam medula alveolar e o  $2n = 16$ , medula listrada e células longilíneas. Para *Akodon paranaensis* e *A. lindberghi* a medula se alterna entre três e quatro fileiras. As demais espécies apresentam três fileiras. *Akodon mystax* apresenta um maior espaçamento entre as células. *Akodon reigi* possui o setor intermediário com fileiras ovaladas e bem ligadas e *Akodon toba* tem as células da fileira central variando com uma e duas células alveolares pequenas. No padrão listrado, *Akodon montensis* apresenta espaço intercelular mais estreito em relação à espessura da célula. No padrão misto, *Akodon azarae* apresenta células com contorno evidente, já *Akodon serrensis* as células apresentam formato irregular. Assim, o uso da microestrutura dos pelos como ferramenta para a identificação das espécies de *Akodon* mostrou-se perfeitamente viável.

**Palavras-chave:** roedores, escamas cuticulares, pelos-guarda, morfologia, medula.

## Introdução

Os roedores pertencentes ao gênero *Akodon* Meyen, 1833, são distribuídos por toda a América do Sul sendo representados por 41 espécies (Musser & Carleton 2005), cujos estudos na sua grande maioria, são de caráter sistemático e desenvolvidos na Argentina (Del Valle & Busch 2003, Pereira et al. 2005, Pardiñas & Teta 2007, Braun et al., 2008, 2010, Pardiñas 2009), no Brasil (Fagundes et al. 1998, Geise et al. 1998, Sbalqueiro & Nascimento 1996, Fagundes & Nogueira 2007, Queirolo & Granzinoli 2009), na Bolívia (Myers & Patton 1989a, Braun et al., 2008), no Chile (Simonetti et al. 1985, Meserve et al. 1991, Antinuchi & Busch 2000), no Paraguai (Yahnke 2006, Braun et al., 2008) e, no Peru e Bolívia (Myers & Patton 1989b, Myers et al. 1990).

Particularmente para o Brasil, são consideradas 10 espécies (Paglia et al. 2012) e a exceção de *A. toba* (Thomas, 1921), todas as espécies brasileiras apresentam algum grau de sobreposição em suas áreas de distribuição (Bonvicino et al. 2008), havendo inclusive registros de simpatria (Fagundes et al. 1998, Geise et al. 1998) como o que ocorre entre *Akodon cursor* (Winge, 1887) e *Akodon montensis* (Thomas, 1913) nos estados do Rio de Janeiro, de Minas Gerais, de São Paulo e norte do Paraná (Fagundes & Nogueira 2007) e, entre *A. lindberghi* (Hershkovitz, 1990) e *A. cursor* no Estado de Minas Gerais (Geise et al. 1998).

A diferenciação dessas espécies é feita com base em aspectos morfológicos incluindo a análise de crânios (Geise et al. 2005, Pardiñas 2009, Braun et al., 2010) assim como com a utilização de técnicas genéticas, entre elas as análises moleculares (Geise et al. 1998, Silva et al. 2006, Queirolo & Granzinoli 2009, Braun et al., 2010). Entretanto, essas técnicas requerem investimentos maiores e se tornam inviáveis na identificação individual em estudos de ecologia de populações (Fagundes & Nogueira 2007).

Toda esta dificuldade na identificação é comum para a maioria dos roedores e deve ser considerada em estudos de cunho ecológico onde é fundamental a marcação e soltura dos animais (Lessa et al. 1999, Feliciano et al. 2002, Graipel et al. 2006), nos estudos de dieta de carnívoros em que os roedores são frequentemente consumidos (Bernarde et al. 2000, Magrini 2006, Martins et al. 2008, Rinaldi 2010) e até mesmo na identificação de espécimes em coleções científicas na ausência dos crânios, ocasiões onde é fundamental a utilização de técnicas rotineiras como, por exemplo, a identificação de espécies através da estrutura morfológica de pelos. Esta técnica é amplamente utilizada em diferentes partes do mundo (Keller 1986, Wallis 1992, Vanek & Keller 1993, Ingberman & Monteiro-Filho 2006, Juárez et al. 2009, entre outros) e permite a utilização independente do pelo ser oriundo de animais vivos, ter passado por diferentes tratamentos como os processos de decomposição, banho ácido no trato gastrointestinal ou até mesmo processos básicos de taxidermia em coleções científicas (Quadros & Monteiro-Filho 1998).

Assim, considerando a grande dificuldade em diferenciar morfológicamente as espécies de *Akodon*, somada à possibilidade de ocorrência de algumas espécies em simpatria e de variações cromossômicas existentes dentro da mesma espécie (Fagundes & Nogueira 2007), nosso intuito é identificar nove espécies brasileiras do gênero *Akodon* com base na microestrutura do pelo e avaliar se há alguma característica morfológica do pelo que possa estar relacionada com a conhecida variação cromossômica existente para a espécie *Akodon cursor*.

## Material e Métodos

As amostras de pelos foram coletadas de animais taxidermizados e devidamente identificados de *Akodon* que ocorrem no Brasil, os quais são provenientes dos acervos do Museu Nacional, Universidade

Federal do Rio de Janeiro (MNRJ, Rio de Janeiro, RJ), Laboratório de Citogenética da Universidade Federal do Paraná (LCUFPR, Curitiba, PR) e acervo do professor Doutor Nilton C. Cáceres da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, URUCUM, JST, GE, JSE) (Tabela 1). As amostras recebidas são de exemplares coletados em diferentes localidades evitando assim a utilização de características que pudessem representar potenciais variações geográficas. Para algumas espécies há um número menor de amostras e isso se deve ao pequeno número de animais tombados nos acervos. Não foi possível obter amostras de *Akodon sanctipaulensis* (Hershkovitz, 1990).

A coleta de pelos seguiu o método proposto por Quadros & Monteiro-Filho (2006a) que consiste em retirar com os dedos, em torno de dez pelos da parte dorsal entre as escapulas dos espécimes. Os pelos foram acondicionados em envelopes de papel e identificados com nome da espécie, dados da coleção de origem e informação citogenética, quando existente.

Os pelos foram então lavados com álcool a 70% e sob uma lupa foram escolhidos somente os pelos-guardas primários, os quais foram posteriormente secos em papel absorvente. Para as impressões das escamas cuticulares foi espalhada uma fina camada de esmalte incolor em uma lâmina, deixado secar por cerca de 30 minutos, depois os pelos foram colocados sobre a fina camada de esmalte e prensados. Buscando a secagem do esmalte e uma melhor impressão da cutícula, os pelos foram retirados após 12 horas e examinados em sua haste (que é a parte proximal do pelo em relação à epiderme, delgada e varia entre reta e ondulada, cf. Quadros & Monteiro-Filho 2006b). Após a secagem, os pelos foram retirados com os dedos e imersos em água oxigenada cremosa comercial 30 volumes por 80 minutos com o propósito de diafanizá-los para a análise morfológica da medula no escudo (parte mais alargada e situa-se entre a haste e a extremidade distal do pelo, cf. Quadros & Monteiro-Filho 2006b). Estes pelos foram então lavados e depois montados entre lâmina e laminula tendo como meio de montagem Entelan. Para obter um melhor resultado na diafanização, alguns pelos foram lavados em água com detergente para a retirada de resíduos de gordura, que impediria a perfeita diafanização. Para a diagnose correta foi necessária a utilização de no mínimo cinco pelos de cada amostra. Para a visualização das impressões cuticulares e da medula foi utilizado microscópio óptico nos aumentos de 100× e 400×.

Devido à ocorrência de variação do número cromossômico para a espécie *A. cursor*, três exemplares com  $2n = 14$ , sete exemplares com  $2n = 15$  e quatro exemplares com  $2n = 16$  foram analisados visando a testar se estas variações cromossômicas poderiam ser detectadas também na morfologia dos pelos.

Para a descrição da medula e cutícula foi utilizado os padrões descritos por Quadros & Monteiro-Filho (2006b).

## Resultados

Foram analisadas 54 amostras de nove espécies brasileiras do gênero *Akodon* e o número de amostras variou de acordo com a disponibilidade de exemplares nas coleções. Para *A. mystax* (Hershkovitz 1998), *A. toba* (Thomas 1921), *A. reigi* (González et al. 1998), *A. lindberghi* (Hershkovitz 1990) foram obtidas duas amostras de cada, *A. azarae* (Fischer 1829) quatro amostras, *A. paranaensis* (Christoff et al. 2000) sete amostras, *A. serrensis* (Thomas, 1902) nove amostras, *A. montensis* (Thomas 1913), dez amostras e *A. cursor* (Winge 1887) 16 amostras.

O padrão de cutícula registrado para as nove espécies brasileiras estudadas do gênero *Akodon* foi foliáceo estreito (Figura 1). De uma maneira geral, a morfologia da medula também é bastante parecida, mas permite o reconhecimento de três padrões básicos



**Tabela 1.** Espécies analisadas, local de coleta das amostras e acervos de depósito.**Table 1.** Analyzed species, location of sample and collection of reference.

Espécie	Local de coleta	Acervo de depósito
<i>Akodon azarae</i>	Taim, Rio Grande, RS	JSTII, JST20
	Espinilho, Barra do Quaraí, RS	JSE 17, JSE170
<i>Akodon cursor</i>	Ilha do Rabelo, Guaraqueçaba, PR.	LCUFPR 636, 784
	Ilha das Laranjeiras, Guaraqueçaba, PR.	LCUFPR 666, 748
	Índios, Guaraqueçaba, PR.	LCUFPR 758,762
	Ilha Rasa, Guaraqueçaba, PR.	LCUFPR 681
	Ilha das Gamelas, Guaraqueçaba, PR	LCUFPR 736
	Massarapuã, Guaraqueçaba, PR.	LCUFPR 742, 749, 744, 751
	Tromomô, Guaraqueçaba, PR	LCUFPR 745, 771
	Bom Conselho, PE	MNRJ 19117
	Garanhuns, PE	MNRJ 19118
<i>Akodon lindberghi</i>	Simão Pereira, MG	MNRJ 33686, 33687
<i>Akodon montensis</i>	Morretes, PR	LCUFPR 795
	Roça Nova, Piraquara, PR	LCUFPR 878
	Botuquara, Palmeira, PR	LCUFPR 989
	São Luís do Purunã, PR	LCUFPR 1001
	Barro Preto, São José dos Pinhais, PR	LCUFPR 1012
	Itatiaia, RJ	MNRJ 48031
	Nova Friburgo, RJ	MNRJ 55733
	Turvo, Derrubada, RS	GE51, GE97
	Morro do Elefante, Santa Maria, RS	UFSM 527
<i>Akodon mystax</i>	Parque Nacional do Caparaó, MG	MNRJ 33686, 33687
<i>Akodon paranaensis</i>	Curitiba, PR	LCUFPR 153
	ADEA, São José dos Pinhais, PR	LCUFPR 884
	Barro Preto, São José dos Pinhais, PR	LCUFPR 983, 987, 1024
	Itatiaia, RJ	MNRJ: 69685, 69686
<i>Akodon reigi</i>	Taim, Rio Grande, RS	JST3, JST6
<i>Akodon serrensis</i>	Quatro Barras, PR	LCUFPR 828,831,833,834,835
	Piraquara, PR	LCUFPR 854,888
	Parque Nacional do Caparaó, MG	MNRJ: 69621, 69640
<i>Akodon toba</i>	Santa Cruz/ Urucum, Corumbá, MS	UFSM 258
	Morro Santa Cruz, Corumbá, MS	URUCUM 58



50.0 µm

**Figura 1.** Padrão cuticular foliadáceo estreito observado nos exemplares do gênero *Akodon* que ocorrem no Brasil (aumento de 400×).**Figure 1.** Cuticular narrow leaf shaped of the genus *Akodon* occurring in Brazil (amplified 400×).

como multisseriada alveolar, multisseriada listrada e um misto entre alveolar e listrada (Figura 2).

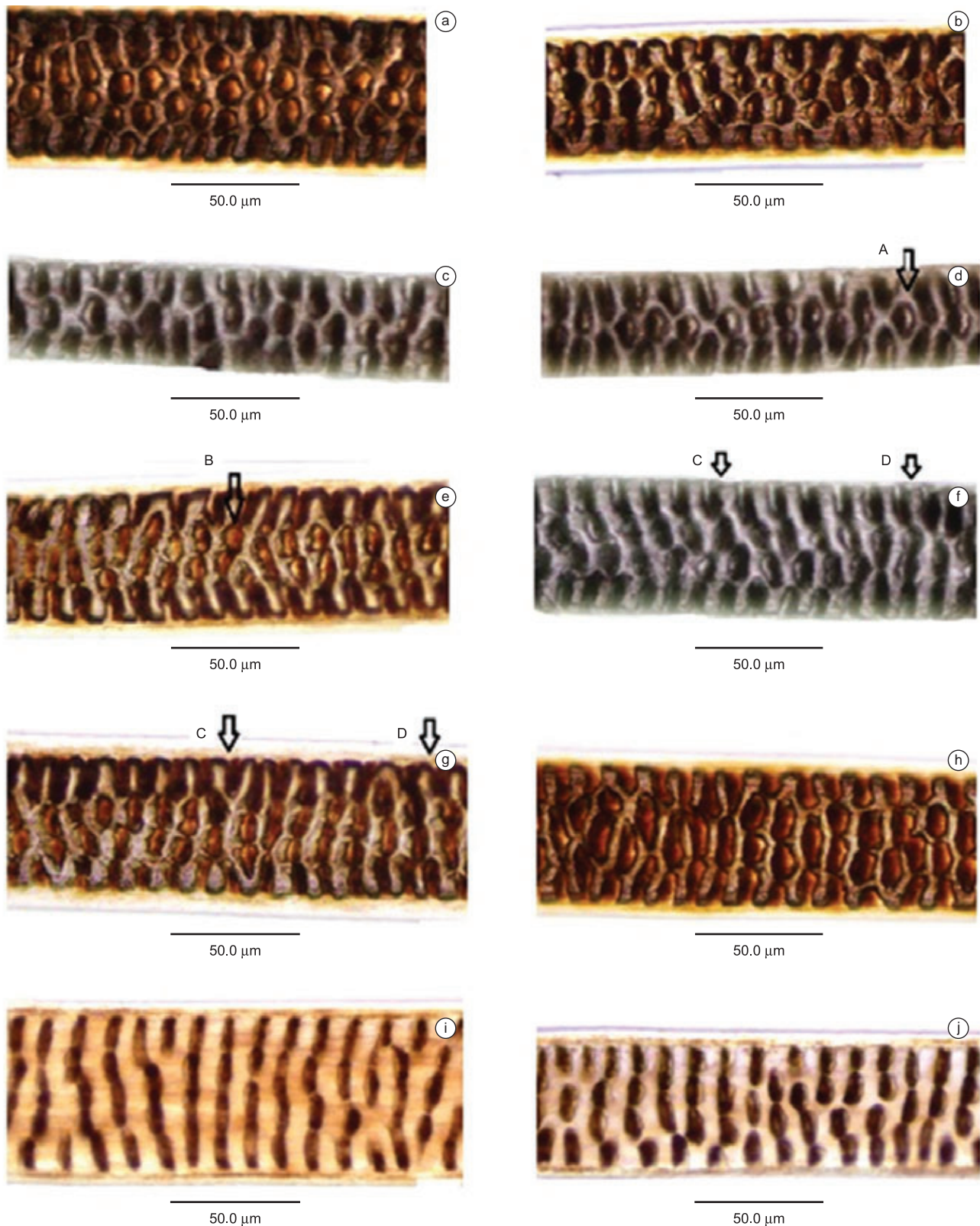
Foi possível detectar variação na microestrutura do pelo dentro das variações cromossômicas de *A. cursor*. Para as variações  $2n = 14$  e  $15$  foi obtido um padrão alveolar, já para a variação  $2n = 16$  ocorreu o padrão listrado. Foi constatado que nas amostras de *Akodon cursor* ocorre a presença de muito sub-pelo que é ondulado, curto e com constrições, os quais não devem ser utilizados por serem semelhantes entre amostras de espécies diferentes (cf. Quadros & Monteiro-Filho 2006b). Para evitar confundir o sub-pelo com o pelo-guarda é recomendado utilizar pelos com escudo bem largos.

*Akodon cursor* é a única espécie que apresenta predomínio de quatro fileiras. Para *Akodon paranaensis*, *A. lindberghi*, *A. azarae* e *A. serrensis* a medula se alterna entre três e quatro fileiras. *Akodon mystax* se diferencia das demais espécies devido ao maior espaçamento entre as células. *Akodon reigi* apresenta o setor intermediário com fileiras ovaladas e bem ligadas e *Akodon toba* as células da fileira central variando com uma e duas células alveolares pequenas. *Akodon montensis* se distingue das demais por apresentar espaço intercelular mais estreito em relação à espessura da célula (Tabela 2). Para visualizar o padrão misto é necessário olhar o pelo em panorâmica (aumento de 100×) e posteriormente utilizar o maior aumento para diferenciar *A. azarae* de *A. serrensis*.

## Discussão

O uso da microestrutura dos pelos é um método de baixo custo, de fácil acesso e rápido que pode ser utilizado em estudos que enfocam a relação predador/presa (Quadros & Monteiro-Filho 2010), além dos estudos forenses (Sato et al. 2009) e levantamento de mastofauna (Martin et al. 2009) entre tantos outros.

Alguns estudos já descreveram a microestrutura de pelos de algumas espécies de *Akodon* que não ocorrem no Brasil como para *A. iniscatus*, *A. longipilis*, *A. olivaceus*, *A. sanborni*, *A. xanthorhinus* (Chehbar & Martín 1989) e para *Akodon molina* (Fernández & Rossi 1998). Nestes estudos a cutícula dos pelos apresenta o mesmo padrão



**Figura 2.** Características microestruturais diagnósticas da medula para a identificação dos pelos-guarda das espécies de *Akodon* que ocorrem no Brasil (aumento de 400×). a) *Akodon cursor* (2n = 14 e 15), b) *Akodon paranaensis*, c) *Akodon mystax*, d) *Akodon reigi*, seta A indica as células ovaladas, e) *Akodon toba*, seta B indica as células alveolares pequenas, f) *Akodon azarae*, seta C indica padrão alveolar, seta D indica padrão listrado, g) *Akodon serrensis*, seta C indica padrão alveolar, seta D indica padrão listrado, h) *Akodon montensis*, i) *Akodon cursor* (2n = 16) e j) *Akodon lindberghi*.

**Figure 2.** Microstructural characteristics of medulla of the hair-guard of *Akodon* species of the Brazil (amplified 400×). a) *Akodon cursor* (2n = 14 and 15), b) *Akodon paranaensis*, c) *Akodon mystax*, d) *Akodon reigi*, arrow A indicates oval cells, e) *Akodon toba*, arrow B indicates the alveolar small cells, f) *Akodon azarae*, arrow C indicates alveolar pattern, arrow D indicates striped pattern, g) *Akodon serrensis*, arrow C indicates alveolar pattern, arrow D indicates striped pattern, h) *Akodon montensis*, i) *Akodon cursor* (2n = 16) and j) *Akodon lindberghi*.

**Tabela 2.** Chave dicotômica de identificação das espécies brasileiras do gênero *Akodon* através da microestrutura dos pelos.**Table 2.** Dichotomous key for the identification of the Brazilian species of *Akodon* through the microstructure of the hair.

1a. medula multisseriada alveolar.....	2
b. medula multisseriada listrada ou mista.....	6
2a. medula com pelo menos quatro fileiras.....	3
b. medula com três fileiras.....	4
3a. medula com predomínio de quatro fileiras, podendo ocorrer cinco fileiras.....	<i>Akodon cursor</i> (2n = 14 e 15; Figura 2a)
b. medula alternando entre três e quatro fileiras.....	<i>Akodon paranaensis</i> (Figura 2b)
4a. fileira central com células distribuídas de forma irregular.....	<i>Akodon mystax</i> (Figura 2c)
b. fileira central com células distribuídas em sequências uniformes.....	5
5a. setor intermediário do escudo com pelo menos três fileiras bem ovaladas e ligadas.....	<i>Akodon reigi</i> (Figura 2 d)
b. fileira central variando com uma e duas células alveolares pequenas.....	<i>Akodon toba</i> (Figura 2e)
6a. medula mista com três a quatro fileiras.....	7
b. medula listrada.....	8
7a. células com contorno definido.....	<i>Akodon azarae</i> (Figura 2f)
b. células com formato irregular.....	<i>Akodon serrensis</i> (Figura 2g)
8a. espaço intercelular estreito em relação a espessura da célula.....	<i>Akodon montensis</i> (Figura 2h)
b. espaço intercelular grande em relação a espessura da célula.....	9
9a. predomínio de quatro fileiras e células longilíneas.....	<i>Akodon cursor</i> (2n = 16; Figura 2i)
b. variação entre três e quatro fileiras de células e células ovaladas.....	<i>Akodon lindberghi</i> (Figura 2j)

existente para as espécies brasileiras mesmo considerando a utilização de outra nomenclatura e a medula, é predominantemente composta por três fileiras de células, assim como ocorre para a maioria dos padrões medulares agora descritos. Assim, é possível que o tipo de arranjo das escamas cuticulares existentes na haste dos pelos seja um padrão característico do gênero, mas o número de fileiras, a distribuição e o formato das células medulares do escudo parecem ser variáveis, permitindo assim o reconhecimento específico, pelo menos para as espécies estudadas.

Para as espécies que ocorrem no Brasil só existiam as descrições feitas para a estrutura dos pelos de *A. cursor* (Quadros 2002) e *A. montensis* (Martin et al. 2009). Entretanto, como estes estudos reconheceram uma espécie de *Akodon* além de outros gêneros, as diagnoses utilizadas buscaram detalhar grandes grupos e, portanto, não utilizaram as mesmas características agora descritas para um conjunto de nove espécies morfologicamente muito semelhantes. Quando a descrição ocorre dentro de um gênero as características utilizadas precisam ser mais esmiuçadas como apresentada no nosso estudo. Assim, é esperado que as características diagnósticas adotadas para grandes grupos separados filogeneticamente e aquelas adotadas dentro de um mesmo gênero acabem sendo muito diferentes.

Para o desenvolvimento de estudos que utilizam os padrões medulares e cuticulares como ferramenta para o reconhecimento de espécies, são necessários estudos sistemáticos prévios. Contudo, algumas propostas de caráter sistemático divergem periodicamente na dependência do desenvolvimento e aplicação de novas técnicas. Este é o caso que ocorre com os espécimes nominados como *A. cursor* que de acordo com os estudos de Geise et al. (2001) e Silva et al. (2006), os com 2n=16 são entidades biológicas distintas das de 2n=14 e 2n=15, ou ainda, de acordo com Nogueira & Fagundes (2008) e Barros et al. (2009) que consideram estes três cariótipos pertencentes a uma única espécie. Em nosso estudo, analisando exemplares de *A. cursor* com os três números de cariótipos, detectamos que como um todo, esta é a espécie com maior número de fileiras de células e facilmente identificada com base na estrutura da medula quando comparada aos demais representantes do gênero no Brasil, mas a despeito disto, dois padrões distintos de medula puderam ser reconhecidos, ou seja, um com medula alveolar (2n = 14 e 2n = 15) e o outro com medula listrada

(2n = 16). Neste caso, a variação encontrada na morfologia dos pelos de *A. cursor*, parece refletir a variação genética já documentada por Geise et al. (2001) e de Silva et al. (2006).

Assim, o uso dos pelos como ferramenta de identificação das espécies brasileiras de *Akodon* é perfeitamente viável permitindo sua utilização em estudos de ecologia e na identificação de animais inclusive os de museu.

## Agradecimentos

Agradecemos a João Alves Oliveira do Museu Nacional do Rio de Janeiro e Nilton C. Cáceres da Universidade Federal de Santa Maria pelo envio das amostras. As fotos foram obtidas com o auxílio dos professores Thelma Ludwig (Equipamento obtido pelo processo 555397/2006-8 do Ed. MCT/ CNPq/CTHidro) e Fernando Sedor. A Karin D. K. A. Monteiro pela revisão do Abstract. Aos revisores anônimos desse periódico pelas valiosas considerações e sugestões. Os autores receberam patrocínio do CNPq (FS- Bolsa de mestrado; ELAMF- Bolsa de Produtividade de Pesquisa).

## Referências Bibliográficas

- ANTINUCHI, C.D. & BUSCH, C. 2000. Metabolic rates and thermoregulatory characteristics of *Akodon azarae* (Rodentia: Sigmodontinae). Rev. Chil. Hist. Nat., 73: 131-138. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2000000100012>
- BARROS, M.C., SAMPAIO, I., SCHNEIDER, H. & LANGGUTH, A. 2009. Molecular phylogenies, chromosomes and dispersion in Brazilian akodontinies (Rodentia, Sigmodontinae). Iheringia, Sér. Zool. 99(4):373-380.
- BERNARDE, P.S., MOURA-LEITE, J.C., MACHADO, R.A. & KOKOBUM, M.N. C. 2000. Diet of the colubrid snake, *Thamnodynastes strigatus* (Günther, 1858) from Parana State, Brazil, with field notes on anuran predation. Rev. Bras. Biol. 60(4):695-699. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-71082000000400022>
- BRAUN, J.K., COYNER, B.S., MARES, M.A. & VAN DEN BUSSCHE, R.A. 2008. Phylogenetic relationships of South American grass mice of the *Akodon* various group (Rodentia, Cricetidae, Sigmodontinae) in South America. J. Mammal. 89(3):768-777. <http://dx.doi.org/10.1644/07-MAMM-A-269R1.1>



- BRAUN, J.K., MARES, M.A., COYNER, B.S. & VAN DEN BUSSCHE, R.A. 2010. New species of *Akodon* (Rodentia: Cricetidae: Sigmodontinae) from central Argentina. *J. Mammal.* 91(2):387-400. <http://dx.doi.org/10.1644/09-MAMM-A-048.1>
- BONVICINO, C.R., OLIVEIRA, J.A. & D'ANDREA, P.S. 2008. Guia dos roedores do Brasil, com chaves para gêneros baseadas em caracteres externos. Centro Pan-Americano de Febre Aftosa - OPAS/OMS.
- CHEHÉBAR, C. & MARTÍN, S. 1989. Guía para el reconocimiento microscópico de los pelos de los mamíferos de la Patagonia. *Doñana, Acta Vertebr.* 16(2):247-291.
- DEL VALLE, J.C. & BUSCH, C. 2003. Body composition and gut length of *Akodon azarae* (Muridae: Sigmodontinae): relationship with energetic requirements. *Acta Theriol.* 48(3):347-357. <http://dx.doi.org/10.1007/BF03194174>
- FAGUNDES, V., CHRISTOFF, A.U. & YONENAGA-YASSUDA, Y. 1998. Extraordinary chromosomal polymorphism with 28 different karyotypes in the neotropical species *Akodon cursor* (Muridae, Sigmodontinae), one of the smallest diploid number in rodents ( $2n = 16, 15$  and  $14$ ). *eHereditas* 129:263-274. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1601-5223.1998.00263.x>
- FAGUNDES, V. & NOGUEIRA, C.D.A. 2007. The use of PCR-RFLP as an identification tool for three closely related species of rodents of the genus *Akodon* (Sigmodontinae, Akodontini). *Genet. Mol. Biol.* 30(3):698-701.
- FELICIANO, B.R., FERNANDEZ, F.A.S., FREITAS, D. & FIGUEIREDO, S.L. 2002. Population dynamics of small rodents in a grassland between fragments of Atlantic Forest in southeastern Brazil. *Mamm. Biol.* 67:304-314. <http://dx.doi.org/10.1078/1616-5047-00045>
- FERNÁNDEZ, G.J. & ROSSI, S.M. 1998. Medullar type and cuticular scale patterns of hairs of rodents and small marsupials from the Monte Scrubland (San Luis province, Argentina). *Mastozool. Neotrop.* 5:109-116.
- GEISE, L., CANAYEZ, F.C. & SEUÁNEZ, H.N. 1998. Comparative Karyology in *Akodon* (Rodentia, Sigmodontinae) from Southeastern Brazil. *J. Heredity.* 89:158-163. <http://dx.doi.org/10.1093/jhered/89.2.158>
- GEISE, L., SMITH, M.F. & PATTON, J.L. 2001. Diversification in the genus *Akodon* (Rodentia, Sigmodontinae) in southeastern America: Mitochondrial DNA sequences analysis. *J. Mammal.* 82:92-101. [http://dx.doi.org/10.1644/1545-1542\(2001\)082<0092:DITGAR>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1644/1545-1542(2001)082<0092:DITGAR>2.0.CO;2)
- GEISE, L., MORAES, D.A. & SILVA, H.S. 2005. Morphometric differentiation and distributional notes of three species of *Akodon* (Muridae, Sigmodontinae, Akodontini) in the Atlantic coastal area of Brazil. *Arq. Mus. Nac.* 63(1):63-74.
- GRAIPEL, M.E., CHEREM, J.J., MONTEIRO-FILHO, E.L.A. & GLOCK, L. 2006. Dinâmica populacional de marsupiais e roedores no Parque Municipal da Lagoa do Peri, Ilha de Santa Catarina, sul do Brasil. *Mastozool. Neotrop.* 13(1):31-49.
- INGBERMAN, B. & MONTEIRO-FILHO, E.L.A. 2006. Identificação microscópica dos pelos das espécies brasileiras de *Alouatta* Lacépède, 1799 (Primates, Atelidae, Alouattinae). *Arq. Mus. Nac.* 64(1):61-71.
- JUÁREZ, D., ESTRADA, C., BUSTAMANTE, M., QUINTANA, Y., MOREIRA, J. & LÓPEZ, J. 2009. Guía ilustrada de pelos para la identificación de mamíferos mayores y medianos de Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- KELLER, A. 1986. Etude comparative de la structure fine des poils des Pipistrelles d'Europe (Mammalia: Chiroptera). *Revue Suisse Zool.* 93:409-415.
- LESSA, G., GONÇALVES, P.R., MORAIS JÚNIOR, M.M., COSTA, F.M., PEREIRA, R.F. & PAGLIA, A.P. 1999. Caracterização e monitoramento da fauna de pequenos mamíferos terrestres de um fragmento de mata secundária em Viçosa, Minas Gerais. *Bios.* 7(7):41-49.
- MAGRINI, L. 2006. Predação de pequenos mamíferos por suindara (*Tyto alba*) e seu papel no controle de reservatórios naturais de hantavírus em uma periurbana do município de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais.
- MARTIN, P.S., GHELIER-COSTA, C. & VERDADE, L.M. 2009. Microestruturas de pelos de pequenos mamíferos não-voadores: chave para identificação de espécies de agroecossistemas do estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotrop.* 9(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v9n1/pt/abstract?identification-key+bn01509012009> (último acesso em 10/09/2011).
- MARTINS, R., QUADROS, J. & MAZZOLLI, M. 2008. Hábito alimentar e interferência antrópica na atividade de marcação territorial do *Puma concolor* e *Leopardus pardalis* (Carnivora: Felidae) e outros carnívoros na Estação Ecológica de Juréia-Itatins, São Paulo, Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 25(3):427-435. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752008000300007>
- MESERVE, P.L., LANG, B.K., MURUA, R., MUÑOZ-PEDREROS, A., GONZALEZ, L.A. 1991. Characteristics of a terrestrial small mammal assemblage in a temperate rainforest in Chile. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 64:157-169.
- MUSSER, G.G. & CARLETON, M.D. 2005. Superfamily Muroidea. In *Mammal species of the world. A taxonomic and geographic reference* (D.E. Wilson & D.M. Reeder, eds). The John Hopkins University Press, Baltimore, v.2, p.894-1531.
- MYERS, P. & PATTON, J.L. 1989a. A new species of *Akodon* from the cloud forests of eastern Cochabamba Department, Bolivia (Rodentia: Sigmodontinae). *Occas. Pap. Mus. Zool.* 720:1-28.
- MYERS, P. & PATTON, J.L. 1989b. *Akodon* of Peru and Bolivia- Revision of the fumeus group (Rodentia: Sigmodontinae). *Occas. Pap. Mus. Zool.* 721:1-35.
- MYERS, P., PATTON, J.L. & SMITH, M.F. 1990. A review of the *Boliviensis* group of *Akodon* (Muridae: Sigmodontinae), with emphasis on Peru and Bolivia. *Miscellaneous Publications of the Museum of Zoology, University of Michigan*, 177.
- NOGUEIRA, C.A. & FAGUNDES, V. 2008. *Akodon cursor* Winge, 1887 (Rodentia: Sigmodontinae): one or two species? New evidences based on molecular data. *Zootaxa* 1768:41-51.
- PAGLIA, A.P., FONSECA, G.A.B., RYLANDS, A.B., HERMANN, G., AGUIAR, L.M.S., CHIARELLO, A.G., LEITE, Y.L.R., COSTA, L.P., SICILIANO, S., KIERULFF, M.C.M., MENDES, S.L., TAVARES, V. C., MITTERMEIER, R.A. & PATTON, J.L. 2012. Lista Anotada dos Mamíferos do Brasil. 2. ed. Occasional papers in conservation Biology. Conservation Internacional, Arlington, V.A. 6.
- PARDIÑAS, U.F.J. & TETA, P. 2007. Micromamíferos del sector oriental de la antiplanicie del Somuncurá (Río Negro, Argentina). *Mastozool. Neotrop.* 14(2):271-278.
- PARDIÑAS, U.F.J. 2009. El Género *Akodon* (Rodentia: Cricetidae) em Patagonia: Estado actual de seu conocimiento. *Mastozool. Neotrop.* 16(1):135-152.
- PEREIRA, J., TETA, P., FRACASSI, N., JOHNSON, A. & MOREYRA, P. 2005. Sigmodontinos (Rodentia, Cricetidae) de la Reserva de Vida Silvestre Urugua-Í (Provincia de Misiones, Argentina) com la confirmación de la presencia de "*Akodon*" *serrensis* em la Argentina. *Mastozool. Neotrop.* 12(1):83-89.
- QUADROS, J. & MONTEIRO-FILHO, E.L.A. 1998. Effects of digestion, putrefaction and taxidermy processes on *Didelphis albiventris* hair morphology. *J. Zool.* 244(4):331-334. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-7998.1998.tb00037.x>
- QUADROS, J. 2002. Identificação microscópica de pelos de mamíferos brasileiros e sua aplicação no estudo da dieta de carnívoros. Tese de doutorado, Universidade Federal do Paraná. Paraná.
- QUADROS, J. & MONTEIRO-FILHO, E.L.A. 2006a. Coleta e preparação de pelos de mamíferos para identificação em microscopia óptica. *Rev. Bras. Zool.* 23: 274-278. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752006000100022>
- QUADROS, J. & MONTEIRO-FILHO, E.L.A. 2006b. Revisão conceitual, padrões microestruturais e proposta nomenclatória para os pelos-guarda de mamíferos brasileiros. *Rev. Bras. Zool.* 3:279-292. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752006000100023>



Identificação de *Akodon* por pelos

- QUADROS, J. & MONTEIRO-FILHO, E.L.A. 2010. Identificação dos mamíferos de uma área de floresta Atlântica utilizando a microestrutura de pelos-guarda de predador e presa. *Arq. Mus. Nac.* 68(1-2):47-66.
- QUEIROLO, D. & GRANZINOLLI, M.A.M. 2009. Ecology and natural history of *Akodon lindberghi* (Rodentia, Sigmodontinae) in southeastern Brazil. *Iheringia, Sér. Zool.* 99(2):189-193.
- RINALDI, A.R. 2010. Dieta de pequenos felinos silvestres (Carnívora, Felidae), em área antropizada de Mata Atlântica de Interior, Alto Paraná, Paraná, Brasil. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná, Paraná.
- SATO, I., NAKAKI, S., MURATA, K., TAKESHITA, H. & MUKAI, T. 2009. Forensic hair analysis to identify animal species on a case of pet animal abuse. *Int J Legal Med.* 124: 249-256. <http://dx.doi.org/10.1007/s00414-009-0383-2>
- SBALQUEIRO, I.J. & NASCIMENTO, A.P. 1996. Occurrence of *Akodon cursor* (Rodentia, Cricetidae) with 14, 15 and 16 chromosome cytotypes in the same geographic area in Southern Brazil. *Rev. Bras. Genet.* 19:565-569. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84551996000400005>
- SILVA, M.J., PATTON, J.L. & YONENAGA-YASSUDA, Y. 2006. Phylogenetic relationships and karyotype evolution in the sigmodontine rodent *Akodon* ( $2n = 10$  and  $2n = 16$ ) from Brazil. *Genet. Mol. Biol.* 29(3):469-474. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-47572006000300012>
- SIMONETTI, J.A., FUENTES, E.R. & OTAIZA, R.D. 1985. Habitat use by two rodent species in the high Andes of central Chile. *Mammalia.* 49(1):19-25. <http://dx.doi.org/10.1515/mamm.1985.49.1.19>
- VANEK, M. & KELLER, A. 1993. Etude de la morphologie des écailles de la cuticule des jarres primaires des renards polaires adultes – *Alopex lagopus* (Linné, 1758) à l'aide Du microscope électronique à balayage. *Revue Suisse Zool.* 100(4):899-903.
- WALLIS, R.L. 1992. A key for the identification of guard hairs of some Ontario mammals. *Can. J. Zool.* 71:587-591. <http://dx.doi.org/10.1139/z93-080>
- YAHNKE, C.J. 2006. Habitat use and natural history of small mammals in the central Paraguayan Chaco. *Mastozool. Neotrop.* 13(1):103-116.

Recebido em 29/06/2012

Versão reformulada recebida em 29/11/2012

Publicado em 14/01/2013



## Catfishes as prey items of Potamotrygonid stingrays in the Solimões and Negro rivers, Brazilian Amazon

Akemi Shibuya<sup>1,3</sup> & Jansen Zuanon<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo – USP,  
Rua do Matão, Trav. 14, 101, CEP 05508-090, São Paulo, SP, Brasil

<sup>2</sup>Coordenação de Pesquisas em Biodiversidade, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA,  
Av. André Araújo, 2936, Aleixo, CEP 69060-001, Manaus, AM, Brasil

<sup>3</sup>Corresponding author: Akemi Shibuya, e-mail: akemi\_shibuya@yahoo.com.br

SHIBUYA, A. & ZUANON, J. **Catfishes as prey items of Potamotrygonid stingrays in the Solimões and Negro rivers, Brazilian Amazon.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?short-communication+bn03213012013>

**Abstract:** In spite of the fact that catfish have rarely been reported as food items in the diets of freshwater stingrays, they are commonly observed in the stomach contents of species inhabiting the Solimões and Negro rivers in the Brazilian Amazon. The stomach contents of six rays from the Solimões River and 64 from the Negro River were analyzed, and catfishes (distributed among the families Callichthyidae, Cetopsidae, Doradidae and Loricariidae) were found in the stomach contents of four and 10 of these rays, respectively, comprising a frequency of occurrence of 20%. These data indicate a relevant participation of catfishes in the diets of potamotrygonid rays in the Amazon, and may reflect the regional diversity and abundance of Siluriformes in the region.

**Keywords:** diet, feeding, freshwater stingrays, Myliobatiformes, Siluriformes.

SHIBUYA, A. & ZUANON, J. **Os bagres como presas de raias Potamotrygonidae nos rios Solimões e Negro, Amazônia brasileira.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?short-communication+bn03213012013>

**Resumo:** Apesar de ter sido reportado sobre a raridade de bagres na alimentação de raias de água doce, a presença deles tem sido comumente observada em conteúdos estomacais de espécies dos rios Solimões e Negro. Os conteúdos estomacais de seis indivíduos de raias do rio Solimões e 64 do rio Negro foram analisados e os bagres (distribuídos nas famílias Callichthyidae, Cetopsidae, Doradidae e Loricariidae) foram consumidos por quatro e 10 raias, respectivamente, com a frequência de ocorrência de 20%. A ocorrência de Siluriformes, mesmo baixa, indica uma participação relevante deste grupo como presas na dieta dos potamotrygonídeos.

**Palavras-chave:** alimentação, dieta, raias de água doce, Myliobatiformes, Siluriformes.

## Introduction

Potamotrygonidae stingrays consume a wide variety of prey, feeding on insects, mollusks, crustaceans, and teleosteans (Lasso et al. 1996, Lonardon et al. 2006, Rincon-Filho 2006, Silva & Uieda 2007, Shibuya et al. 2009). Their diets may be directly related to the availability of any given prey, and some species display specific dietary habits [e.g. *Potamotrygon orbignyi* (Castelnau 1855) is considered predominantly insectivorous, whereas *Paratrygon aiereba* (Walbaum 1792) is mostly piscivorous] (Lasso et al. 1996, Rincon-Filho 2006, Shibuya et al. 2009). In spite of the low occurrence of fish in the diets of most potamotrygonid stingrays, some species are known for their considerable consumption of these prey items (e.g. *Paratrygon aiereba*). Specimens of *Potamotrygon motoro* (Müller & Henle 1841) from the Middle Negro River in the Brazilian Amazon is known to consume principally crustaceans, although teleosteans also appear to be an important element in its diet (Lasso et al. 1996, Shibuya et al. 2009).

Silva & Uieda (2007) reported that the two potamotrygonid species found in the Paraná River (*Potamotrygon falkneri* Castex & Maciel 1963 and *P. motoro*) have diversified diets, and teleosteans were found in the stomach contents of just one specimen of each species. In addition to these observations, Garrone-Neto & Uieda (2009) pointed out that the rare occurrences of catfishes (Siluriformes) in stingray diets may be considered occasional, as a consequence of inexperience and/or an accidental predation, since one of the analyzed specimens (a young individual of *P. falkneri*) had a dead catfish stuck in its oral chamber. However, Shibuya et al. (2009) described the diets of four species of Potamotrygonidae, and three of them (*Potamotrygon* sp. "cururu", *P. motoro*, and *Paratrygon aiereba*) were found to have different groups of catfishes (Callichthyidae, Cetopsidae, Doradidae and Loricariidae) in their stomachs. Almeida et al. (2010) and Vasconcelos & Oliveira (2011) also found catfishes in the stomach of *P. motoro*, in the Marajó Island (which has connections with Amazonas and Tocantins Rivers) and in the Cariaú River (Amapá State), respectively.

Since catfishes compose more than 40% of the Amazon fish species richness, it would be surprising to find that they not compose common prey items in the diets of stingrays. Moreover, many catfish species of different families, with varied morphologies and sizes, share the shallow margins of the rivers inhabited by stingrays. The present study aims to demonstrate that Siluriformes should be considered normal prey items of potamotrygonid stingrays inhabiting the Solimões and Negro rivers in the Brazilian Amazon, and arguing that catfish's spines and body armor do not constitute barriers to its consumption by the rays.

## Materials and Methods

Stingray sampling is strongly seasonal, with an inverse relationship between capture vulnerability and water level in the river (see Araújo 1998). In this sense, most of the information available on the diet of stingrays refers to the dry season; the few studies that present dietary data for stingrays during the flood season were Almeida et al. (2010) and Vasconcelos & Oliveira (2011), both developed in the lower portion of the Amazon basin where the seasonal changes in river level are attenuated by the daily tidal variations. The data set analyzed in this study was composed by a combination of newly collected samples (from Solimões River), and by samples previously obtained in Negro River (Shibuya et al. 2009). Both sampling areas are part of the Amazon lowlands and are subjected to a strong seasonal flood pulse (Junk et al. 1989), with flood peak in June-July and the lowest water level in September-October. The main difference between the sampling areas is related

to water type and biological productivity. Solimões River drains a wide várzea floodplain of turbid waters with a nearly neutral pH and high productivity, with a high biomass of plants and fishes mainly concentrated in seasonally available lakes; on the other hand, the black waters of Negro River are acidic and nutrient poor, and sustain a comparatively much lower biomass (Junk 1984).

Specimens of *Paratrygon aiereba* (n = 2) and *Plesiotrygon iwamae* Rosa, Castello & Thorson 1987 (n = 6) were collected in November/2011 in the Lower Solimões River (03° 17' 54" S and 60° 03' 03" W) in the municipality of Careiro da Várzea, Amazonas State, Brazil. All specimens were collected using trammel nets (50 m and 100 m length, with 40 mm mesh size) and bottom trotlines (200 m length, with 200 hooks) by local fishermen during the night, in shallow margins and beaches along the river channel. The rays were euthanized using Eugenol (clove oil) and identified according to Rosa (1985). The stomachs of these animals were removed and fixed in 10% formalin solution. Stomach contents were analyzed with the aid of a stereoscopic microscope. Prey items were sorted and subsequently counted and maintained in 70% ethanol solution. Catfishes found in the stomach contents were identified to the lowest taxonomic level possible with the aid of identification keys (e.g. Burgess 1989) and the help of specialists. Data concerning *Potamotrygon motoro* (n = 32), *P. sp.* "cururu" (n = 17), and *Paratrygon aiereba* (n = 15), all collected in the Middle Negro River near Barcelos (Amazonas State, Brazil) have recently been published by Shibuya et al. (2009), and that information was updated in reference to the occurrence of Siluriformes. The gut contents analyzes and catfish identification were done by the same persons, in order to allow an accurate comparison of both datasets. Results are presented as frequency of occurrence values (i.e. the number of stomachs containing catfish remains, in relation to the total number of the analyzed stomachs that contained food), and as numerical frequency (number of catfish specimens consumed in relation to the total number of fish ingested by the rays) (Hyslop 1980).

## Results and Discussion

Among the eight stingray specimens analyzed from the Solimões River (two *Paratrygon aiereba* and six *Plesiotrygon iwamae*), one individual of *P. aiereba* (31 cm disc width) and three of *P. iwamae* (ranging from 51.5 to 64.0 cm disc width) had remains of thorny catfishes (Doradidae) in their stomachs; two stomachs were empty. In addition, *P. iwamae* had also consumed freshwater shrimps (Table 1). The Frequency of Occurrence of catfishes in the stomachs of these six specimens was 50.0%, and the Numerical Frequency of catfishes in relation to other prey fish was 44.4% (Table 2).

*Potamotrygon motoro* (n = 1), *P. sp.* "cururu" (n = 5), and *Paratrygon aiereba* (n = 4) from the Negro River had ingested fish from four different Siluriformes families: Callichthyidae,

**Table 1.** Prey items found in the stomachs of *Paratrygon aiereba* and *Plesiotrygon iwamae*, from Solimões River, expressed in number (N) and occurrence (O). Numbers of obtained specimens (n), stomachs with contents (c) and empty stomachs (e) are presented for each potamotrygonid species.

ITEMS	<i>Paratrygon aiereba</i> (n = 2; c = 1; e = 1)		<i>Plesiotrygon iwamae</i> (n = 6; c = 5; e = 1)	
	N	O	N	O
Doradidae	1	1	2	2
Hemiodontidae	1	1	1	1
Cichlidae	-	-	3	1
Unidentified catfishes	-	-	1	1
Shrimps	-	-	2	2



**Table 2.** Total values of the stomachs with contents (N) in potamotrygonid stingrays from Solimões and Negro Rivers. The number of stomachs with catfish and total of fish prey and catfish prey in the analyzed stomachs are expressed in number (N) and frequency of occurrence (%).

River	Stomach with food	Stomach with catfish	Total fish prey	Total catfish prey
	N	N (%)	N	N (%)
Solimões	6	3 (50.0)	9	4 (44.4)
Negro	64	10 (15.6)	114	15 (13.1)

Loricariidae, Doradidae and Cetopsidae (see Shibuya et al. 2009 for details on additional prey items consumed). All catfishes found in the stomach contents of *Paratrygon aiereba* and *Plesiotrygon iwamae* from the Solimões River measured about 4-8 cm of total length. Most of catfishes found in the stomachs of stingrays from Negro River reached 8cm, except one Cetopsidae found in the stomach of a specimen of *Paratrygon aiereba*, which was about 25 cm total length. Among the Negro River specimens, the Frequency of Occurrence of catfishes in the stomachs was 15.6%, and the Numerical Frequency of catfishes in relation to other prey fish was 13.1%. Overall (Solimões and Negro rivers pooled), catfishes were found in 14 of the 70 stingrays with food in their stomachs, comprising a Frequency of Occurrence of 20.0%, and a Numerical Frequency of 15.4% (Table 2).

Similar to the Heptapteridae prey found by Garrone-Neto & Uieda (2009) in the diet of *Potamotrygon falkneri*, catfishes of Doradidae, Callichthyidae, and Loricariidae have spines on their pectoral and dorsal fins that serve as defense mechanisms – although not pungent in the case of loricariids (Bosher et al. 2006, Kirchheim & Goulart 2010). Some doradid catfishes also have a row of bony plates along the sides of the body, each plate armed with a sharp spine or hook that can inflict injuries to its potential predators (q.v. Burgess 1989). Despite these supposed obstacles to its ingestion, the catfishes consumed by the potamotrygonid stingrays from the Solimões and Negro Rivers were found crushed and in an advanced state of digestion. These catfish species are quite common in the rivers where the stingrays were collected, and live predominantly associated with the substrate where stingrays forage (Lowe McConnell 1987, J. Zuanon, personal observation along the whole Solimões-Amazonas River and Lower Negro River, since 1987). It is possible that the differential availability of catfish in the Paraná River basin influences their infrequent consumption by the stingrays locally, and may be responsible for the observed differences between the diets of potamotrygonid populations in the Amazon River basins and in the Paraná River. Therefore, additional studies comparing stingrays diets and catfish prey availability in Paraná River basin could be elucidative.

*Potamotrygon motoro* from the Negro River has a muscular orobranchial system adapted to breaking rigid structures of hard prey (Shibuya et al. 2012), which may explain the crushed condition of doradid and loricariid preys found in the stomach contents of the analyzed specimens. The catfishes consumed by *Paratrygon aiereba* were found intact within their stomachs, which could indicate its ingestion by suction mechanisms. One specimen of *Plesiotrygon iwamae* had a catfish spine lodged in its stomach wall, indicating that such injuries may not impair the consumption of this kind of prey.

An alternative hypothesis for the findings presented by Garrone-Neto & Uieda (2009) is that the presence of a catfish locked in the oral cavity of an individual of *P. falkneri* may have resulted from a poorly succeeded capture attempt by that individual ray. The catfish's immediate attempt to escape predation after being engulfed may have lead it to become stuck and protruding from the spiracular aperture of the stingray, as found by those authors. However, this accident does not imply that catfishes are necessarily infrequent preys of stingrays. In addition to the presence of Siluriformes in the stomach contents of stingrays in the Amazon Basin, another fact that reinforces its

importance as stingray preys is the frequent finding of broken catfish spines deeply inserted in the musculature around the oral region of stingrays utilized for human consumption (J. Zuanon, personal observation), which indicates the common occurrence of predation attempts on catfishes.

Freshwater stingrays do not necessarily have similar feeding habits in different hydrographic basins. *Potamotrygon motoro* seems to be predominantly insectivorous in the Cristalino (a tributary of the Araguaia River) and Paraná rivers (Pantano-Neto 2001, Lonardoní et al. 2006, Silva & Uieda 2007), while individuals inhabiting the Negro River take crustaceans as their most important prey, followed by teleosteans (Shibuya et al. 2009). In addition, Almeida et al. (2010) and Vasconcelos & Oliveira (2011) also showed the occurrence of teleosteans, including catfishes, in the diet of potamotrygonid stingrays. Any generalization of the feeding habits of ray species derived from studies carried out in a single population may be misleading.

One aspect of the trophic ecology of stingrays that remains to be studied is the possible seasonal variation in the diet of these species in the Amazon lowlands. Vasconcelos & Oliveira (2011) stated that food consumption was different between the rainy and dry seasons for *P. motoro*, with higher consumption of mollusks during the flood. Although Almeida et al. (2010) had collected *P. motoro* during dry, rainy and transitional seasons, but they did not test for statistical differences in its diet among seasons. Seasonal differences on the feeding habits of fishes that occupy the seasonally available flooded forests and floodplains are well known for several fish groups (e.g. Goulding 1980, Claro-Junior et al. 2004, Yamamoto et al. 2004), and there is no reason to suppose that stingrays species do not change diets along the seasonal cycle; however, it would be necessary to have a much more intensive collecting effort during rising and flood periods to test this hypothesis, in function of the difficulties to obtain enough samples to analyze.

## Acknowledgements

The authors would like to thank W. Duncan, F. C. Valentim, and M. L. Araújo for supplying the stomach contents of the stingrays; R. R. Oliveira for discussions concerning the biology of catfishes. AS thanks the Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP – grant no. 2011/23683-0). JZ receives a productivity grant from CNPq (307464/2009-1).

## References

- ARAÚJO, M.L.G. 1998. Biologia de *Potamotrygon* sp. C (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) no médio rio Negro, Amazonas. Unpublished Master dissertation. FUA/INPA, Manaus, 171p.
- ALMEIDA, M.P., LINS, P.M.O., CHARVET-ALMEIDA, P. & BARTHEM, R.B. 2010. Diet of the freshwater stingray *Potamotrygon motoro* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) on Marajó Island (Pará, Brazil). Braz. J. Biol. 70(1):155-162. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842010000100022>

- BOSHER, B.T., NEWTON, S.H. & FINE, M.L. 2006. The spines of the channel catfish, *Ictalurus punctatus*, as an anti-predator adaptation: an experimental study. *Ethology*. 112(2006):188-195. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0310.2006.01146.x>
- BURGESS, W.E. 1989. An atlas of freshwater and marine catfishes: a preliminary survey of the Siluriformes. Tropical Fish Hobbyist Publications, Inc., Neptune City.
- CLARO-JUNIOR, L., FERREIRA, E., ZUANON, J. & ARAÚJO-LIMA, C. 2004. O efeito da floresta alagada na alimentação de três espécies de peixes onívoros em lagos de várzea da Amazônia Central, Brasil. *Acta Amazon.* 34(1):133-137. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672004000100018>
- GARRONE-NETO, D. & UIEDA, V.S. 2009. Ingestion of catfish by freshwater stingray: possible mistake or inexperience. *Biota Neotrop.* 9 (4): <http://www.biotaneotropica.org.br/v9n4/en/abstract?shortcommunication+bn01609042009>.
- GOULDING, M. 1980. The fishes and the forest: Explorations in Amazonian Natural History. University of California Press, Berkeley, California, 280p.
- HYSLOP, E.J. 1980. Stomach contents analysis review of methods and their applications. *J. Fish Biol.* 17:411-429. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8649.1980.tb02775.x>
- JUNK, W.J. 1984. Ecology, fisheries and fish culture in Amazonia. In *The Amazon, Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin* (H. Sioli, ed.). Dr. W. Junk, Dordrecht, p.443-476.
- JUNK, W.J., BAYLEY, P.B. & SPARKS, R.E. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian J. Fish. Aquat.* 106:110-127.
- KIRCHHEIM, P.D. & GOULART, E. 2010. Ecomorfologia de predação e antipredação em Siluriformes (Osteichthyes). *Oecol. Austral.* 14(2): 550-568. <http://dx.doi.org/10.4257/oeco.2010.1402.12>
- LASSO, C.A., RIAL, A.B. & LASSO-ALCALÁ, O. 1996. Notes on the biology of the freshwater stingrays *Paratrygon aiereba* (Müller and Henle, 1841) and *Potamotrygon orbignyi* (Castelnau, 1855) (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) in the Venezuelan llanos. *Aqua J. Ichth. and Aquat. Biol.* 2(3):39-52.
- LONARDONI, A.P., GOULART, E., OLIVEIRA, E.F. & ABELHA, M.C.F. 2006. Hábitos alimentares e sobreposição trófica das raias *Potamotrygon falkneri* e *Potamotrygon motoro* (Chondrichthyes, Potamotrygonidae) na planície alagável do alto rio Paraná, Brasil. *Acta Scient. Biol. Sci.* 3(28):195-202.
- LOWE-McCONNELL, R.H. 1987. Ecological studies in tropical fish communities. Cambridge University Press, Cambridge, 382p. <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511721892>
- PANTANO-NETO, J. 2001. Estudo preliminar da anatomia descritiva e funcional associada à alimentação em raias de água-doce (Potamotrygonidae, Myliobatiformes, Elasmobranchii). Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 92p.
- RINCON-FILHO, G. 2006. Aspectos taxonômicos, alimentação e reprodução da raia de água doce *Potamotrygon orbignyi* (Castelnau) (Elasmobranchii: Potamotrygonidae) no Rio Paraná-Tocantins. Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista "Júlio Mesquita Filho", Rio Claro, 132p.
- ROSA, R.S. 1985. A systematic revision of the South American freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). PhD. Thesis, College of William and Mary, Virginia, 523p.
- SHIBUYA, A., ARAÚJO, M.L.G. & ZUANON, J.A.S. 2009. Analysis of stomach contents of freshwater stingrays (Elasmobranchii: Potamotrygonidae) from the middle Negro River, Amazonas, Brazil. *Pan-American J. Aqua. Sci.* 4(4):466-465.
- SHIBUYA, A., ZUANON, J. & TANAKA, S. 2012. Feeding behavior of the Neotropical freshwater stingray *Potamotrygon motoro* (Elasmobranchii: Potamotrygonidae). *Neot. Ichth.* 10(1):189-196. <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252012000100018>
- SILVA, T.B. & UIEDA, V.S. 2007. Preliminary data on the feeding habits of the freshwater stingrays *Potamotrygon falkneri* and *Potamotrygon motoro* (Potamotrygonidae) from the Upper Paraná River basin, Brazil. *Neotrop.* 7(1):221-226.
- VASCONCELOS, H.C.G. & OLIVEIRA, J.C.S. 2011. Alimentação de *Potamotrygon motoro* (Chondrichthyes, Potamotrygonidae) na planície de inundação da APA do rio Curiaú, Macapá – Amapá – Brasil. *Biota Amazon.* 1(2):66-73.
- YAMAMOTO, K.C., SOARES, M.G.M. & FREITAS, C.E.C. 2004. Alimentação de *Triportheus angulatus* (Spix & Agassiz, 1829) no lago Camaleão, Manaus, AM, Brasil. *Acta Amazon.* 34(4):653-659. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672004000400017>

Received 26/07/2012

Revised 07/02/2013

Accepted 13/03/2013

## Description of diet of pelagic fish in the southwestern Atlantic, Brazil

Guilherme Rossi Gorni<sup>1,4</sup>, Roberto Goitein<sup>2</sup> & Alberto Ferreira de Amorim<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciências Biológicas e da Saúde, Centro Universitário de Araraquara – UNIARA, CEP 14801-340, Araraquara, SP, Brasil

<sup>2</sup>Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, CEP 13506-900, Rio Claro, SP, Brasil

<sup>3</sup>Instituto de Pesca, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios – APTA, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo – SAA, CEP 11030-500, Santos, SP, Brasil

<sup>4</sup>Corresponding author: Guilherme Rossi Gorni, e-mail: grgorni@gmail.com

GORNI, G.R., GOITEIN, R. & AMORIM, A.F. **Description of diet of pelagic fish in the southwestern Atlantic, Brazil.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?article+bn01113012013>

**Abstract:** This study reveals the food composition of pelagic fishes living in the southwestern Atlantic Ocean. As such more common pelagic species are considered to be top predators, the study proposes to know what constitutes their main food. Fish are not commonly found within their stomach contents, but instead, cephalopods are their most common food. As can be observed, Teuthida cephalopods compose their principal diet. The stomach contents of specimens of *Xiphias gladius*, *Thunnus albacares*, *T. obesus*, *T. alalunga*, *Isurus oxyrinchus* and *Alopias superciliosus* caught during July 2007 to June 2009 by using tuna longliners were studied. Teuthida cephalopods constitute the main food item for the three tuna species, while *X. gladius* feeds mainly on Ommastrephidae cephalopods. Though the differences among the kinds of cephalopods exist, they constitute the principal resource these fish use to live at least in the southern Atlantic Ocean.

**Keywords:** top predators, diet composition, longline fishery, stomach content analysis.

GORNI, G.R., GOITEIN, R. & AMORIM, A.F. **Descrição da dieta de peixes pelágicos no Oceano Atlântico, Brasil.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?article+bn01113012013>

**Resumo:** Este estudo descreve a composição da dieta de peixes pelágicos que vivem no Oceano Atlântico Sudoeste. Como tais espécies pelágicas são consideradas predadoras de topo, o estudo propõe conhecer o que constitui sua principal fonte de alimento. Peixes não são comumente encontrados em seus conteúdos estomacais, em vez disso, os cefalópodes são os alimentos mais comuns. Como pode ser observado, cefalópodes Teuthida compreendem sua dieta principal. O conteúdo estomacal de espécimes de *Xiphias gladius*, *Thunnus albacares*, *T. obesus*, *T. alalunga*, *Isurus oxyrinchus* e *Alopias superciliosus*, capturados durante julho de 2007 a junho de 2009 prela frota atuneira, foram estudados. Cefalópodes Teuthida constituem o principal item alimentar das três espécies de atum, enquanto *X. gladius* alimenta-se principalmente de cefalópodes Ommastrephidae. Embora as diferenças entre os tipos de cefalópodes existam, eles constituem o principal recurso que estes peixes usam para viver, pelo menos no Oceano Atlântico Sudoeste.

**Palavras-chave:** predadores de topo, composição alimentar, pesca de espinhel, análise de conteúdo estomacal.

## Introduction

One common problem to be faced when studying top sea predators is the fact that they are caught in small numbers by scientific expeditions. So, one should be aware that statistic significant data are hardly available. On the other hand, by comparing distinct species living in almost similar open seas, it may be seen as a possible approach to distinguish their diet composition when they are compared to other available data in the literature. So, the solely fact that studies based on results of smaller data numbers can also be useful to add them to other available ones and, so, reinforce what has been discovered until that moment. There seems to exist no other ways to study such kinds of fish, mainly in the southern hemisphere where such studies are more incipient. Such studies may permit an evaluation about the role each species may play among the other ones, competitors or not in a determined system (Schoener 1974) and may also help the understanding of their biology and population dynamics (Zavala-Camin 1982).

By what is known about the fish species caught in the southwestern Atlantic Ocean, the swordfish *Xiphias gladius* (Linnaeus 1758), is a cosmopolitan one, whose epi and mesopelagic habit has been frequently registered for fish occurring between 45°N and 45°S latitudes. So, its distribution comprises tropical and temperate seas, which means toleration to a wide temperatures range (Palko et al. 1981, Nakamura 1985). As it is known to be an opportunistic predator, the swordfish uses to show a broad alimentary spectrum, feeding on cephalopods, fish and crustaceans (Clarke et al. 1995, Figueiredo & Menezes 2000). Its diet composition has been studied in the Mediterranean Sea (Bello 1991); Pacific Ocean (Ibañez et al. 2004, Castillo et al. 2007, Letelier et al. 2009); at the Indic Ocean (Potier et al. 2007) and the Atlantic Ocean (Stillwell & Kohler 1985 Simões & Andrade 2000, Satoh et al. 2004, Chancollon et al. 2006). For Brazilian waters, besides the studies of Zavala-Camin (1981), Mello (1992) and Vaske-Júnior (2000), few other studies are registered.

The tuna species, which belong to the Scombridae family, are constituted by fish attaining large sizes. There are five species off the Brazilian coast. The most common ones are: *Thunnus albacares* (Bonnaterre, 1788) *Thunnus obesus* (Lowe, 1939) and *Thunnus alalunga* (Bonnaterre, 1788). These three tuna species are considered to act as opportunistic predators, whose feeding may be determined by local prey availability. Their diet is characteristically diversified, mainly composed by fish, cephalopod mollusks and crustaceans. Some studies revealed the food composition of the three species in Southern Atlantic since 1981 to 2004 (Zavala-Camin 1981, 1982, 1987, Vaske-Júnior & Castello 1998, Vaske-Júnior 2000, Vaske-Júnior et al. 2003; Sabatié et al. 2003, Satoh et al. 2004). No more studies were registered since then.

The two studied shark species, *Isurus oxyrinchus* (Rafinesque, 1810) and *Alopias superciliosus* (Lowe, 1840) are known to be epipelagic and active, which means, they wander during all the time and may dive to 500 m (Cervigón 1992, Compagno 2001). Though the economic importance played by these shark species, studies concerning their feeding habits are rare, as happens to their ecologic trophic importance in Brazilian waters, with the exception of the Zavala-Camin (1981) and Vaske-Júnior & Rincón-Filho (1998) studies.

As the last, so to say, more complete studies referring to diet compositions of such species in that region are twenty years old, this study purpose is to describe the diet composition of *X. gladius*, *T. albacares*, *T. obesus*, *T. alalunga*, *I. oxyrinchus* and *A. superciliosus* caught at the southwestern Atlantic Ocean. This should contribute to

add more recent information in order to provide condition to perform ecological studies related to this pelagic environment.

## Materials and Methods

Specimens of *X. gladius*, *T. albacares*, *T. obesus*, *T. alalunga*, *I. oxyrinchus* and *A. superciliosus* were collected every month from July 2007 to June 2009 by the Santos (SP) tuna longliners. These boats range their operations along the southeastern and southern Brazilian coast, in an area comprised between 17-35° S and 27-52° W., off the continental shelf (Figure 1). According to Arfelli & Amorim (2000), such boats work by using the surface longline with light attraction to the swordfish (*Xiphias gladius*), in fisheries, which may last 15 to 20 days.

### 1. Data collection

During the process of evisceration, which was performed immediately after fish were caught, the stomachs were individually deposited in devices with a 10% formalin solution. They were stored in a larger recipient containing formalin. The stomach contents were washed and seined. After this process, they were stored in individual labeled recipients, remaining in a 70% ethanol solution. All the items within the stomach contents were identified as to the lowest possible identification level, using taxonomic criteria based on Figueiredo & Menezes (1980, 2000), Menezes & Figueiredo (1980, 1985), Clarke (1986), Nesis (1987), and Figueiredo et al. (2002).

### 2. Diet analyses

The Prey Relative Importance Index expressed by percentages (%IRI) (Equation 1) (Pinkas et al. 1971, Cortés 1997) was utilized to reveal the feeding pattern exhibited by the studied specimens. This Index is calculated using the percentage number (%N), percentage in weight (%W) and by the Occurrence frequency percentage (%O) representing the identified items within each predator stomach contents (Hyslop 1980). The mass percentages were based on the humid masses of prey items found in the stomachs, instead of the reconstituted mass method.

Percentage of the Relative Importance Index:

$$\%IRI = \left( \left( (\%N + \%W) \times \%O \right) / \left( \sum (\%N + \%W \times \%O) \right) \right) \times 100 \quad (1)$$

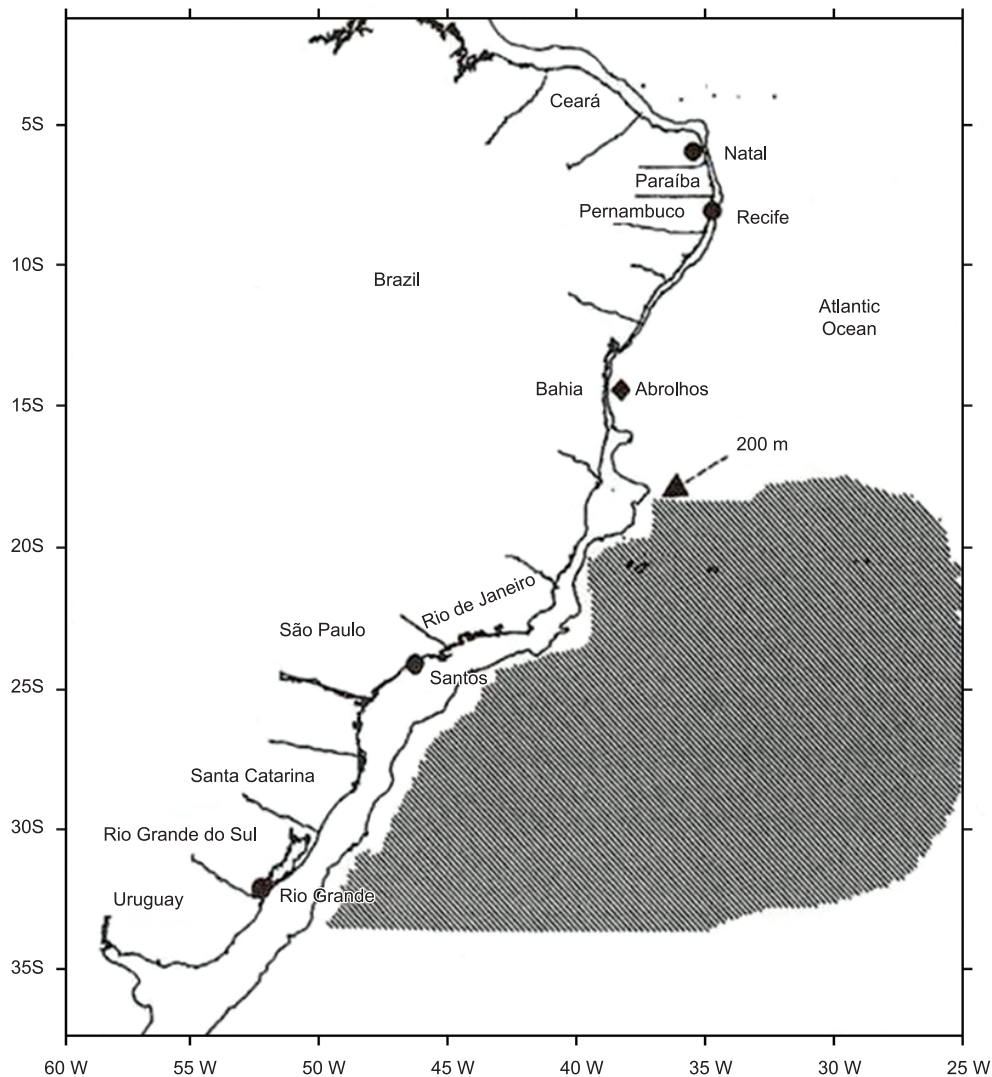
## Results

For the 333 analyzed stomachs, 2328 items were registered; totalizing 43223 grams of alimentary material (see Table 1). The stomach contents revealed the occurrence of 56 prey taxa, including 23 families of fishes, 3 orders of cephalopods, crustaceans and other 4 groups, which are shown in detail at Table 1. The highest and lowest richness of alimentary taxa were respectively registered to *T. alalunga* (32 taxa) and *A. superciliosus* (7 taxa).

According to the calculation of the %IRI, the main alimentary item for *T. albacares*, *T. obesus* and *T. alalunga* was constituted by Teuthida cephalopods. In terms of numerical percentages, the most important prey for *T. albacares* were represented by Teuthida mollusks, followed in order by crustaceans and teleosts. A similar pattern was shown for *T. alalunga* to which mollusks are the most important food, but fish represent the second one in importance. *T. obesus*, in turn, feeds mainly on fish, followed by cephalopods and crustaceans (Table 1). The most important food item to *X. gladius* was also composed by cephalopods, from which the Ommastrephidae represented 63.7% of the IRI. Fish were more diversified, but the identified species did not reach more than 1% of the IRI. Crustaceans,



## Diet of pelagic fish



**Figure 1.** Santos longliners fishing area (adapted from Amorim et al. 1998).

however, were represented by decapods and performed 1.3% of the IRI.

The food composition of *I. oxyrinchus* was also dominated by cephalopod mollusks and the Teuthida order, mainly composed by Ommastrephidae, represented 30.4% of the IRI. The group formed by fish species was also more diversified, being dominated by non identified teleosts, followed by Scombridae. *Alopias superciliosus* consumed mainly Teuthida cephalopods (49.6% of the IRI), and secondarily non identified fish and then Trichiuridae (26.9% and 21.3%, respectively). Crustaceans were also present within the stomach contents, but a clear difference was observed for this item's importance to the feeding composition of these sharks (3.4% and 0.6%, respectively). Unusual items were also found within the stomach contents. Plastic bags, small box rests and even nylon treads were noticed.

## Discussion

The relatively broad trophic spectrum presented by *X. gladius*, *T. albacares*, *T. obesus* and mainly *T. alalunga* may corroborate

the generalist feeding habit such fishes present. Potier et al. (2007) emphasize tuna and similar fish predation to be described as an opportunistic process, as such fishes live in environments containing a relatively low organism's concentration, as are usually known the pelagic ocean regions. Besides the relative homogeneity of such environments, pelagic species may present relative ecological defined niches, which may minimize competition for resources. This may be caused by distinct vertical and seasonal distributions the fishes present (Zavala-Camin 1982).

The presence of Teuthida cephalopods within the gastric contents of *T. albacares*, *T. obesus* and *T. alalunga* has been a commonly known fact in such nature studies. Dragovich (1971), Perrin et al. (1973), Pelczarski (1988) and Potier et al. (2007) state that the squids Ommastrephidae represent the most important cephalopods present in the diet composition of *T. albacares*. Other groups, such as Octopoda are also related as food to this tuna fish, though in a relatively small amount. (Dragovich op. cit., Pelczarski op. cit.). In a similar way, Ommastrephidae squids are recognized to be the most common cephalopod food item for *T. obesus* (mainly the genera *Illex* and *Ommastrephes*) (Zavala-Camin 1981, Vaske-Júnior,

2000). Apparently, the relatively smaller size of the individuals of *T. alalunga* may impose limits to the ingestion of large squids, thus justifying the presence of smaller cephalopods, as may be the case of some octopods.

The registration of specimens, which belong to Bramidae, Monacanthidae and Trichiuridae may reinforce the idea that *T. albacares* frequently feeds near to the water column surface (Dragovich & Potthoff 1972, Bard et al. 2002). But, on the other hand, some mesopelagic families, such as Chiasmodontidae and Gempylidae are also represented as food components for such species (Figueiredo & Menezes 2000, Figueiredo et al. 2002). This may mean that *T. albacares* usually dives for incursions to search for food at deeper waters. Graham et al. (2007), looking for information about ontogenetic changes for feeding, reflecting in a broader amplitude of the food components for the species, describes a diet significant change of *T. albacares*, when the individuals' furcal lengths reach 45 centimeters or more. In addition, following these authors, when the individuals surpass this length, they use to acquire and endothermic capacity, which permits them to get prey living in colder and deeper waters.

The primarily teutophagic food composition shown by *T. obesus* may help to corroborate the results obtained by Zavala-Camin (1981), in which cephalopod mollusks comprise approximately 83% of the diet composition. So, the definition of a guild based on theutid cephalopods may be considered to be a reference to these diverse pelagic fishes. But, notwithstanding this, the data disagree from those obtained by Vaske-Júnior (2000) and Liming et al. (2005), who observe that teleost fishes are predominant to the feeding of the species. As the *T. obesus* diet may be least affected by latitudes or distances from the coast, when compared to other tuna species (Dagorn et al. 2000, Bertrand et al. 2002), one may infer that such divergences for food composition may be mainly due to local prey availabilities.

In a similar way, *T. alalunga* presented a feeding spectrum based on cephalopod mollusks, followed by fish and crustaceans. It was not possible, however, to establish a pattern to analyze the results by basing them on available literature, as there are not coherent data related to the food preference of this tuna species. Zavala-Camin (1981) in an analysis by examining 741 stomachs, registered a predominance for mollusks (59.9%), followed by fish and crustaceans. Sabatié et al. (2003) state that crustaceans comprised the most important contribution (43%), and then it was followed by fish and cephalopods. Satoh et al. (2004), in contrast, suggests a predominantly piscivorous diet of *T. alalunga*, as this item was found to comprise more than 65% of the components of the stomach contents for the individuals of this species. A fact to be registered may consider the existence of an opportunistic behavior of the individuals of the species, which may feed on fish or squid shoals.

A substantial contribution of items formed by crustaceans to the diets of *T. albacares* and *T. alalunga* may be related to a morphological design, which consists in a shorter distance between their gillrakers, a fact that, as observed by Magnuson & Heitz (1971) may permit an ingestion of smaller prey. According to a diagnosis made by Zavala-Camin (1978), by comparing the species mentioned above, *T. obesus* presents the lowest number of gillrakers, when compared to the other species (varying from to 25 and 30), a fact which may explain the low occurrence of crustaceans in the feeding habit of the species.

The diet of *X. gladius* was predominantly composed by cephalopod mollusks and secondarily by fish. These results are similar to those related to this species at the South Atlantic Ocean (Zavala-Camin 1981), at the northwest Atlantic (Stillwell & Kohler 1985) and to the Pacific Ocean (Ibañez et al. 2004, Castillo et al. 2007,

Letelier et al. 2009). Meanwhile, studies made for the Mediterranean Sea (Relini et al. 1995), at the northeast Atlantic (Chancollon et al. 2006) and at the Indic Ocean (Marsac & Potier 2001, Potier et al. 2007) show a precisely converse pattern, thus classifying the swordfish as a primarily ictiophagic predator. The *X. gladius* diet may vary consistently at distinct habitats and seasons, as a consequence of the variations of the distinct prey population dynamics (Letelier et al. 2009).

Pelagic mollusks of the Ommastrephidae family are commonly found as food items of *X. gladius*. Authors like Zavala-Camin (1981), Stillwell & Kohler (1985), Simões & Andrade (2000) and Vaske-Júnior (2000) have registered *Illex argentinus* and *Ommastrephes bartramii* as the most commonly identified Ommastrephidae species. In contrast, the stomach contents of *X. gladius* caught at the Pacific Ocean were mainly composed by the species *Dosidicus gigas* and *Todarodes filipovae* (Ibañez et al. 2004, Castillo et al. 2007, Letelier et al. 2009). Other cephalopods as those who belong to the Loliginidae family commonly represent a low importance as food to *X. gladius*, as only in one stomach from 168 analyzed by Stillwell & Kohler (1985) contained such kind of squid. Simões & Andrade (2000) and Potier et al. (2007) also observed a low occurrence for Octopoda individuals as items for the stomach contents of this fish, a result which agrees to these study results.

In a similar way, crustaceans are reported to constitute a less important item to the fish diet related to these species, and may also be considered as an accidental item (Letelier et al. 2009). Notwithstanding this idea, decapod crustaceans have also been reported by Zavala-Camin (1981) and Chancollon et al. (2006).

Teleost fishes have been represented as the most diverse group, and were recognized as being formed by 12 taxa. Species of the family Myctophidae, as well as individuals of the genera *Synagrops*, *Brama*, *Cubiceps* and *Gempylus* may corroborate what has been registered by Zavala-Camin (1981), Stillwell & Kohler (1985), Vaske-Júnior (2000), Chancollon et al. (2006), Potier et al. (2007) and Letelier et al. (2009). As the elevated variety of prey species indicates, previous studies concerning the food composition of *X. gladius* suggest this species to be an opportunistic and generalist feeder. Such presumptions may, however, be taken cautiously. As Cortés (1997) states, a predator may be recognized as a specialist by choosing its prey by size and even behavior, instead of by species representations, mainly as this should be the fact to influence the feeding rate.

The organisms identified as the food items of *X. gladius* may corroborate the assumption about the daily vertical displacement pattern presented by the individuals of this species, which has been described by Carey & Robison (1981) and Takahashi et al. (2003). Such a fact could be evaluated in this way by the reason that both mesopelagic and epipelagic (Myctophidae in general and Ommastrephidae) were commonly found within the fish stomachs, as happened to *Brama* sp., *Auxis* sp. and *Euthynnus alleteratus* (Nesis 1987, Figueiredo et al. 2002). The occurrence of species, which usually occupy both strata (epi and mesopelagic), such as *Thunnus alalunga* and *Gempylus serpens*, reinforce the idea to this kind of movement considered to happen to this fish. Another observed characteristic for this feeding strategy may be linked to the act of chasing for cephalopods or fish, which use to form shoals. This fact is thoroughly discussed by the studies of Simões & Andrade (2000), Ibañez et al. (2004) and Chancollon et al. (2006), who try to relate the fact to a lesser effort in relation to the capture success.

The importance of Teuthida cephalopods to the feeding of *I. oxyrinchus* and *A. superciliosus* has also been related in the literature. Following the data furnished by Vaske-Júnior & Rincón-Filho (1998), Polo-Silva (2007) and Preti et al. (2008), the squids *Illex*

Diet of pelagic fish

**Table 1.** Registered prey items in the stomachs of *Thunnus albacares*, *Thunnus obesus*, *Thunnus alalunga*, *Xiphias gladius*, *Isurus oxyrinchus* and *Alopias superciliosus*. N: number of stomachs; Cf: furcal length variation (cm); %N: percentages in number; %W: percentages in weight; %O: percentage in occurrence; %IRI: index of relative importance in percentages.

Prey	<i>T. albacares</i>			<i>T. obesus</i>			<i>T. alalunga</i>			<i>X. gladius</i>			<i>I. oxyrinchus</i>			<i>A. superciliosus</i>			
	N = 29	Cf: 30 - 114	N = 63	N = 77	N = 101	N = 47	N = 16	%N	%O	%IRI	%N	%O	%IRI	%N	%O	%IRI	%N	%O	%IRI
Chordata Teleostei																			
Acanthuridae																			
<i>Acanthurus cirurgus</i> (Bloch, 1787)							0.2	<0.1	2.5	<0.1									
Acropomatidae																			
<i>Synagrops bellus</i> (Goode & Bean, 1895)											0.5	0.4	1.2	<0.1					
<i>Synagrops sp.</i>											0.2	0.3	1.2	<0.1					
Anoplogastridae																			
<i>Anoplogaster cornuta</i> (Valenciennes, 1833)							0.3	<0.1	2.5	<0.1									
Bramidae																			
<i>Brama brama</i> (Bonnaterre, 1788)	2.1	0.8	8.0	0.2			0.2	0.5	2.5	<0.1									
<i>Brama caribea</i> Mead, 1972							0.8	0.9	10.0	0.2	0.2	4.3	1.2	<0.1					
<i>Brama sp.</i>							0.2	0.5	2.5	<0.1									
<i>Pterycombus petersii</i> (Hilgendorf, 1878)											0.7	3.9	4.6	0.2					
Caproidae																			
<i>Antigonia cepros</i> (Lowe, 1843)							0.2	<0.1	2.5	<0.1									
Chiasmodontidae																			
<i>Pseudocopelus altipinnis</i> (Parr, 1933)	0.2	0.3	4.0	<0.1			1.3	0.3	7.5	0.1									
Ephippidae																			
<i>Chaetodipterus faber</i> (Broussonet, 1782)	1.3	<0.1	4.0	<0.1			0.2	<0.1	2.5	<0.1									
Gempylidae																			
<i>Gempylus serpens</i> Cuvier, 1829	0.2	<0.1	4.0	<0.1	1.1	1.9	2.0	0.1											
<i>Lepidocibium flavobrunneum</i> (Smith, 1843)					2.4	6.1	14.0	1.4			2.5	1.6	6.0	0.2					
											0.7	26.8	3.0	1.9					

\*In *X. gladius* was used to measure the lower jaw fork length (LJFL).

Table 1. Continued...

Prey	<i>T. albacares</i>			<i>T. obesus</i>			<i>T. alatalunga</i>			<i>X. gladius</i>			<i>I. oxyrinchus</i>			<i>A. superciliosus</i>		
	%N	%O	%IRI	%N	%O	%IRI	%W (g)	%N	%O	%IRI	%W (g)	%N	%O	%IRI	%W (g)	%N	%O	%IRI
<i>Thyrsitops lepidopoides</i> Cuvier, 1831				6.7	0.1	2.0	0.2											
Lutjanidae	0.2	0.2	4.0	<0.1														
Merlucciidae				9.9	0.8	2.5	0.3											
Monacanthidae																		
<i>Stephanolepis hispidus</i> (Linnaeus, 1766)	0.2	<0.1	4.0	<0.1	0.2	<0.1	2.5	<0.1	0.2	<0.1	1.2	<0.1						
Myctophidae									0.2	<0.1	1.2	<0.1						
Nomeidae									0.2	1.1	1.2	<0.1						
<i>Cubiceps</i> sp.																		
Peristediidae																		
<i>Peristedion altipinnis</i> (Regan, 1903)				0.2	<0.1	2.5	<0.1											
Phosichthyidae				0.2	<0.1	2.5	<0.1											
<i>Pollichthys</i> sp.	0.2	<0.1	4.0	<0.1														
Scianidae																		
<i>Cynoscion</i> sp.				0.3	0.9	2.5	<0.1											
Scombridae																		
<i>Auxis</i> sp.									0.4	0.3	1.2	<0.1	0.7	50.7	3.0	3.5		
<i>Euthynnus alleteratus</i> (Rafinesque, 1810)									0.2	0.8	1.2	<0.1						
<i>Scomber colias</i> Gmelin, 1789																		
<i>Thunnus alatalunga</i> (Bonaterre, 1788)				0.8	13.7	10.0	1.8						1.4	1.5	6.1	0.4		
Serranidae																		
<i>Anthias menezesi</i> Anderson & Heemstra, 1980				0.2	<0.1	2.5	<0.1		0.2	2.2	1.2	<0.1						
Sparidae																		
<i>Pagrus pagrus</i> (Linnaeus, 1758)				0.2	<0.1	2.5	<0.1											
Sternopychidae	0.4	0.1	4.0	<0.1														
Tetraodontidae																		

\*In *X. gladius* was used to measure the lower jaw fork length (LJFL).



Diet of pelagic fish

Table 1. Continued...

Prey	<i>T. albacares</i>			<i>T. obesus</i>			<i>T. alalunga</i>			<i>X. gladius</i>			<i>I. oxyrinchus</i>			<i>A. superciliosus</i>				
	N = 29			N = 63			N = 77			N = 101			N = 47			N = 16				
	Cf: 30 - 114	%W (g)	%O	%IRI	%N	%W (g)	%O	%IRI	%N	%W (g)	%O	%IRI	%N	%W (g)	%O	%IRI	%N	%W (g)	%O	%IRI
<i>Sphoeroides tyleri</i>	0.6	<0.1	4.0	<0.1																
Shipp, 1974																				
Trichiuridae	1.7	0.8	12.0	0.3	0.8	<0.1	5.0	0.1				0.7	1.4	3.0	0.1	4.8	37.8	16.7	21.3	
<i>Evoxymetopon</i> sp.	0.2	0.2	4.0	<0.1																
<i>Lepidopus altifrons</i>	0.2	<0.1	4.0	<0.1	0.2	0.6	2.5	<0.1												
Parin & Collete, 1993																				
<i>Trichiurus lepturus</i>					0.3	0.8	2.5	<0.1	1.3	2.3	2.4	<0.1								
Linnaeus, 1758																				
Triglidae																				
<i>Prionotus</i> sp.					0.6	0.8	2.5	<0.1												
Unidentified Teleost	15.3	5.2	44.0	7.9	35.4	2.4	16.0	6.9	9.2	5.5	30.0	5.6	48.4	9.7	60.7	33.5	10.4	16.2	45.5	26.9
Chordata Urochordata					1.3	0.2	5.0	0.1					6.9	<0.1	6.1	0.9				
Mollusca																				
Cephalopoda																				
Ord. Teuthida	38.2	80.2	80.0	83.1	35.1	56.9	84.0	87.7	42.6	52.6	65.0	78.9	27.8	69.2	69.0	63.7	27.1	3.0	45.5	30.4
Loliginidae	2.9	6.0	24.0	1.9	0.8	0.8	4.0	0.1	0.3	5.0	5.0	0.3	1.1	1.7	7.1	0.2				
Ommastrephidae					0.8	29.9	4.0	1.4	1.0	12.4	12.5	2.1								
Enoplateuthidae					0.2	<0.1	2.5	<0.1												
Ord. Octopoda	2.5	<0.1	12.0	0.3	5.1	<0.1	10.0	0.6	4.7	<0.1	22.5	1.3	2.7	<0.1	8.3	0.2	2.1	<0.1	9.1	0.4
Ord. Sepiida	0.2	<0.1	4.0	<0.1	0.5	<0.1	2.0	<0.1	5.0	0.5	7.5	0.5	0.2	<0.1	1.2	<0.1				
Unidentified					0.5	0.4	4.0	<0.1					0.7	0.2	4.8	<0.1	32.6	0.3	42.4	31.1
Cephalopoda																				
Mollusca Gastropoda	4.4	<0.1	16.0	0.6	0.5	<0.1	4.0	<0.1	0.2	<0.1	2.5	<0.1								
Mollusca Bivalve					0.3	<0.1	2.0	<0.1												
Arthropoda Crustacea																				
Ord. Decapoda	4.8	1.3	16.0	0.9	4.3	0.3	6.0	0.3	7.5	0.4	17.9	1.3								
Ord. Isopoda	0.2	<0.1	4.0	<0.1																
Unidentified	20.6	0.2	16.0	2.9	2.1	0.7	14.0	0.5	17.3	1.0	32.5	7.6	0.2	<0.1	1.2	<0.1				
Crustacea																				
Vegetal	0.4	<0.1	8.0	<0.1	0.5	<0.1	7.5	<0.1	0.9	<0.1	3.6	<0.1	2.1	<0.1	9.1	0.4	0.6	<0.1	8.3	0.3
Other	2.7	4.4	28.0	1.8	4.3	0.5	18.0	1.0	0.8	2.7	12.5	0.6	3.1	0.5	9.5	0.3	2.8	<0.1	9.1	0.6

\*In *X. gladius* was used to measure the lower jaw fork length (LJFL).

*argentinus* (Ommastrephidae), *Dosidicus gigas* (Ommastrephidae), *Histioteuthis* sp. (Histioteuthidae), *Loligo* sp. (Loliginidae) and *Gonatus* sp. (Gonatidae) are the species most commonly eaten by these sharks.

Specimens of Scombridae and *Lepidocybium flavobrunneum* (Gempylidae) appear to be important items (mainly in weight measurements) to the diet of *I. oxyrinchus*. *Lepidocybium flavobrunneum* is a fish species whose individuals may grow to large sizes, as are some specimens caught by fishery equipments. According to Vaske-Júnior & Rincón-Filho (1998) some specimens, when caught by the fishery activities are frequently marked by bite marks caused by sharks. This may happen during the process of fishing and to the opportunistic behavior of these sharks. The absence of elasmobranchs in the diet of *I. oxyrinchus* helps to corroborate results obtained by Maia et al. (2006). As Pikitich et al. (2005) state, this absence may be credited to the low densities such sharks and other ones present in the oceanic environment, when compared to more complex habitats. Other large predators, such as *X. gladius*, should also be considered as potential prey for *I. oxyrinchus* (Stillwell & Kohler 1982, Maia et al. 2006), but this fact was not observed in this study.

According to Polo-Silva (2007) and Preti et al. (2008), *Alopias superciliosus* is also a fish feeder and the specimens representing the Paralepididae, Merluccidae and Sciaenidae are known to be the most representative to this shark's diet. This information however is in disagreement to these present studies. It may be detached that such disagreements relating the literature and the present study can be due to the reason that many teleost fishes were found in a profound digestion state, which may be a common situation when the study reveals facts happening within the stomach contents of sharks.

The low incidence of crustaceans for the food composition of *I. oxyrinchus* may reveal a probable incidental ingestion of such organisms. Following Maia et al. (2006), a regular ingestion of crustaceans may be more related to young individuals of this elasmobranch. As seen by the IRI 0.6%, this item may be even less important to individuals of *A. superciliosus*, in a way to corroborate data obtained by Preti et al. (2008), who found such prey in only one stomach. As a common observation of objects originated by human activities and even so, found within the stomach contents of sharks, this one may also be an accidental fact such as this one shown by the crustaceans (Hazin et al. 1994, Vaske-Júnior & Rincón-Filho 1998).

The ecological feeding details of top predators, such as these studied species, are important components for modeling trophic relationships and their implications to the pelagic stratum dynamics of the Southwest Atlantic Ocean. So, it may be seen as a necessary step for more studies involving great predators who live in this region, in order to get information to build more multi-specific models, which are important to conservation and better use purposes.

## Acknowledgments

We thank Natalia Della Fina, Natalia Piva Silva, Caio dos Santos Fernandes and Bruna Rodrigues Bernardes. We also thank to ItaFish Transporte e Comércio de Pescados, to Instituto de Pesca (Santos/SP) and to CAPES for financial support.

## References

AMORIM, A.F., ARFELLI, C.A. & FAGUNDES, L. 1998. Pelagic elasmobranchs caught by longliners off southern Brazil during 1974-97: An overview. *Mar. Freshwater Res.* 49(7):621-632. <http://dx.doi.org/10.1071/MF97111>

ARFELLI, C.A. & AMORIM, A.F. 2000. Analysis of Santos (SP) longliners from southern Brazil (1997-99). *Col. Vol. Scient. Pap. ICCAT.* 51(4):1359-1366.

BARD, F.X., KOUAMÉ, B. & HERVÉ, A. 2002. Schools of large yellowfin (*Thunnus albacares*) concentrated by foraging on a monospecific layer of *Cubiceps pauciradiatus*, observed in the eastern tropical Atlantic. *Col. Vol. Scient. Pap. ICCAT.* 54:33-41.

BELLO, G. 1991. Role of cephalopods in the diet of the swordfish, *Xiphias gladius*, from the eastern Mediterranean sea. *Bull. Mar. Sci.* 49(1-2):312-324.

BERTRAND, A., BARD, F.X. & JOSSE, E. 2002. Tuna food habits related to the micronekton distribution in French Polynesia. *Mar. Biol.* 140:1023-1037. <http://dx.doi.org/10.1007/s00227-001-0776-3>

CAREY, F.G. & ROBISON, B.H. 1981. Daily patterns in the activities of swordfish, *Xiphias gladius*, observed by acoustic telemetry. *Fish. Bull.* 79(2):277-292.

CASTILLO, K., IBÁÑEZ, C.M., GONZÁLEZ, C. & CHONG, J. 2007. Dieta del pez espada *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758 en distintas zonas de pesca frente a Chile central durante el otoño de 2004. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 42(2):149-156. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572007000200002>

CERVIGÓN, F., CIPRIANI, R., FISCHER, W., GARIBALDI, L., HENDRICKX, M., LEMUS, A.J., MÁRQUEZ, R., POUTIERS, J.M., ROBAINA, G. & RODRIGUEZ, B. 1992. Guía de campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la costa septentrional de Sur América. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma.

CHANCOLLON, O., PUSINERI, C. & RIDOUX, V. 2006. Food and feeding ecology of northeast Atlantic swordfish (*Xiphias gladius*) off the Bay of Biscay. *ICES J. Mar. Sci.* 63:1075-1085.

CLARKE, M.R. 1986. A handbook for the identification of cephalopod beaks. Clarendon Press, Oxford.

CLARKE, M.R., CLARKE, D.C., MARTINS, H.R. & SILVA, H.M. 1995. The diet of swordfish (*Xiphias gladius*) in Azorean waters. *Arquipélago - Life Mar. Sci.* 13A:53-69.

COMPAGNO, L.J.V. 2001. FAO species catalogue. 4. Shark of the world: An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. FAO Species Catalogue for Fishery Purposes, Rome, v.1, n.2, 269p.

CORTÉS, E. 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54:726-738. <http://dx.doi.org/10.1139/cjfas-54-3-726>

DAGORN, L., BACH, P. & JOSSE, E. 2000. Movement patterns of large bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the open ocean, determined using ultrasonic telemetry. *Mar. Biol.* 136(2):361-371. <http://dx.doi.org/10.1007/s002270050694>

DRAGOVICH, A. 1971. The food of skipjack and yellowfin tunas in the Atlantic Ocean. *Fish. Bull.* 68(3):445-460.

DRAGOVICH, A. & POTTHOFF, T. 1972. Comparative study of food of skipjack and yellowfin tuna off the coast of West Africa. *Fish. Bull.* 70:1087-1110.

FIGUEIREDO, J.L. & MENEZES, N.A. 1980. Manual de peixes marinhos do Sudeste do Brasil. III. Teleostei (2). Museu de Zoologia da 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 da Universidade de São Paulo, São Paulo.

FIGUEIREDO, J.L., SANTOS, A.P., YAMAGUTI, N., BERNARES, R.A. & WONGTSCHOWSKI, C.L.B. 2002. Peixes da Zona Econômica Exclusiva do Sudeste e Sul do Brasil; levantamento com rede de meia água. EdUSP, São Paulo.

GRAHAM, B.S., GRUBBS, D., HOLLAND, K. & POPP, B.N. 2007. A rapid ontogenetic shift in the diet of juvenile yellowfin tuna from Hawaii. *Mar. Biol.* 150:647-658. <http://dx.doi.org/10.1007/s00227-006-0360-y>

HAZIN, F.H.N., LESSA, R.P.T. & CHAMMAS, M. 1994. First observations on stomach contents of the blue shark, *Prinace glauca*, from southwestern equatorial Atlantic. *Rev. Bras. Biol.* 54(2):195-198.

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>

IBÁÑEZ, C.M., GONZÁLEZ, C. & CUBILLOS, L. 2004. Dieta del pez espada *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758, en aguas oceánicas de Chile central en invierno de 2003. *Invest. Mar.* 32(2):113-120.

- LETELIER, S., MELÉNDEZ, R., CARREÑO, S., LOPEZ, S. & BARRIA, P. 2009. Alimentación y relaciones tróficas del pez espada (*Xiphias gladius* Linnaeus, 1758), frente a Chile centro-norte durante 2005. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 37(1):107-119.
- LIMING, S., LIUXIONG, X. & XINJUN, C. 2005. Preliminary analysis of the biological characteristics of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) sampled from china tuna longlining fleet in Central Atlantic Ocean. *Col. Vol. Scient. Pap. ICCAT.* 58(1):292-296.
- MAGNUSON, J.J. & HEITZ, J.G. 1971. Gill raker apparatus and food selectivity among mackerels, tunas, and dolphins. *Fish. Bull.* 69(2):361-370.
- MAIA, A., QUEIROZ, N., CORREIRA, J. & CABRAL, H. 2006. Food habits of the shortfin mako, *Isurus oxyrinchus*, off the southern coast of Portugal. *Environ. Biol. Fishes.* 77:157-167.
- MARSAC, F. & POTIER, M. 2001. On-going research activities on trophic ecology of swordfish (*Xiphias gladius*) in the Western Indian Ocean. *IOTC Proceedings.* 4:155-163.
- MELLO, R.M. 1992. Análise dos conteúdos estomacais, intensidade de alimentação, idade e crescimento do espadarte *Xiphias gladius* (Xiphioidei: Xiphiidae), no Sul do Brasil. Dissertação de mestrado, Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande.
- MENEZES, N.A. & FIGUEIREDO, J.L. 1980. Manual de peixes marinhos do Sudeste do Brasil. IV. Teleostei (3). Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo. PMCid:288529.
- MENEZES, N.A. & FIGUEIREDO, J.L. 1985. Manual de peixes marinhos do Sudeste do Brasil. V. Teleostei (4). Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- NAKAMURA, I. 1985. Billfishes of the world: an annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfishes, spearfishes and swordfishes know to date. *FAO Fish. Synop.* 125(5):1-65.
- NESIS, K. 1987. Cephalopods of the world. Squids, cuttlefishes, octopuses and allies. T.F.H. Publications Inc. Ltd., Neptune City.
- PALCO, B.J., BEARDSLEY, G.L. & RICHARDS, W.J. 1981. Synopsis of the biology of the swordfish, *Xiphias gladius* Linnaeus. *FAO Fish. Synop.* 127:1-21.
- PELCZARSKI, W. 1988. Examination of food of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and bigeye tuna (*T. obesus*) from open waters of the Central Atlantic. *Col. Vol. Scient. Pap. ICCAT.* 28:58-73.
- PERRIN, W.F., WARNER, R.R., FISCUS, C.H. & HOLTS, D.B. 1973. Stomach contents of porpoise, *Stenella* spp., and yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in mixed-species aggregations. *Fish. Bull.* 71(4):1077-1092.
- PIKITCH E.K., CHAPMAN, D.D., BABCOCK, E.A. & SHIVJI, M.S. 2005. Habitat use and demographic population structure of elasmobranchs at a Caribbean atoll (Glover's Reef, Belize). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 302:187-197. <http://dx.doi.org/10.3354/meps302187>
- PINKAS, L., OLIPHANT, M.S. & IVERSON, I.L.K. 1971. Food habitats of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. *Fish. Bull.* 152:1-139.
- POLO-SILVA, C., BAIGORRÍ-SANTACRUZ, Á., GALVAN-MAGAÑA, F., GRIJALBA-BENDECK, M. & SANJUAN-MUÑOZ, A. 2007. Hábitos alimentarios del tiburón zorro *Alopias superciliosus* (Lowe, 1839), en el Pacífico ecuatorial. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 42(1):59-69. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572007000100007>
- POTIER, M., MARSAC, F., CHEREL, Y., LUCAS, V., SABATIÉ, R., MAURY, O. & MÉNARD, F. 2007. Forage fauna in the diet of three large pelagic fishes (lancetfish, swordfish and yellowfin tuna) in the western equatorial Indian Ocean. *Fish. Res.* 83:60-72. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fishres.2006.08.020>
- PRETI, A., KOHIN, S., DEWAR, H. & RAMON, D.A. 2008. Feeding habits of the bigeye thresher shark (*Alopias superciliosus*) sampled from the California based drift gillnet fishery. *Cal. Co. Fi. Rep.* 49:202-211.
- RELINI, O., GARIBALDI, L.F., CIMA, C. & PALANDRI, G. 1995. Feeding of the swordfish, the bluefin and another pelagic nekton in the western Liguria Sea. *Col. Vol. Scient. Pap. ICCAT.* 44(1):283-286.
- SABATIÉ, R., POTIER, M., BROUDIN, C., SERET, B., MÉNARD, F. & MARSAC, F. 2003. Preliminary analysis of some pelagic fish diet in the Eastern Central Atlantic. *Col. Vol. Scient. Pap. ICCAT.* 55(1):292-302.
- SATOH, K., YOKAWA, K., SAITO, H., MATSUNAGA, H., OKAMOTO, H. & UOZUMI, Y. 2004. Preliminary stomach contents analysis of pelagic fish collected by Shoyo-Maru 2002 research cruise in the Atlantic Ocean. *Col. Vol. Scient. Pap. ICCAT.* 53(3):1096-1114.
- SCHOENER, T.W. 1974. Resource partitioning in ecological communities. *Science.* 185:27-39. <http://dx.doi.org/10.1126/science.185.4145.27>
- SIMÕES, P.R. & ANDRADE, J.P. 2000. Feeding dynamics of swordfish (*Xiphias gladius*) in Azores area. *Col. Vol. Scient. Pap. ICCAT.* 51(5):1642-1656.
- STILLWELL, C.E. & KOHLER, N. 1982. Food, feeding habits, and estimates of daily ration of the shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*) in the Northwest Atlantic. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39:407-414. <http://dx.doi.org/10.1139/f82-058>
- STILLWELL, C.E. & KOHLER, N. 1985. Food and feeding ecology of the swordfish *Xiphias gladius* in the western North Atlantic Ocean with estimates of daily ration. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 22:239-247. <http://dx.doi.org/10.3354/meps022239>
- TAKAHASHI, M., OKAMURA, H., YOKAWA, K. & OKAZAKI, M. 2003. Swimming behaviour and migration of a swordfish recorded by an archival tag. *Mar. Freshwater Res.* 54(4):527-534. <http://dx.doi.org/10.1071/MF01245>
- VASKE-JÚNIOR, T. 2000. Relações tróficas dos grandes peixes pelágicos da região Equatorial Sudoeste do Oceano Atlântico. Tese de doutorado, Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande.
- VASKE-JÚNIOR, T. & CASTELLO, J.P. 1998. Conteúdo estomacal da albacora de laje, *Thunnus albacares*, durante o inverno e primavera no Sul do Brasil. *Rev. Bras. Biol.* 58(4):639-647.
- VASKE-JÚNIOR, T. & RINCÓN-FILHO, G. 1998. Conteúdo estomacal dos tubarões azul (*Prionace glauca*) e aequim (*Isurus oxyrinchus*) em águas oceânicas no Sul do Brasil. *Rev. Bras. Biol.* 58(3):443-450. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-71081998000300009>
- VASKE-JÚNIOR, T., VOOREN, C.M. & LESSA, R.P. 2003. Feeding strategy of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*), and wahoo (*Acanthocybium solandri*) in Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil. *Bol. Inst. Pesca.* 29(2):173-181.
- ZAVALA-CAMIN, L.A. 1978. Contribuição para o conhecimento das espécies brasileiras da família Scombridae (Osteichthyes, Perciformes). Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- ZAVALA-CAMIN, L.A. 1981. Hábitos alimentares e distribuição dos atuns e afins (Osteichthyes – Teleostei) e suas relações ecológicas com outras espécies pelágicas das regiões Sudeste e Sul do Brasil. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- ZAVALA-CAMIN, L.A. 1982. Distribuição vertical e estacional de tunidos y otras espécies pelágicas en el Sudeste y Sur del Brasil, obtenida por medio de analysis de contenido estomacal. *Col. Vol. Scient. Pap. ICCAT.* 17(2):439-443.
- ZAVALA-CAMIN, L.A. 1987. Ocorrência de peixes, cefalópodes e crustáceos em estômagos de atuns e espécies afins, capturados com espinhel no Brasil (23°S-34°S) 1972-1985. *Bol. Inst. Pesca.* 14:93-102.

Received 17/05/2011

Revised 19/10/2012

Accepted 23/01/2013

## Orchid Bees of forest fragments in Southwestern Amazonia

Danielle Storck-Tonon<sup>1,4</sup>, Elder Ferreira Morato<sup>2</sup>,

Antonio Willian Flores de Melo<sup>3</sup> & Marcio Luiz de Oliveira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Coordenação de Pesquisas em Entomologia, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, CP 478, CEP 69011-970, Manaus, AM, Brasil

<sup>2,3</sup>Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre, CEP 69920-900, Rio Branco, AC, Brasil

<sup>4</sup>Corresponding author: Danielle Storck-Tonon, e-mail: danistorck@yahoo.com.br

STORCK-TONON, D., MORATO, E.F., MELO, A.W.F. & OLIVEIRA, M.L. **Orchid Bees of forest fragments in Southwestern Amazonia**. *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?article+bn03413012013>

**Abstract:** Bees of the tribe Euglossini are known as orchid-bees. In general, areas with more vegetation cover have greater abundance and diversity of these bees. This study investigated the effects of forest fragmentation on assemblages of the euglossine bees in the region of Rio Branco municipality, State of Acre, and surrounding areas. Ten forest fragments with varying sizes were selected for the study and were classified as urban or rural. The bees were sampled between December 2005 and August 2006. A total of 3,675 bees in 36 species and 4 genera were collected. In general abundance and richness of bees did not differ statistically between urban and rural fragments. The index of edge in fragments was a predictor of richness and diversity of bees. The connectivity estimated was also an adequate predictor for richness. Fragments with greater similarity in relation to their landscape structure were also more similar in relation to faunal composition.

**Keywords:** *Euglossini, conservation, diversity, Acre State.*

STORCK-TONON, D., MORATO, E.F., MELO, A.W.F. & OLIVEIRA, M.L. **Abelhas das orquídeas de fragmentos florestais na Amazônia Sul-Occidental**. *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?article+bn03413012013>

**Resumo:** As abelhas pertencentes à tribo Euglossini são conhecidas como abelhas das orquídeas. Em geral, áreas com maior cobertura de vegetação apresentam maior abundância e diversidade dessas abelhas. Esse estudo investigou os efeitos da fragmentação florestal sobre as assembleias de abelhas Euglossini na região do município de Rio Branco, Acre e arredores. Os fragmentos florestais com tamanhos variados foram selecionados para a área de estudo e classificados como urbanos e rurais. As abelhas foram coletadas entre dezembro de 2005 e agosto de 2006. Um total de 3.675 machos pertencentes a quatro gêneros e 36 espécies foi coletado. De modo geral, abundância e riqueza de Euglossini não foram estatisticamente diferentes entre fragmentos urbanos e rurais. O índice de borda do fragmento foi preditor de riqueza e diversidade das abelhas. A conectividade estimada também foi preditora da riqueza. Fragmentos com maior similaridade em relação à estrutura paisagística foram também mais similares em relação à composição faunística.

**Palavras-chave:** *Euglossini, conservação, diversidade, Estado do Acre.*



## Introduction

Deforestation in the state of Acre has continually increased in the last decades, resulting in forest fragmentation (Salimon & Brown 2000). One of the main consequences of forest fragmentation is edge effects and these effects are responsible for biotic and abiotic alterations in the ecosystem (Lovejoy et al. 1986, Murcia 1995, Kapos et al. 1997, Nascimento & Laurance 2006). According to Kapos et al. (1997) and Turton & Freiburger (1997), the effects on the microclimate are limited to between 15 and 60 m of edge. However, for the biota, the effects can reach longer distances (Lovejoy et al. 1986, Laurance & Bierregaard Junior 1997).

The connectivity between fragments does not depend exclusively on the distance between them, but also on the existence of corridors that facilitate movement of species and the resistance level of the matrix, that also hinders this movement (Rosenberg et al. 1986).

Insects are highly susceptible to forest fragmentation effects (Didham et al. 1996). For this reason, many researchers are using this group as bioindicators of preserved and disturbed areas (Rosenberg et al. 1986, Davies & Margules 1998, Davis 2000).

Euglossine bees are commonly known as orchid bees, encompassing slightly over 200 described species distributed into five genera (Dressler 1982, Nemésio & Rasmussen 2011). According to Roubik (1989), Euglossine males and females pollinate and collect food from at least 23 botanical families. The males also visit flowers from other families, especially Orchidaceae, from which they collect fragrance substances. Thus, the Euglossine play a very important role in seed production and maintenance of reproductive isolation and genetic variability of botanical populations (Roubik & Hanson 2004).

Generally, areas with more forest cover have more abundance and diversity of Euglossini (Dressler 1982, Roubik 1989). For this reason, these bees are considered as bioindicators with respect to the conservation status of the respective area (Morato 1994).

Due to the ecological importance of the euglossine bees the effects of forest cover loss in fragmented landscapes upon their assemblages is of utmost relevance. These studies may provide subsidies for the management and biology of native and cultivated botanical species of economic potential and that are pollinated by these bees. The objective of this work was to investigate the effects of forest fragmentation and of loss of vegetative cover on Euglossine bees' assemblages in the region of Rio Branco, Acre, Brazil.

## Materials and Methods

### 1. Study areas

The state of Acre is located in the extreme west of the northern region of Brazil. It is comprised of an area of 164,221.36 Km<sup>2</sup>,

approximately 4% of the Amazon Region and 1.9% of the Brazilian area (Acre 2006). The annual average temperature varies between 22° and 24 °C and the annual total average precipitation varies between 1,600 and 2,750 mm, January being the rainiest month and July the driest (Duarte 2005). Open Rain Forest, bamboos, palm trees and dense forest predominate in the region (Silveira 2005, Acre 2006).

Sampling was done in ten forest fragments located in the municipality of Rio Branco and surrounding areas, in the state of Acre. These fragments were characterized according to their location as urban forest or rural forest (Table 1). Fragment sizes varied from 60 to 3,665 ha and the shortest and longest distance between sampling points were 2 km and 48 km, respectively.

### 2. Sampling

Sampling was performed during the moist season (of greater activity for most species) and extended to the dry season, during the months of December 2005 to September 2006, similarly to the sampling procedure used in the Amazon state by Morato (1994). Sampling efforts were approximately 36 hours in each fragment. The bees were attracted by use of six odoriferous substances: vanillin, cineol (eucalyptol), eugenol, methyl salicylate, benzyl acetate and skatole (Oliveira & Campos 1996).

In each fragment three sampling points were selected and that were 300 m distant from each other. At points 1 and 3, sets of six traps consisting of 500 mL mineral water bottles were placed. At point 2 sets with six odoriferous baits made of cotton swabs were placed and the collection were made with entomological nets. At the three points, the traps or baits were tied with a nylon thread, at 1 m distance from each other and at approximately 1.5 m height from the ground surface.

In each fragment, 6 collection were made with entomological nets in the period of 7:00 AM to 1:00 PM, interval of greater activity of these bees in tropical forests (Dodson et al. 1969). In each fragment, the traps were set up in the first day of sampling and removed in the last, remaining in place during the 6 days of collection and being re-charged with the odoriferous substances daily. Bees were killed with ethyl acetate and deposited at the Collection of the Universidade Federal do Acre (UFAC).

### 3. Geoprocessing

The fragments polygons were mapped by use of CBERS images from 2005 and the sites were GPS (Global Positioning System) referenced. The distances between fragments were estimated by imagery analysis by ArcGis 9.0 Software. Areas (ha) and perimeters (Km) of the fragments were estimated by their respective polygons.

In this study, edge was analyzed through an index, which by definition is the relation between the perimeter and the area of each

**Table 1.** Location and classification of the forest fragments sampled in the municipality of Rio Branco and surroundings, Acre.

Site	Site code	Classification	Coordinates
Humaitá Reserve	HUM	Rural	9° 45' 17" S and 67° 40' 15" W
Catuaba Experimental Farm	CAT	Rural	10° 4' 40" S and 67° 37' 35" W
Forestry School	ESF	Rural	9° 59' 58" S and 67° 59' 14" W
Bujari Private Area	BUJ	Rural	9° 49' 02" S and 67° 58' 18" W
Pro-Indian Commission of Acre Area	CPI	Rural	10° 00' 29" S and 67° 54' 6" W
Zoobotanical Park	PZ	Urban	9° 57' 21" S and 67° 52' 22" W
Military Circle	CML	Urban	9° 57' 24" S and 67° 48' 16" W
Horto Florestal	HOR	Urban	9° 56' 41" S and 67° 49' 45" W
Chico Mendes Park	PCM	Urban	10° 02' 8" S and 67° 47' 44" W
Environmental Protection Area of Amapá	APA	Urban	10° 1' 29" S and 67° 48' 33" W
Urban Center of Rio Branco	CURB	Urban	9° 58' 19" S and 67° 48' 27" W

fragment. Connectivity was defined as the inverse of the average distance between the sampled fragment edge and the edge closest to all existing surrounding fragments within an up to 5 km radius.

#### 4. Data analysis

Correlations were calculated by Pearson ( $r$ ) coefficient and simple linear regressions (Sokal & Rohlf 1995). Diversity indices of Shannon-Wiener ( $H'$ ) and of individual dominance of Berger-Parker (Magurran 1988) were calculated for all fragments studied.

The similarity between fragments in relation to the Euglossine fauna and the landscape structure of the fragments was calculated through the Bray-Curtis index (Beals 1984, Ludwig & Reynolds 1988). In the latter, a data matrix standardized by the standard deviation of the variables was used. The matrix generated by Bray-Curtis index as related to the faunistic composition was also correlated with a similarity matrix generated by the qualitative index of Jaccard (Pielou 1984).

The faunistic similarity and landscape structural matrices between the areas were correlated with the matrix of the spatial distance between them. The significance of the coefficients of these correlations was tested by Mantel permutation test (Sokal & Rohlf 1995). One thousand permutations were used for the calculation of  $Z$ , as recommended in Fortin & Gurevitch (1993).

Based on their faunistic similarity and landscape structural matrices, forest fragments were grouped in dendrograms by the UPGMA method (Pielou 1984, Ludwig & Reynolds 1988).

By definition, landscape structural similarity is the similarity between the fragments in relation to area size, perimeter, edge index, connectivity, standard deviation of the connectivity and number of surrounding fragments and the quantity of forest cover existing within the radius of up to 5 km from the sample collection point.

In this work, species that presented more than 11 individuals were considered as common species.

Partial correlations of first order were calculated between the faunistic similarity, the structural similarity and the spatial distance between the fragments (Sokal & Rohlf 1995). This procedure was performed to verify the influence of a variable on the correlation between two others.

## Results

In this study 3,675 euglossine males belonging to 4 genera and 36 species were collected (Table 2). *Eulaema cingulata* (Fabricius) (24.6%), *Eulaema meriana* (Olivier) (14.6%), *Euglossa amazonica* Dressler (10.5%), *Eulaema nigririta* Lepeletier (9.7%), *Eulaema pseudocingulata* (Oliveira) (7.2%) e *Euglossa modestior* Dressler (6%) were the most abundant and were present in all fragments. The richness and abundance of euglossine males in the sampling areas correlated significantly ( $r = 0.78$ ;  $p = 0.005$ ;  $df = 9$ ). The more abundant species occurred in a greater number of fragments.

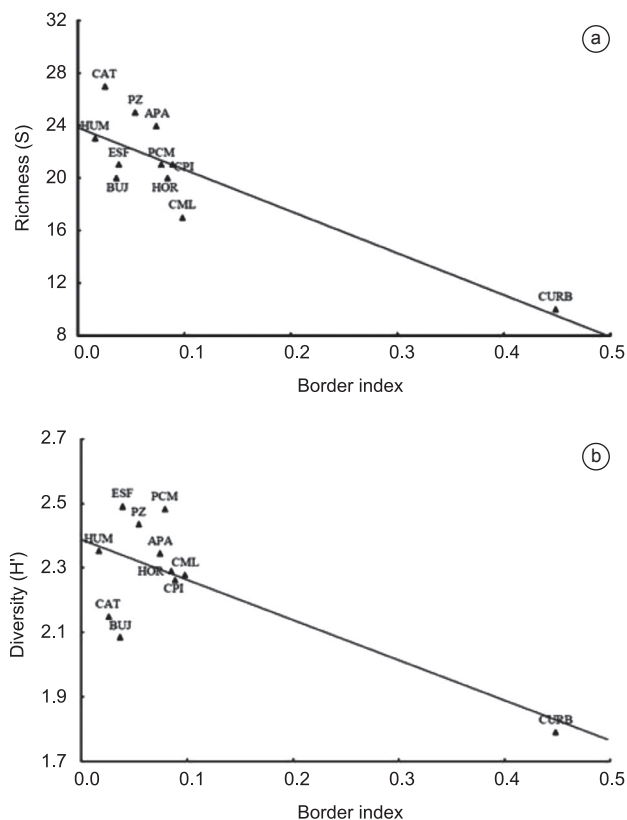
From the total number of individuals, 1,945 (52.9%) were collected in urban fragments and 1,730 (47%) in rural fragments. Approximately 51.4% of the individuals belonging to the genus *Eulaema* Lepeletier and 42.4% of those from *Exaerete* Hoffmannsegg were collected from rural fragments whereas 62.3% of *Euglossa* Latreille and 63.1% of *Eufriesea* Cockerell came from urban fragments. Among the most abundant species *Eufriesea surinamensis* (Linnaeus) and *Euglossa prasina* Dressler occurred exclusively in the urban fragments (Table 2). There was no significant difference in richness between the urban and rural fragments.

The data referring to the fragments' area, perimeter, edge, connectivity, connectivity standard deviation, number of surrounding fragments, as well as the abundance, richness, diversity and dominance

of euglossine bees are presented in Table 3. The correlations between landscape variables with richness, abundance and diversity are presented in Table 4. Significant correlations were obtained between richness and edge index ( $r = -0.85$ ;  $p = 0.001$ ;  $df = 9$ ) (Figure 1a) and diversity and edge index ( $r = -0.74$ ;  $p = 0.009$ ;  $df = 9$ ) (Figure 1b).

None of the most abundant species correlated positively with the fragments' edge index. Fragment perimeter correlated with abundances of *Euglossa despecta* Moure ( $r = 0.62$ ;  $p = 0.04$ ), *Euglossa cognata* Moure ( $r = 0.89$ ;  $p = 0.00$ ), *Eulaema mocsaryi* (Friese) ( $r = 0.61$ ;  $p = 0.04$ ) and *Exaerete frontalis* (Guérin-Méneville) ( $r = 0.911$ ;  $p = 0.00$ ). Fragment area correlated with abundance of *Euglossa despecta* ( $r = 0.76$ ;  $p = 0.06$ ), *Euglossa cognata* ( $r = 0.84$ ;  $p = 0.00$ ), and *Exaerete frontalis* ( $r = 0.91$ ;  $p = 0.00$ ). Connectivity was correlated with abundance of *Euglossa bidentata* Dressler ( $r = 0.85$ ;  $p = 0.00$ ), *Euglossa imperialis* Cockerell ( $r = 0.68$ ;  $p = 0.01$ ), *E. cingulata* ( $r = 0.76$ ;  $p = 0.02$ ), *E. mocsaryi* ( $r = 0.62$ ;  $p = 0.04$ ) and *Exaerete smaragdina* (Guérin-Méneville) ( $r = 0.91$ ;  $p = 0.00$ ). *Euglossa allosticta* Moure was the only species that correlated positively with the number of surrounding fragments ( $r = 0.74$ ;  $p = 0.00$ ).

The Catuaba Experimental Farm, Zoobotanical Park, Amapá's Area of Environmental Protection and Humaitá Reserve were the fragments that presented the greatest richness (Table 3). Catuaba Experimental Farm, Amapá's Area of Environmental Protection,



**Figure 1.** (a) Relation between Euglossine richness (S) and fragment borders in Southwest Amazonia ( $y = -31.92x + 23.85$ ;  $p = 0.001$ ;  $r^2 = 0.73$ ). (b) Relation between Euglossine diversity ( $H'$ ) and fragment border index of the southwest Amazonia ( $y = -1.25x + 2.39$ ;  $p = 0.009$ ;  $r^2 = 0.54$ ). HUM = Humaitá Reserve; CAT = Catuaba Experimental Farm; ESF = Forestry School; BUJ = Bujari Private Area; CPI = Pro-Indian Commission of Acre Area; PZ = Zoobotanical Park; CML = Military Circle; HOR = Horto Florestal; PCM = Chico Mendes Park; APA = Environmental Protection Area of Amapá and CURB = Urban Center of Rio Branco.

**Table 2.** Abundance and richness of Euglossine bees in forest fragments in the Southwest Amazonia. R = Rural; U = Urban; HUM = Humaitá Reserve; CAT = Catuaba Experimental Farm; ESF = Forestry School; BUJ = Bujari Private Area; CPI = Pro-Indian Commission of Acre Area; PZ = Zoobotanical Park; CML = Military Circle; HOR = Horto Florestal; PCM = Chico Mendes Park; APA = Environmental Protection Area of Amapá and CURB = Urban Center of Rio Branco.

Species	HUM (R)	CAT (R)	ESF (R)	BUJ (R)	CPI (R)	Total (R)	PZ (U)	CML (U)	HOR (U)	PCM (U)	APA (U)	CURB (U)	Total (U)	TOTAL
<i>Eufriesea flaviventris</i> (Friese, 1899)							2	3	1	2			8	8
<i>Eufriesea ornata</i> (Mocsáry, 1896)	1	1				2								2
<i>Eufriesea pulchra</i> (Smith, 1854)	1	2	2	1	1	7	1				1		2	9
<i>Eufriesea superba</i> (Hoffmannsegg, 1817)		5				5	1		2				3	8
<i>Eufriesea surinamensis</i> (Linnaeus, 1758)							4	4	1	2			11	11
<i>Euglossa allosticta</i> Moure, 1969	1	1	10	1	6	19	7	7	13		4	1	32	51
<i>Euglossa amazonica</i> Dressler, 1982	12	34	38	22	48	154	26	10	14	17	162	3	232	386
<i>Euglossa analis</i> Westwood, 1840							1						1	1
<i>Euglossa augaspis</i> Dressler, 1982	6	6	2	1	6	21		1	2	9	9	2	23	44
<i>Euglossa avicula</i> Dressler, 1982		2				2								2
<i>Euglossa bidentata</i> Dressler, 1982	5	18	3	1	2	29	3			1	2		6	35
<i>Euglossa cognata</i> Moure, 1970	9	4	6	3	1	23	4	1		3	1		9	32
<i>Euglossa crassipunctata</i> Moure, 1968	1					1								1
<i>Euglossa despecta</i> Moure, 1968	9	1		4	3	17			1	3	2		6	23
<i>Euglossa gatanii</i> Dressler, 1982							1						1	1
<i>Euglossa ignita</i> Smith, 1874	4	11	7	6	11	39	16	5	4	25	85		135	174
<i>Euglossa imperialis</i> Cockerell, 1922	1	25	1	1	1	29	2			2	11		15	44
<i>Euglossa intersecta</i> Latreille, 1838		2				3								3
<i>Euglossa iopyrrha</i> Dressler, 1982	1					1								1
<i>Euglossa magnipes</i> Dressler, 1982													3	4
<i>Euglossa mixta</i> Friese, 1899	3	20	7	5	6	41	29		3	11	2		45	86
<i>Euglossa modestior</i> Dressler, 1982	13	5	4	5	11	38	13	45	19	47	49	12	185	223
<i>Euglossa mourei</i> Dressler, 1982	9	17	14	6	8	54	17	11	18	6	28		80	134
<i>Euglossa orellana</i> Roubik, 2004		6			1	7					6		6	13
<i>Euglossa prasina</i> Dressler, 1982							1		1		11		13	13
<i>Euglossa securigera</i> Dressler, 1982	1			1		2		1	1			2	2	4
<i>Eulaema bombiformis</i> (Packard, 1869)		4	5	7	7	23	4	2	2	2	5	15	15	38
<i>Eulaema cingulata</i> (Fabricius, 1804)	84	303	40	107	102	636	95	36	28	11	88	9	267	903
<i>Eulaema meriana</i> (Olivier, 1789)	27	71	45	46	59	248	85	44	41	33	68	19	290	538
<i>Eulaema mocsaryi</i> (Friese, 1899)	13	15	5	7	10	50	13	6	0	2	8	1	30	80
<i>Eulaema nigrita</i> Lepeletier, 1841	4	29	14	11	32	90	69	42	81	21	22	32	267	357
<i>Eulaema pseudocingulata</i> Oliveira, 2006	3	13	8	34	17	75	63	41	37	13	25	11	190	265
<i>Exaerete dentata</i> (Linnaeus, 1758)							0			1			1	1
<i>Exaerete frontalis</i> (Guérin, 1844)	9	7	2			18	1	1	1	1	1	1	5	23
<i>Exaerete lepeletieri</i> Oliveira & Nemésio, 2003	1	7	5		1	14	10	6	6		4		20	34
<i>Exaerete smaragdina</i> (Guérin, 1844)	5	55	5	8	8	81	12	9	8	4	9	42	42	123
Abundance	223	665	224	277	341	1,730	480	268	284	216	606	91	1,945	3,675
Richness	23	27	21	20	21	30	25	17	20	21	24	10	31	36

**Table 3.** Structural characteristics, richness and abundance of Euglossine bees in forest fragments of Southwest Amazonia.

Collection Location	Perimeter (Km)	Area (ha)	Edge Index	Connectivity (Km)	Connectivity Standard Deviation (Km)	Number of surrounding fragments	Richness (S)	Abundance (N)	Dominance (D)	Diversity (H')
Humaitá Reserve	58.55	3,665	0.02	0.54	864.56	8	23	223	0.38	2.35
Catuaba Experimental Farm	32.76	1,281	0.03	1.09	683.73	12	27	665	0.46	2.15
Forestry School	27.33	698	0.04	0.76	905.68	15	21	224	0.20	2.49
Bujari Private Area	10.67	290	0.04	0.46	126.98	9	20	277	0.39	2.08
Pro-Indian Commission of Acre Area	6.13	69	0.09	0.47	118.94	14	21	341	0.30	2.26
Zoobotanical Park	11.95	221	0.05	0.64	1216.61	12	25	480	0.20	2.44
Military circle	11.70	119	0.10	0.63	1155.34	8	17	268	0.17	2.28
Horto Florestal	5.15	61	0.08	0.43	1257.14	19	20	284	0.29	2.29
Chico Mendes Park	5.17	65	0.08	0.40	1334.27	9	21	216	0.22	2.48
Environmental Protection Area of Amapá	8.90	120	0.07	0.41	1035.14	12	24	606	0.27	2.35
Urban Center of Rio Branco	0.37	0.83	0.45	0.30	1232.02	12	10	91	0.35	1.79

**Table 4.** Relation between landscape variables from the forest fragments in Southwest Amazonia and Euglossine richness, abundance and diversity.

Predicting variable	Predicted variable	r	p	g.l.
Area	Richness	0.34	0.307	9
	Abundance	-0.01	0.963	9
	Diversity	0.14	0.68	9
Perimeter	Richness	0.46	0.155	9
	Abundance	0.1	0.757	9
	Diversity	0.25	0.45	9
Edge index	Richness	-0.85	0.001	9
	Abundance	-0.47	0.145	9
	Diversity	-0.74	0.009	9
Connectivity	Richness	0.57	0.061	9
	Abundance	0.54	0.08	9
	Diversity	0.19	0.568	9
Number of surrounding fragments	Richness	0.02	0.944	9
	Abundance	0.09	0.779	9
	Diversity	0.05	0.877	9

Zoobotanical Park and Pro-Indian Commission of Acre Area possessed the greatest abundance of euglossine males. The greatest dominance was verified for Catuaba Experimental Farm, Bujari Private Area, Humaitá Reserve and the Urban Center of Rio Branco. The lowest species diversity was verified for the Urban Center of Rio Branco, when compared with the other fragments (Table 3).

The urban fragments presented the greatest average landscape structural similarity among themselves (81.5%) when compared with the rural fragments (72.5%). The average similarity between all fragments was 75.1%. Among the urban fragments, Chico Mendes Park and Environmental Protection Area of Amapá were the most similar (92.4%) and the most different were those of Environmental Protection Area of Amapá and Urban Center of Rio Branco (72.8%). Among the rural fragments, the most similar were the Forestry School

and Catuaba Experimental Farm (86.9%) and the least similar were the Pro-Indian Commission of Acre Area and Catuaba Experimental Farm (63.4%). Considering all fragments, Chico Mendes Park and Bujari Private Area were the most similar (93.8%) and the most different were Humaitá Reserve and Urban Center (52.9%). The formation of two groups as related to the landscape structure of the fragments is depicted by a dendrogram (Figure 2a).

In relation to faunistic similarity, the rural fragments presented greater average similarity among themselves (61.9%) than the urban (51.7%). The average similarity between all fragments was 50.5%. The fragments with most similarity with respect to euglossine male composition were Pro-Indian Commission of Acre Area and Bujari Private Area (81.2%) and the least similar were Urban Center of Rio Branco and Catuaba Experimental Farm (21.4%).

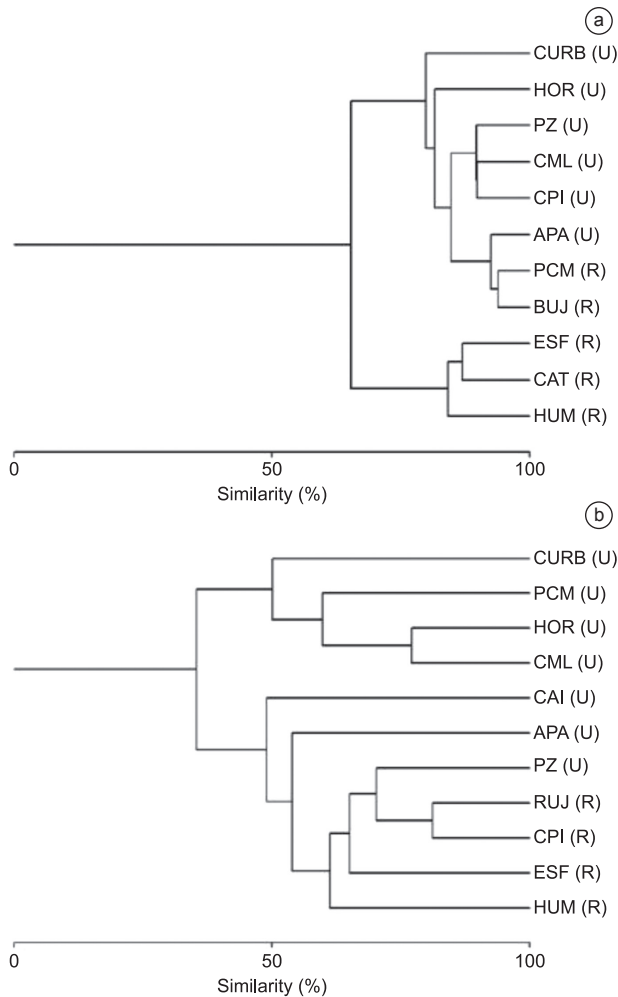
Similarity between fragments as related to composition of euglossine is depicted by a dendrogram (Figure 2b). There was a point formation within two main groups. One of these groups was composed solely by urban fragments, and the Urban Center of Rio Branco was the one that differed most. The other group was composed by the rural fragments and by the urban Zoobotanical Park and Environmental Protection Area of Amapá. Within this group, Catuaba Experimental Farm and Environmental Protection Area of Amapá fragments were the most different.

The structural landscape similarity of the fragments was positively correlated with the faunistic similarity ( $r = 0.41$ ;  $t_{Mantel} = 2.29$ ;  $p = 0.002$ ;  $df = 53$ ) (Figure 3).

There was a correlation between Jaccard qualitative similarity index and the Bray-Curtis quantitative similarity index ( $r = 0.63$ ;  $p = 0.000$ ;  $df = 53$ ) but there was no correlation between spatial distance of the fragments and faunistic similarity index ( $r = -0.07$ ;  $t_{Mantel} = -0.21$ ;  $p = 0.573$ ;  $g.l = 53$ ).

The partial correlation between faunistic similarity and distance maintaining the fragments structure constant was not significant ( $r_{distance \times faunistic \ similarity, \ structure} = 0.04$ ;  $t = 0.34$ ;  $p = 0.73$ ;  $df = 52$ ). There was a partial significant correlation between faunistic similarity and structure that maintained constant distance ( $r_{structure \times faunistic \ similarity, \ distance} = 0.41$ ;  $t = 3.32$ ;  $p = 0.00$ ;  $df = 52$ ).





**Figure 2.** (a) Similarity dendrogram between forest fragments of Southwest Amazonia as related to the landscape structure. (b) Similarity dendrogram between the collection points as related to composition of Euglossine males. R = Rural; U = Urban; HUM = Humaitá Reserve; CAT = Catuaba Experimental Farm; ESF = Forestry School; BUJ = Bujari Private Area; CPI = Pro-Indian Commission of Acre Area; PZ = Zoobotanical Park; CML = Military Circle; HOR = Horto Florestal; PCM = Chico Mendes Park; APA = Environmental Protection Area of Amapá and CURB = Urban Center of Rio Branco.

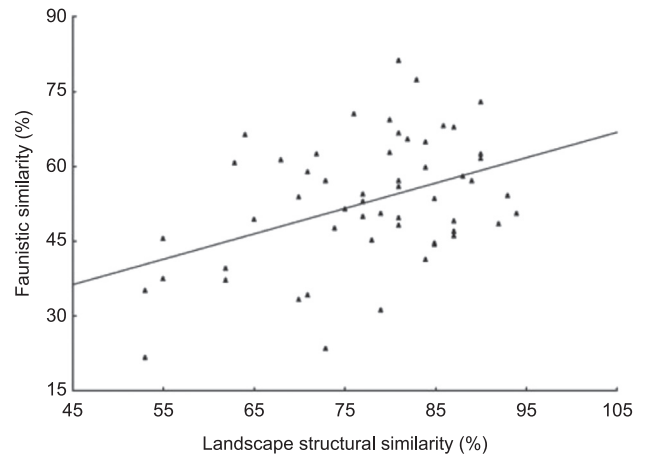
## Discussion

The fragments that presented greater abundance of euglossine males also presented the greatest richness. Becker et al. (1991) and Morato (1994) also determined greater richness at the sampling sites where abundance was greatest.

The most abundant species were amply distributed within the region, and were present in nearly all fragments. Thus, communities of euglossine bees in the region are not characterized by abundant and dominant species for a locality. According to Hanski (1982) species that present ample regional distribution are less subject to extinction.

The greatest abundance and richness of euglossine were recorded for the urban fragments. Zanette et al. (2005) determined greater richness of bees and wasps in urban ecosystems in the state of Minas Gerais. According to Saure (1996) these fragments may serve as shelter, centers for dispersion, stepping stones and green islands for rare species.

Most of the species belonging to the genera *Euglossa* and *Eufriesea* were collected from the urban fragments. Furthermore,



**Figure 3.** Relation between landscape structural similarity (%) and faunistic similarity (%) of Euglossine in forest fragments in southwest Amazonia ( $y = 0.50x + 13.41$ ;  $p = 0.00$ ;  $r^2 = 0.17$ ). Each point represents one pair of compared areas.

the presence of five species exclusively in these fragments, among them *Exaerete dentata* (Linnaeus) that had not yet been recorded in the region, are evidence of the importance of these areas for the maintenance of these bees communities.

Parra-H & Nates-Parra (2007) studied the variation in communities of Euglossini in urban, rural, and conservation environments and considered *Eulaema bombiformis* (Packard) and *E. frontalis* to be associated with very conserved areas, a result that was similar to the one obtained in the present study.

The hypothesis tested herein that areas or fragments of larger size possess greater abundance and richness of euglossine bees was not corroborated. Generally, the size of the fragments was not an adequate predictor of abundance and richness of Euglossini. However, the Catuaba Experimental Farm, the second largest fragment, presented greater abundance and richness of these bees and the Urban Center of Rio Branco, the smallest area fragment, presented the lowest abundance and richness. Other studies have also demonstrated that the fragment size has no influence on abundance and richness of Euglossini (Peruquetti et al 1999, Tonhasca Junior et al. 2002, Nemésio & Silveira 2010). In contrast, Brosi (2011) found that Euglossini abundance and richness was significantly positively related to fragment area in southern Costa Rica. Nemésio & Silveira (2007), in Southeastern Brazil, verified that abundance of orchid bees tend to increase with fragment size, although no correlation between species richness and fragment size was obtained.

Becker et al (1991) sampled the same area as Powell & Powell (1987), and did not determine the existence of a relation between fragment size and abundance and richness of Euglossini. However, they registered the presence of *Eufriesea pulchra* (Smith), *E. amazonica*, *E. modestior* and *E. mocsaryi* exclusively in small fragments (1 and 10 ha). Conversely, however, this study registered the presence of *E. pulchra* in fragments of larger area, *E. mocsaryi* was only absent in the Horto Florestal and *E. amazonica* and *E. modestior* were collected in all fragments.

In the present study, as observed in those by Becker et al. (1991) and Powell & Powell (1987), *Euglossa intersepta* (Latreille), *Euglossa crassipunctata* Moure, *Euglossa iopyrrha* Dressler, *E. meriana* e *E. frontalis* were present in the larger size fragments.

Peruquetti et al (1999) recorded greater richness of Euglossini in smaller fragments in the Atlantic Forest, and inferred that the results

may be explained by the model of disturbance gradients in which the environments with intermediate rates of disturbance present greater richness of species as also inferred by others (White & Pickett 1985, Pickett & White 1985).

Báldi (2008) detected greater heterogeneity of habitats in smaller areas and determined that the richness of different groups of arthropods is more influenced by the heterogeneity of habitats than the size of the area.

The Humaitá Reserve, fragment of largest area in this study, was not the one to contain the greatest abundance and richness of species. In that location, 223 individuals belonging to 23 species were collected. Nemésio & Morato (2004) collected 254 individuals belonging to 22 species in this same area, although these authors conducted eight samplings on a monthly basis and from different sites within the same area. The similarity between results from this study and that of Nemésio & Morato (2004) indicates the necessity of several collection points within the same area to determine the euglossine fauna of a fragment. Few samplings at fixed points may not be sufficient to accurately represent the populations of these bees. Nemésio & Morato (2006) collected 1024 individuals belonging to 29 species at Catuaba Experimental Farm and 720 individuals belonging to 27 species at the Zoobotanical Park. Results from the present study were similar for richness of Euglossini in both areas. Thus, the large quantity and richness of individuals collected in fragments of smaller size demonstrates the importance of conservation of small forest areas in an urban matrix. In other parts of the world, in different biomes, studies have been demonstrating the importance of these vegetation islands in urban matrices for the conservation of bees' populations (Matheson et al 1996).

The hypothesis that fragments with greater edge areas possess different abundance and richness from those with smaller edge areas was partially corroborated. The abundance of euglossine bees was not affected by fragment edge area. However, fragments that had smaller edge areas were the ones that presented greater richness and diversity of euglossine bees.

Powell & Powell (1987) verified that orchid bee visitation indices decreased after areas in the Biological Dynamics of Forest Fragments Project, Manaus, Amazonas, were isolated. Morato (1994) collected greater abundance of Euglossini in forest areas than in edge areas and in cleared areas in Central Amazonia and did not detect significant differences regarding richness of bees in any of these three environments. The results indicated that some species present certain preference patterns. According to Nemésio & Silveira (2006) the specific responses of euglossine bees are more important to evaluate edge effects than their abundance and richness.

Morato (1994) verified *Euglossa securigera* Dressler and *E. mocsaryi* preference for edge areas and cleared areas. However, in this study, presence of *E. securigera* occurred in two fragments with large edge areas, and in two with smaller areas. Presence of *E. mocsaryi* was not registered only in the Horto Florestal, fragment with the greatest edge area.

Nemésio & Silveira (2006) collected more abundance of *Euglossa analis* Westwood in the interior of the forest and of *E. cingulata* close to the edge. The only individual of *E. analis* registered in this study was collected in the Zoobotanical Park, a fragment with intermediary edge size. With respect to *E. cingulata* the majority of the individuals (70.5%) were collected in rural fragments that possess, on average, smaller edge areas than the urban ones.

In general, insects respond in a different manner to the different types of environmental disturbance (Schowalter 1985, Samways 1994). The difference between results from the present study and those of Morato (1994) and Nemésio & Silveira (2006) may be associated with factors other than edge effects. According to Armbruster (1993)

the environmental heterogeneity may also explain local distribution patterns of the euglossine species.

The hypothesis that fragments with greater connectivity have greater abundance and richness of bees was partially corroborated. In general, abundance of individuals was not significantly affected by connectivity of the areas. However, the more connected fragments presented greater richness of Euglossini. Nevertheless, the quantity of surrounding fragments sampled did not interfere with species richness. This may be related to the greater flight capacity of these species (Janzen 1971, Raw 1989). Thus, small cleared areas do not constitute effective barriers for these communities.

The Catuaba Experimental Farm, the site that presented the highest connectivity, was the fragment that had the greater abundance and richness of species whereas the Urban Center of Rio Branco, area of lowest connectivity, had the lowest abundance and richness.

The great majority (74.8%) of individuals belonging to the *E. nigrita* species in this study were collected in urban fragments. The greatest and smallest proportions of this species were collected, respectively, in the Urban Center of Rio Branco and Humaitá Reserve. The presence of *E. nigrita* in the National Park of Serra do Divisor, state of Acre, was not registered by Morato (2001), and this another indication that this species does not occur within areas of conservation.

According to Janzen (1983) certain groups of animals that occur in fragments can forage in more open environments and impacted edges. Therefore, the quantity of vegetation patches in an urban matrix can be very important for the conservation of euglossine bees.

Tonhasca Junior et al. (2002) verified a decrease in faunistic similarity associated with the euglossine fauna with the increase in distance between the sampled fragments. In the present study, the closest fragments were the ones that presented most similarity in association with the landscape structure. Therefore, the distance between the fragments had no effect in the faunistic similarity between them. The closest fragments were not necessarily those with more similarity in regards to species composition.

Fragments that presented greater structural landscape similarity also possessed greater faunistic similarity. The correlation between distance and faunistic similarity between the fragments, maintaining the structural similarity of the landscape constant, was not significant. But, when the distance is maintained constant, a significant correlation was obtained between faunistic similarity and fragments structure. Hence, the structure of the fragments explains to a great extent the faunistic composition of a given site.

Other factors such as availability and diversity of food sources, nesting sites, sources of odoriferous substances and availability of mating sites may have influenced the results obtained in this study, and consequently the euglossine population structure.

Thus, forest cover and the quality of the matrix surrounding the fragments is much more important for the understanding of the effects of forest fragmentation upon the euglossine bees than the structural characteristics of the fragments that have been previously studied, such as the area. Therefore, hypotheses considering the internal structure and the floristic composition of the fragments should be evaluated in future studies.

## Acknowledgments

We would like to thank the directors and proprietaries of the sample areas. Thanks to the Program of Ecology and Management of Natural Sources of Federal University of Acre. We also thank CNPq (National Council for Scientific and Technological Development) for its support to this project, through a scholarship provided to the first author.

## References

- ACRE. Governo do Estado do Acre. 2006. Programa Estadual de Zoneamento Ecológico Econômico Fase II: documento Síntese – Escala 1:250.000. Rio Branco: SEMA.
- ARMBRUSTER, W.S. 1993. Within-habitat heterogeneity in baiting simples of Euglossine bees: Possible causes and implications. *Biotropica* 25(1):122-128. <http://dx.doi.org/10.2307/2388986>
- BÁLDI, A. 2008. Habitat heterogeneity overrides the species-area relationship. *J. Biogeogr.* 35(4): 675-681. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2699.2007.01825.x>
- BECKER, P., MOURE, J.S. & PERALTA, F.J.A. 1991. More about Euglossine bees in Amazonian forest fragments. *Biotropica* 23(4): 586-591. <http://dx.doi.org/10.2307/2388396>
- BEALS, E.W. 1984. Bray-Curtis ordination: an effective strategy for analysis of multivariate ecological data. *Adv. Ecol. Res.* 14:1-55. [http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2504\(08\)60168-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2504(08)60168-3)
- BROSI, B.J. 2011. The effects of forest fragmentation on euglossine bee communities (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). *Biol. Conserv.* 142:414-423. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2008.11.003>
- DAVIS, A.J. 2000. Does Reduced-Impact Logging Help Preserve Biodiversity in Tropical Rainforest? A Case Study from Borneo using Dung Beetles (Coleoptera: Scarabaeoidea) as Indicators. *Environ. Entomol.* 29(3):467-474. <http://dx.doi.org/10.1603/0046-225X-29.3.467>
- DAVIES, K.F. & MARGULES, C.R. 1998. Effects of habitat fragmentation on carabid beetles: experimental evidence. *J. Anim. Ecol.* 67(3):460-471. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2656.1998.00210.x>
- DIDHAM, R.K., GHAZOU, J., STORK, N.E. & DAVIS, A.J. 1996. Insects in fragmented forests: a functional approach. *Tree* 11(6):255-260. [http://dx.doi.org/10.1016/0169-5347\(96\)20047-3](http://dx.doi.org/10.1016/0169-5347(96)20047-3)
- DODSON, C.H., DRESSLER, R.L., HILLS, H.G., ADAMS, R.M. & WILLIAMS, N.H. 1969. Biologically active compounds in orchid fragrances. *Science* 164, 1243-1249. PMID:17772561. <http://dx.doi.org/10.1126/science.164.3885.1243>
- DRESSLER, R.L. 1982. Biology of the orchid bees (Euglossini). *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 13:373-394. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.es.13.110182.002105>
- DUARTE, A.F. 2005. Variabilidade e tendência das Chuvas em Rio Branco-AC, Brasil. *Rev. Bras. Met.* 30:37-42.
- FORTIN, M.J. & GUREVITCH, J. 1993. Mantel Tests: spatial structure in field experimentes. In *Design and Analysis of Ecological Experiments* (S.M. Scheiner & J. Gurevitch, eds.). Chapman & Hall, New York, p.342-359.
- HANSKI, I. 1982. Dynamics of regional distribution: the core and satellite species hypothesis. *Oikos* 38(2):210-221. <http://dx.doi.org/10.2307/3544021>
- KAPOS, V., WANDELLI, E., CAMARGO, J.L. & GANADE, G. 1997. Edge-Related Changes in Environment and Plant Responses Due to Forest Fragmentation in Central Amazonia. In *Tropical Forest Remnants: Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Landscape* (W.F. Laurance & R.O. Bierregaard Junior, eds.). University of Chicago Press, Chicago, p.33-44.
- JANZEN, D.H. 1971. Euglossine bees as long-distance pollinators of tropical plants. *Science* 71:203-205. PMID:17751330. <http://dx.doi.org/10.1126/science.171.3967.203>
- JANZEN, D.H. 1983. No park is an island: increase in interference from outside as park size decreases. *Oikos* 41(3):402-410. <http://dx.doi.org/10.2307/3544100>
- LAURANCE, W.F. & BIERREGAARD JUNIOR, R.O. 1997. *Tropical Forest Remnants*. University of Chicago Press, Chicago.
- LOVEJOY, T.E., BIERREGAARD JUNIOR, R.O., RYLANDS, A.B., MALCON, J.R., QUINTELA, C.E., HARPER, L., BROWN JUNIOR, K.S., POWELL, A.H., POWELL, G.V.N., SCHUBART, H.O.R. & HAYS, M.B. 1986. Edge and other effects on isolation on Amazon forest fragments. In *Conservation biology: the science of scarcity and diversity* (M.E. Soule, ed.). Sinauer Press, Massachusetts, p.257-285
- LUDWIG, J.A. & REYNOLDS, J.F. 1988. *Statistical Ecology: a Primer on Methods an Computing*. John Wiley & Sons, New York.
- MAGURRAN, A.E. 1988. *Ecological Diversity and its Measurement*. Princeton University Press, Princeton. <http://dx.doi.org/10.1007/978-94-015-7358-0>
- MATHESON, A., BUCHMANN, S.L., O'TOOLE, C., WESTRICH, P. & WILLIAMS, I.H. 1996. *The Conservation of Bees*. Academic Press, Toronto.
- MORATO, E.F. 1994. Abundância e riqueza de machos de Euglossini (Hymenoptera: Apidae) em áreas de terra firme e áreas de derrubada, nas vizinhanças de Manaus (Brasil). *Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi (Ser. Zool.)* 10:95-105.
- MORATO, E.F. 2001. Efeitos de fragmentação florestal sobre vespas e abelhas solitárias na Amazônia Central. II. Estratificação Vertical. *Rev. Bras. Zool.* 18(3):737-747. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752001000300010>
- MURCIA, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: Implications for conservation. *Trends Ecol. Evol.* 10(2):58-62. [http://dx.doi.org/10.1016/S0169-5347\(00\)88977-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-5347(00)88977-6)
- NASCIMENTO, H.E.M. & LAURANCE, W.F. 2006. Efeitos de área e de borda sobre a estrutura florestal em fragmentos de floresta de terra-firme após 13-17 anos de isolamento. *Acta Amaz.* 36:183-192. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672006000200008>
- NEMÉSIO, A. & MORATO, E.F. 2004. Euglossini (Hymenoptera: Apidae) of the Humaitá Reserve, Acre state, Brazilian Amazon, with comments on bait trap efficiency. *Rev. Tecnol. Amb.* 10:71-80.
- NEMÉSIO, A. & MORATO E.F. 2006. The orchid-bee fauna (Hymenoptera: Apidae) od Acre state (northwestern Brazil) and a re-evaluation of euglossine bait-trapping. *Lundiana* 7(1):59-64.
- 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>
- NEMÉSIO, A. & SILVEIRA, F.A. 2007. Orchid Bee Fauna (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) of Atlantic Forest Fragments inside an Urban Area in Southeastern Brazil. *Neotrop. Entomol.* 36(2):186-191. PMID:17607450. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2007000200003>
- NEMÉSIO, A. & SILVEIRA, F.A. 2010. Forest fragments with larger core áreas better sustain diverse orchid bee faunas (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). *Neotrop. Entomol.* 39(4):555-561. PMID:20877991. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2010000400014>
- NEMÉSIO, A. & RASMUSSEN, C. 2011. Nomenclatural issues in the orchid bees (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) and an updated catalogue. *Zootaxa* 3006:1-42.
- OLIVEIRA, M.L. & CAMPOS, L.A.O. 1996. Preferência por estratos florestais e por substâncias odoríferas em abelhas Euglossini (Hymenoptera, Apidae). *Rev. Bras. Zool.* 13(4):1075-1085. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81751996000400025>
- PARRA-H, A. & NATES-PARRA, G. 2007. Variación de la comunidad de abejas de las orquídeas (Hymenoptera: Apidae) em tres ambientes perturbados de piedemonte llanero coombiano. *Rev. Biol. Trop.* 55(3-4):931-941. PMID:19086396.
- PERUQUETTI, R.C., CAMPOS L.A.O., COELHO, C.D.P., ABRANTES, C.V.M. & LISBOA, L.C.O. 1999. Abelhas Euglossini (Apidae) de áreas de Mata Atlântica: Abundância, riqueza e aspectos biológicos. *Rev. Bras. Zool.* 16(2):101-118. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81751999000600012>
- PICKETT, S.T.A. & WHITE, P.S. 1985. Patch dynamics: a synthesis. In *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics* (S.T.A. Pickett & P.S. White, eds.). Academic Press, San Diego, p.371-384. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-554520-4.50026-5>
- PIELOU, E.C. 1984. *The interpretation of Ecological Data*. John Wiley & Sons, New York.

## Orchid Bees of forest fragments

- POWELL, A.H. & POWELL, G.V.N. 1987. Population Dynamics of Male Euglossine Bees in Amazonian Forest Fragments. *Biotropica* 19(2): 176-179. <http://dx.doi.org/10.2307/2388742>
- RAW, A. 1989. The dispersal of Euglossine bees between isolated patches of eastern Brazilian wet forest (Hymenoptera, Apidae). *Rev. Bras. Entomol.* 33(1):103-107.
- ROSENBERG, D.M., DANKS, H.V. & LEHMKUHL, D.M. 1986. Importance of Insects in Environmental Impact Assessment. *Environ. Manag.* 10(6):773-783. <http://dx.doi.org/10.1007/BF01867730>
- ROUBIK, D.W. 1989. Ecology and natural history of tropical bees. Cambridge University Press, Cambridge. <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511574641>
- ROUBIK, D.W. & HANSON, P.E. 2004. Orchid bees of tropical America Biology and field guide. INBio, Santo Domingo de Heredia.
- SALIMON, C.I. & BROWN, I.F. 2000. Secondary forest in Western Amazonia: significant sinks for carbons released from deforestation? *Interciencia* 25(4):198-202.
- SAMWAYS, M.J. 1994. Insect Conservation Biology. Chapman & Hall, London. Pmid:7526488.
- SAURE, C. 1996. Urban habitats for bees: the example of the city Berlin. In *The Conservation of Bees* (A. Matheson, S.L. Buchmann, C. O'Toole, P. Westrich, & I.G. Williams, eds.). Academic Press, Toronto, p.48-53.
- SCHOWALTER, T.D. 1985. Adaptions of insects to disturbance. In *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics* (S.T.A. Pickett & P.S. White, eds.). Academic Press, San Diego, p.235-252. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-554520-4.50018-6>
- SILVEIRA, M. 2005. A floresta aberta com bambu no sudeste da Amazônia. Padrões e processos em múltipla escala. Edufac, Rio Branco.
- SOKAL, R.R. & ROHLF, F.J. 1995. Biometry. W. H. Freeman and Company, New York.
- TONHASCA JUNIOR, A., BLACKMER, J.L. & ALBUQUERQUE, G.S. 2002. Abundance and Diversity of Euglossine Bees in the Fragmented Landscape of the Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica* 34(3):416-422.
- TURTON, S.M. & FREIBURGER, H.J. 1997. Edge and Aspect Effects on the Microclimate of a Small Tropical Forest Remnant on the Atherton Tableland, Northeastern Australia. In *Tropical Forest Remnants: Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Landscape* (W.F. Laurance & R.O. Bierregaard Junior, eds.). University of Chicago Press, Chicago, p.45-55.
- WHITE, P.S. & PICKETT, S.T.A. 1985. Natural disturbance and patch dynamics: an introduction. In *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics* (S.T.A. Pickett & P.S. White, eds.). Academic Press, San Diego, p.3-33. Pmid:3939877. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-554520-4.50006-X>
- ZANETTE, L.R.S., MARTINS, R.P. & RIBEIRO, S.P. 2005. Effects of urbanization on Neotropical wasp and bee assemblages in a Brazilian metropolis. *Landsc. Urban Plann.* 71:105-121. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.02.003>

*Received 26/08/2011*

*Revised 11/01/2013*

*Accepted 14/03/2013*



## Seasonality of *Mansonia titillans* during dam construction, Biritiba-Mirim, São Paulo State, Brazil

Frederico Alves D'Avila<sup>1,2</sup> & Almério de Castro Gomes<sup>†</sup> (in memorian)

<sup>1</sup>Departamento de Epidemiologia, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo – USP, CEP 01246-904, São Paulo, SP, Brasil

<sup>2</sup>Corresponding author: Frederico Alves D'Avila, e-mail: frdavila@ib.usp.br

D'AVILA, F.A. & GOMES, A.C. **Seasonality of *Mansonia titillans* during dam construction, Biritiba-Mirim, São Paulo State, Brazil.** Biota Neotrop. 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?article+bn01213012013>

**Abstract:** A two and a half year survey was conducted at a dam in southeastern Brazil. Shannon Traps were used for sampling. Kruskal-Wallis test showed little relation between rainfall and abundance. The data clearly show three abundance peaks, all of them in the end of the dry season, in consonance with the scarce literature existent. Although Kruskal-Wallis Test did not find a clear preference for the dry season, Pairwise Wilcoxon Rank Test revealed a significant difference between Fall and Spring samples. *Ma. titillans* population had a peak on late winter/early spring, close to the begin of wet season.

**Keywords:** *mansoniini*, insect vector, artificial lake.

D'AVILA, F.A. & GOMES, A. C. **Sazonalidade de *Mansonia titillans* durante a construção de uma represa, Biritiba-Mirim, Estado de São Paulo, Brasil.** Biota Neotrop. 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?article+bn01213012013>

**Resumo:** Uma pesquisa de dois anos e meio foi realizada em uma represa no sudeste do Brasil. Foram utilizadas Armadilhas de Shannon para coleta. O teste Kruskal-Wallis mostrou pouca correlação entre a precipitação e abundância. Os dados mostram claramente três picos de abundância, todos eles no final da estação seca, em consonância com a escassa literatura existente. Apesar do teste de Kruskal-Wallis não ter encontrado uma clara preferência pela estação seca, o Teste de Wilcoxon par-a-par revelou uma diferença significativa entre as amostras do Outono e da Primavera. A população de *Ma titillans* tem um pico no fim do inverno/início da primavera, próximo ao início da estação chuvosa.

**Palavra-chave:** *mansoniini*, inseto vetor, lago artificial.

## Introduction

Culicidae is one of the most studied insect family. Since late 19<sup>th</sup> century, when its role on yellow fever transmission (Franco 1969) was discovered. Since than many others illness were attributed as mosquito-borne, such as malaria, filariasis, and most of the caused by arboviruses.

*Mansonia titillans* (Walker 1848) is widely distributed in the Americas, occurring in tropical and subtropical Western Hemisphere from Southern USA to Argentine, including Caribbean Islands (Walter... 2011). It has some medical importance, as an irritating nuisance and as possible vector of Venezuelan Equine Encephalitis, which may cause sudden death and/or central nervous system disorder in these animals and also humans (Carpenter & La Casse 1955, Méndez 2001).

Mansoniini tribe has, while immatures, an unique breathing form. After hatching, the larvae attach their siphons, and themselves, to submerged roots of aquatic plants, obtaining oxygen from its aerenchymas. The pupae also remain attached to the roots of the plants until time for emergence of the adults. Water lettuce (*Pistia stratiotes* L.) and water hyacinth (*Eichornia crassipes* Kint) are the principal host plant (Harbach 2011). Due to this specificity, Mansoniini species are quite dominant where aquatic plants are abundant, normally eutrophized lakes and lagoons, frequently artificials.

Although its abundance, studies on *Ma. titillans* abundance and seasonality are scarce. This study describes the population fluctuation of this mosquito in artificial dam surroundings, near a metropolis in southeastern Brazil.

## Materials and Methods

A 32-month survey was conducted from May 2002 to December 2004 at Biritiba-Mirim Dam (23° 31' 74" S and 45° 57' 14" W), in construction at the time, as part of its environmental impact analysis. At homonymous city and river, this dam is part of a water provision and flood control complex, Producer System of High Tietê (SPAT, in portuguese), in the 'Rio Tietê', about 70 km east from São Paulo city. It is a tropical region characterized by seasonal flooding, with a well defined rainfall season from November to March, accounting more than 60% of the total annual rainfall of about 1,400 mm, and a dry season from April to October. Average annual temperature is 25.9 °C (Centro... 2011).

Native vegetation on High Tietê Basin is majorly 'Mata Atlântica' rainforest. At the dam surrounding is common to find a mosaic of native vegetation and human activities, such as agriculture, loam and sand mines and eucalyptus reforestation (Centro..., 2001).

Mosquito catches were realized monthly, in a forest fragment near the construction site. Captures were carried out with Shannon Traps (Shannon 1939), gas-lamp lighted, two men operated, during the first 4 hours after dusk. Chloroform-filled deadly tubes were used to capture each specimen, it was then stored in labeled entomological boxes and carried to 'Laboratório de Entomologia em Saúde Pública (LESP) – FSP/USP'. All specimen were indentified according to Forattini key (2002).

Monthly records of rainfall were obtained from a weather station near the study site. Statistical analysis was performed using data from monthly catches and climatic data through Spearman's Rank Correlation Coefficient, Pairwise Wilcoxon Rank Sum Test and Kruskal-Wallis H tests (Lowry 2012, Sachs 1992, Siegel & Castellan 1988, Spearman 1904), non-parametric, to evaluate the significance level of seasonal differences in insect abundance, and assess the influence of climatic parameters on population dynamics. Shapiro-Wilk Test (Shapiro & Wilk 1965) was used for normality test. All analysis was performed using R Statistical Computing Environment.

## Results

A total of 8,783 Culicidae were caught during the study period. Mansoniini totalized 4,098 specimens, from the following species: *Coquillettidia albicosta* Peryassui 1908, *Coquillettidia chrysonotum* Peryassui 1922, *Coquillettidia hermanoi* Lane & Hermanoi 1940, *Coquillettidia juxtamansonia* Chagas 1907, *Coquillettidia venezuelensis* Theobald 1912, *Mansonia flaveola* Coquillett 1905, *Mansonia indubitans* Dyar & Shannon 1925 and *Mansonia titillans* Walker 1848.

*Ma. titillans* (n = 2,401) was 27.3% of all culicidians and 58.8% of Mansoniini. Its abundance was equally important among the capture sites. *Ma. titillans* females (98,4%) were more frequently seen than males in the traps.

Interspecific competition with *Coquillettidia* and other *Mansonia* species did not play a major role in this study, since relative abundance of all species of this genus was consistently lower than *Ma. titillans* during the two and a half years studied.

The weather was typical for the region during the studied period. The dry season take place between late fall and early spring, during 4 months, with some period variation. Rainy season began in September-October, and the heaviest rainfall period was from December to February (Figure 1).

Three population peaks were recorded (Figure 2), all of them occurred in September [2002] or October [2003/2004], coinciding with the end of the dry season and beginning of the wet one at this region.

First of all, the normality of the samples distribution was tested through Shapiro-Wilk Test and, as expected, normality of the sample was rejected ( $p < 0.001$ ,  $W = 0,67$ )

The Kruskal-Wallis Test was performed to search for preference among the seasons. The null hypothesis, that the samples from different seasons have the same median, was accepted ( $H = 7.6779$ ,  $p = 0.05316$ ,  $df = 3$ ), indicating that the seasonality of *Ma. titillans* was not directly determined by rainfall.

Spearman's rank correlation coefficient showed little correlation between rainfall and *Ma. titillans* abundance ( $\rho = 0.173$ ), and also was little when compared Other Mansoniini with rainfall ( $\rho = 0.008$ ) and *Ma. titillans* and other Mansoniini abundance ( $\rho = 0.017$ ).

On Pairwise Wilcoxon Rank Sum Test, a significant difference was found between the Fall and Spring samples (0.049), while all other comparisons were non-significant.

## Discussion

Although statistical insignificance, Kruskal-Wallis' p-value was placed at the boundary of  $H_0$  acceptance. This data is complemented by Pairwise Wilcoxon, which had significant difference. The combination of both tests can be interpreted by *Ma. titillans* having a relative stable abundance along the year, with one peaks of great abundance. So is clear that there are cyclical peaks of abundance, somehow related to the seasons of the year.

The statistical analysis of the data did not reveal a connection between abundance and rainfall; this result can be explained by its ecology. *Ma. titillans* immature stages live on permanent breeding sites, which abundance and quality are not directly dependent of rainfall allowing *Ma. titillans* to be abundant throughout the year. An explanation on abundance peaks can be its breathing technique; using aerenchymas allow Mansoniini, and *Ma. titillans* specifically, to find they optimum environment, while others, lwhen also living on eutrophized waters, find hard times during dry season. De Kruijff (1975) also registered an abundance peak at similar season.

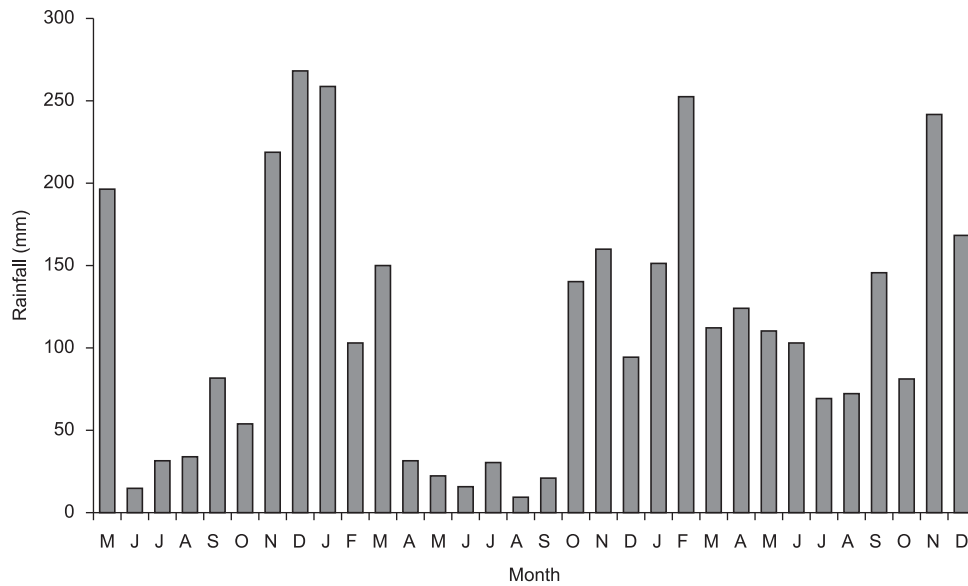


Figure 1. Rainfall data in the Biritiba-Mirim Dam, State of São Paulo, Brazil, May 2002 to December 2004.

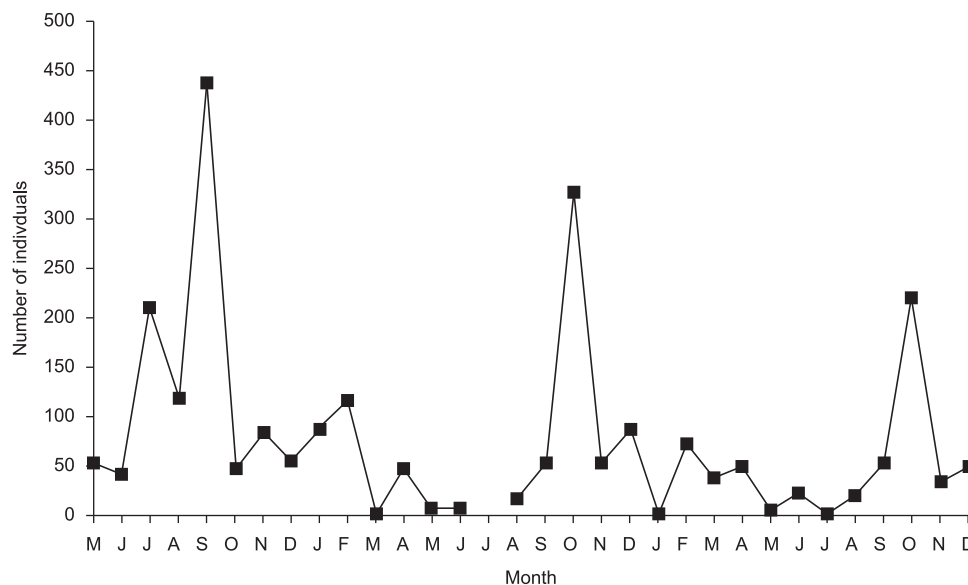


Figure 2. Seasonal fluctuation of *Mansonia titillans* in the Biritiba-Mirim Dam, State of São Paulo, Brazil, May 2002 to December 2004.

*Ma. titillans* is dependent of aquatic plants, which are normally perennial, so dry season may be when interspecific competition is less important and less strong.

Remarkable differences have been described regarding abundance of *Ma. titillans* in modified and primeval areas, while Taddei (1996) found relative frequency of 94%, studies in other 'Mata Atlântica' areas found much lower abundances (Guimarães et al. 2004, Reis et al. 2010, Forattini et al. 1986). This data indicates that *Ma. titillans* is a species mainly found in man-made environment, bringing, commonly, nuisance more than bearable to man and cattle, like in Tucuruí.

In conclusion, when living in optimum environment, *Ma. titillans* shows a behavior with population peak in late winter/early spring, close to the begin of wet season.

## Acknowledgements

We thank CNPq for the financial support that made this research possible, EMAE for supporting the research and offering all needed infrastructure. The biologists Márcia Bicudo de Paula, Paulo Roberto Urbinatti, Delsio Natal, Aristides Fernandes, Marcelo Sciarreta for identification and capture help.

## References

- CARPENTER, S.J. & LA CASSE, W.J. 1955. Mosquitoes of North America (north of Mexico). Univ. of Calif. Press, Berkeley, Los Angeles, p.360.
- CENTRO DE MONITORAMENTO AMBIENTAL DA SERRA DO ITAPETI - CEMASI. 2001. Biodiversidade nas Bacias do Rio Paraitinga e do Rio Biritiba-Mirim. SERH/DAEE/CEMASI, São Paulo. Relatório Técnico

- CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA - CEPAGRI. Clima dos Municípios Paulistas. Clima de Biritiba-Mirim. [http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima\\_muni\\_075.html](http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_075.html) (último acesso em 15/12/2011).
- DE KRUIJF, H.A.M. 1975. The relations between rainfall and mosquito populations In Tropical Ecological Systems. Trends in Terrestrial and Aquatic Research (F.B. Golley & E. Medica, eds). Ecological Studies, n.11, p.62-65.
- FORATTINI, O.P. 2002. Culicidologia Médica v.2. EdUSP, São Paulo.
- FORATTINI, O.P., ALVES, A.C., NATAL, D. & SANTOS, J.L.F. 1986. Observações sobre atividade de mosquitos Culicidae em mata primitiva da encosta no Vale do Ribeira, São Paulo, Brasil. Rev. Saude Publ. 20(1):1-20. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-89101986000100001>
- FRANCO, O. 1969. História da febre amarela no Brasil. Rev. Bras. Malariol. Doenças Trop. 21: 315-520. PMID:4906976.
- GUIMARÃES, A.E., LOPES C.A., MELLO R.P. & ALENCAR J. 2000. Ecologia de mosquitos (Diptera: Culicidae) em áreas do Parque Nacional da Serra da Bocaina, Brasil. 1 - Distribuição por habitat. Cad. Saude Publica 34(3):1107-1116 .
- HARBACH, R.E. 2011. Tribo Mansoniini. Mosquito Taxonomic Inventory. <http://mosquito-taxonomic-inventory.info/tribe-mansoniini-belkin-1962> (último acesso em 16/12/2011).
- LOWRY, R. 2012. Concepts and Applications of Inferential Statistics. <http://vassarstats.net/textbook/ch12a.html> (último acesso em 22/04/2012)
- MÉNDEZ, W., LIRIA, J., NAVARRO, J.-C., GARCÍA, C.Z., FREIER, J.E., SALAS, R., WEAVER, S.C. & BARRERA, R. 2001. Spatial Dispersion of Adult Mosquitoes (Diptera: Culicidae) in a Sylvatic Focus of Venezuelan Equine Encephalitis Virus. J. Med. Entomol. 38(6): 813-819. PMID:11761379. <http://dx.doi.org/10.1603/0022-2585-38.6.813>
- REIS, M., AZULIM, G.M. & MARCONDES, C.B. 2010. Inventário de mosquitos (Diptera: Culicidae) da Unidade de Conservação Ambiental Desterro, Ilha de Santa Catarina, Sul do Brasil. Biota Neotrop. 10(3) <http://www.biotaneotropica.org.br/v10n3/pt/abstract?inventory+bn01610032010> (último acesso em 05/12/2011).
- SHANNON, R. 1939. Methods for collecting and feeding mosquitoes in jungle yellow fever studies. Am. J. Trop. Med. Hyg. 19:131-140.
- SHAPIRO, S.S. & WILK, M.B. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). Biometrika 52(3/4):591-611. <http://dx.doi.org/10.2307/2333709>
- SIEGEL, S. & CASTELLAN, JRNJ. 1988. Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences. 2. ed. McGraw-Hill, New York.
- SPEARMAN, C. 1904. The proof and measurement of association between two things. Amer. J. Psychol. 15(1):72-101. <http://dx.doi.org/10.2307/1412159>
- TADDEI, W.P. 1996. O gênero *Mansonia* (Diptera: Culicidae) e a proliferação de mosquitos na usina hidrelétrica de Tucuruí. In Energia na Amazônia (S.B. Magalhães, R.C. Brito & Castro E.R., eds). MPEG/FPA/UNAMAZ, Belém, v.1, p.311-318
- WALTER REED BIOSSYSTEMATICS UNIT. Systematic Catalog of Culicidae. [http://mosquitocatalog.org/taxon\\_descr.aspx?ID=40](http://mosquitocatalog.org/taxon_descr.aspx?ID=40) (último acesso em 13/12/2011).

Received 19/01/2012

Revised 09/09/2012

Accepted 25/01/2013



## A ictiofauna do Canal de Bertioiga, São Paulo, Brasil

Bruno Barbanti<sup>1</sup>, Rodrigo Caires<sup>2</sup> & Alexandre Pires Marceniuk<sup>1,3,4</sup>

<sup>1</sup>Núcleo Integrado de Biotecnologia, Laboratório de Genética de Organismos Aquáticos e Aquicultura, Universidade de Mogi das Cruzes – UMC, CP 411, CEP 08701-970, Mogi das Cruzes, SP, Brasil  
www.umc.br

<sup>2</sup>Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo – USP, CP 42494, CEP 04218-970, São Paulo, SP, Brasil

<sup>3</sup>Instituto de Estudos Costeiros, Universidade Federal do Pará – UFPA, Alameda Leandro Ribeiro, CEP 68600-000, Bragança, PA, Brasil

<sup>4</sup>Autor para correspondência: Alexandre Pires Marceniuk, e-mail: a\_marceniuk@hotmail.com

BARBANTI, B., CAIRES, R. & MARCENIUK, A.P. **The ichthyofauna of the Bertioiga Channel, São Paulo, Brazil.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?inventory+bn02913012013>

**Abstract:** The Bertioiga Channel, on the coast of the São Paulo state, is delimited by the continental shore and the island of Santo Amaro, and represents a secondary connection of the Santos-São Vicente estuarine complex to the ocean and adjoins the municipalities of Santos, Guarujá and Bertioiga. In the present study collections were made between December 2009 and November 2010 in the northern stretch of the Bertioiga Channel (23° 51' 23,83" S, 46° 07' 58, 87" W to 23° 53' 31,72" S, 46° 11' 17,74" W) in order to provide an inventory of the ichthyofauna of the region. A total of 1,429 specimens were collected, belonging to 78 species, 67 genera, 39 families and 14 orders. The most species rich families were Sciaenidae (nine spp.), Carangidae (nine spp.), Haemulidae (seven spp.), and Ariidae (five spp.). The most abundant species were *Stellifer rastrifer* (n = 243), *Harengula clupeiola* (n = 182), *Cathorops spixii* (n = 144), *Oligoplites palometa* (n = 109) and *Mugil curema* (n=102). The species *Achirus lineatus*, *Atherinella brasiliensis*, *Cathorops spixii*, *Chaetodipterus faber*, *Citharichthys spilopterus*, *Genidens genidens*, *Micropogonias furnieri* and *Stellifer rastrifer*, were collected in all seasons of the year. Of the species encountered, six were considered constant, 19 accessorial and 53 occasional. In relation to habitat association, 40 species are marine-estuarine, 26 species marine, 11 species estuarine and one species freshwater, being 52 demersal species and 26 pelagic species. Eleven species are included in red lists. Additionally, an identification key to the species of the northern stretch of the Bertioiga Channel is presented.

**Keywords:** Estuary, biodiversity, conservation, identification key, Santos-São Vicente estuarine complex.

BARBANTI, B., CAIRES, R. & MARCENIUK, A.P. **A ictiofauna do Canal de Bertioiga, São Paulo, Brasil.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?inventory+bn02913012013>

**Resumo:** O Canal de Bertioiga, localizado no litoral do estado de São Paulo, é delimitado pelo continente e pela ilha de Santo Amaro, constituindo a unidade natural que conecta os municípios de Santos, Guarujá e Bertioiga, representando uma segunda conexão do complexo estuarino de Santos-São Vicente com o oceano. No presente estudo foram realizadas coletas, entre dezembro de 2009 a novembro de 2010, no trecho norte do Canal de Bertioiga (23° 51' 23,83" S e 46° 07' 58,87" O e 23° 53' 31,72" S e 46° 11' 17,74" O), com o objetivo de inventariar a ictiofauna da região. Foram coletados 1.429 exemplares, pertencentes a 78 espécies, incluídas em 14 ordens, 39 famílias e 67 gêneros. As famílias mais especiosas foram Sciaenidae (nove spp.), Carangidae (nove spp.), Haemulidae (sete spp.), e Ariidae (cinco spp.), e as espécies mais abundantes foram *Stellifer rastrifer* (n = 243), *Harengula clupeiola* (n = 182), *Cathorops spixii* (n = 144), *Oligoplites palometa* (n = 109) e *Mugil curema* (n = 102), sendo que *Achirus lineatus*, *Atherinella brasiliensis*, *Cathorops spixii*, *Chaetodipterus faber*, *Citharichthys spilopterus*, *Genidens genidens*, *Micropogonias furnieri* e *Stellifer rastrifer*, ocorreram em todas estações do ano. Das espécies encontradas, seis foram reconhecidas constantes, 19 acessórias e 53 ocasionais. Em relação aos seus hábitos, 40 espécies são marinho-estuarinas, 26 marinhas, 11 estuarinas e uma de água doce, sendo 52 espécies demersais e 26 pelágicas. Onze espécies são relacionadas em listas de espécies ameaçadas. Adicionalmente, é apresentada uma chave de identificação para as espécies do trecho norte do Canal de Bertioiga.

**Palavras-chaves:** Estuário, biodiversidade, conservação, chave de identificação, complexo estuarino de Santos-São Vicente.

## Introdução

O Canal de Bertioga está inserido na porção norte da região metropolitana da Baixada Santista, litoral sul do estado de São Paulo (Figura 1), delimitado pelo continente e pela ilha de Santo Amaro (Bernardes 2001, Santos et al. 2007). Enquanto a desembocadura sul conecta o Canal de Bertioga ao complexo estuarino de Santos-São Vicente, a desembocadura norte representa uma segunda conexão do complexo estuarino com o oceano (Miranda et al. 1998). O Canal de Bertioga tem aproximadamente 25 km de extensão, largura média variando entre 200 a 700 m, e profundidade média variando entre 3 a 6 m, podendo atingir profundidades de até 12 m, na confluência com os tributários (Miranda et al. 1998). Seu principal tributário é o rio Itapanhaú, com uma descarga fluvial média de aproximadamente  $10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  (Miranda et al. 1998). A porção central, conhecida como Largo do Candinho, é resultado do encontro das correntes de maré provenientes da desembocadura norte e da desembocadura sul, formando o “tombo das águas”, que serve como uma barreira para o fluxo das águas provenientes das porções norte e sul do canal (Bernardes 2001). O sistema biológico é o ecossistema de manguezal, com espécies vegetais adaptadas à grande variação de salinidade, e sedimentos lodosos, com baixo teor de oxigênio (Schaeffer-Novelli & Cintron 1986, Schaeffer-Novelli 1991).

O estado de São Paulo está incluído na Província Zoogeográfica Argentina, que se estende de Cabo Frio, no estado do Rio de Janeiro, à Península de Valdés, na Argentina (Figueiredo 1981). Essa província é uma área de transição faunística, sofrendo a influência das águas quentes da Corrente do Brasil e das águas frias da Corrente das Malvinas, incluindo os extremos meridionais de distribuição de espécies tropicais e os extremos setentrionais de espécies temperadas, com cerca de 10% de espécies endêmicas (Figueiredo 1981). A ictiofauna do estado de São Paulo é composta por espécies restritas à Província Argentina, quanto por espécies com ampla distribuição no Atlântico, ou em outros oceanos. Segundo Castro & Menezes (1998), a ictiofauna marinha do estado de São Paulo é bem conhecida e sua taxonomia confiável, sendo citadas para região cerca de 512 espécies de peixes, pertencentes a 32 ordens e 120 famílias, com uma parcela delas apresentando parte do ciclo de vida associado a sistemas

estuarinos (Carvalho-Filho 1999, Figueiredo & Menezes 1978, 1980, 2000, Menezes & Figueiredo 1980, 1985).

O complexo estuarino de Santos-São Vicente é considerado um dos maiores criadouros naturais de peixes da região sudeste do Brasil (Paiva-Filho et al. 1987). O primeiro levantamento da ictiofauna do complexo estuarino de Santos-São Vicente foi realizado por Luederwaldt (1919), enquanto desde o final da década de 60 diversos estudos abordaram aspectos da pesca, ecologia e biologia das espécies encontradas na região (Puzzi & Silva 1981, Paiva-Filho 1982, Goitein 1984, Goitein & Mesquita Filho 1985, Puzzi et al. 1985, Paiva-Filho et al. 1986, Giannini & Paiva-Filho 1990, 1992, 1995, Paiva-Filho & Giannini 1990, Fundação... 1991, Fagundes et al. 2007), com menor número de trabalhos de inventariamento (Vazzoler 1969, Paiva-Filho 1982, Paiva-Filho & Toscano 1987, Giannini & Paiva-Filho 1990, Fundação... 2006). Trabalhos de inventariamento da ictiofauna do trecho sul do Canal de Bertioga foram realizados pela Fundação... (1991) e de Rocha (2009), no entanto, faltam estudos a respeito da ictiofauna do trecho norte do Canal de Bertioga.

O presente trabalho tem como objetivo o inventariamento da ictiofauna do trecho norte do Canal de Bertioga, com dados de distribuição e abundância das espécies nas diferentes épocas do ano e diferentes ambientes amostrados, e a documentação fotográfica das espécies e das localidades de coleta. Complementarmente, é apresentada uma chave de identificação para as espécies da região.

## Material e Métodos

A área de estudo abrangeu a porção norte do Canal de Bertioga, entre a barra do canal, em Bertioga e Guarujá ( $23^\circ 51' 23,83'' \text{ S}$  e  $46^\circ 07' 58,87'' \text{ O}$ ), e o bairro do Caruára, em Santos ( $23^\circ 53' 31,72'' \text{ S}$  e  $46^\circ 11' 17,74'' \text{ O}$ ) (Figura 1). As coletas tiveram como objetivo amostrar o maior número possível de espécies nestas áreas, realizadas com licença do IBAMA, número 22841-1. Pescadores profissionais da Colônia de Pescadores Z-23 (Bertioga), colaboraram com informações a respeito das características ambientais da região e das diferentes espécies de peixes existentes na região. Coletas mensais foram realizadas entre dezembro de 2009 e novembro de 2010, em três áreas amostrais com características ambientais distintas, a primeira na porção mais interna do trecho norte Canal de Bertioga (área 1,  $23^\circ 53' 28,73'' \text{ S}$  e  $46^\circ 11' 05,63'' \text{ O}$ ) (Figura 2b), a segunda na confluência do rio Itapanhaú com o Canal de Bertioga (área 2,  $23^\circ 51' 32,11'' \text{ S}$  e  $46^\circ 09' 17,03'' \text{ O}$ ) (Figura 2c), e a terceira no limite norte, próximo à boca da barra (área 3,  $23^\circ 51' 24,33'' \text{ S}$  e  $46^\circ 51' 24,33'' \text{ O}$ ) (Figura 2a). Na área 1 foram utilizadas quatro técnicas diferentes de coleta: rede de arrasto manual tipo picaré (Figura 2d), com 4 m de comprimento por 2 m de altura e malha de 10 mm entre nós opostos; rede de espera (emalhe), com 100 m de comprimento por 4 m de altura e malha de 70 mm entre nós opostos; a mesma rede foi utilizada na forma de caceio; rede de arrasto de fundo com portas, com boca de 3 m e malha de 30 mm entre nós opostos. Na área 2 e 3 foram utilizadas as mesmas técnicas descritas para área 1. Somente na área 3, diferentes técnicas de coleta foram utilizadas devido às características ambientais encontradas na área, sendo também utilizada: tarrafa, com raio de 2 m e malha de 40 mm entre nós opostos; covo com isca, confeccionado com malha de 30 mm, 1 m de altura por um metro e meio de comprimento; espinhel de anzóis com 80 m e 25 anzóis de aço com farpa simples entre 1,5 a 7 cm; e pesca com linha de mão. Os parâmetros físico-químicos dos pontos de coletas foram registrados com objetivo de caracterizar a área de estudo, através da sonda multiparâmetro da marca HANNA, calibração e certificação da ISO NBR. Os parâmetros avaliados foram o potencial de hidrogênio (pH), oxigênio dissolvido (OD), salinidade e temperatura. O estádio



**Figura 1.** Complexo estuarino de Santos-São Vicente (verde claro) e Canal de Bertioga em destaque (verde escuro). A. Largo do Candinho; B. rio Itapanhaú; C. barra do canal.

**Figure 1.** The estuarine complex of Santos-São Vicente (light green), and the Bertioga Channel highlighted (dark green). A. Largo do Candinho; B. Itapanhaú river; C. mouth of the Bertioga Channel.



**Figura 2.** Trecho norte do Canal de Bertioga: (a) barra do Canal de Bertioga (área 3); (b) praia lamosa na porção mais interna do canal (área 1); (c) confluência com o rio Itapanhaú (área 2); (d) coleta com picaré em praia arenosa (área 1).

**Figure 2.** Northern stretch of the Bertioga Channel: (a) mouth of the Bertioga Channel (area 3); (b) muddy shore of innermost portion of the Bertioga Channel (area 1); (c) confluent with Itapanhaú River (area 2); (d) seine net collection on sandy shore (area 1).

de maturação dos exemplares foi determinado através de exame das gônadas sob microscópio estereoscópico

As espécies foram identificadas com base nas descrições e chaves de identificação propostas por Figueiredo & Menezes (1978, 1980 e 2000), Menezes & Figueiredo (1980, 1985), Food... (2003) e Marceniuk (2005), assim como através da comparação com exemplares da coleção ictiológica do Museu de Zoologia da USP. A nomenclatura adotada seguiu Menezes et al. (2003) e Eschmeyer (2011). A eficiência do esforço amostral foi avaliada pela curva de acumulação, ou curva do coletor, (Palmer 1990, Colwell et al. 2004), através dos estimadores de riqueza Jackknife1, Jackknife2, Bootstrap, Michaelis Menton e UGE (Colwell & Coddington 1994). As espécies foram classificadas como constantes, acessórias ou ocasionais, com base na frequência de ocorrência (respectivamente, igual ou maior que 50%, igual ou maior que 25%, e menor que 25%), calculada segundo Dajoz (1973). A diversidade e abundância das espécies no trecho norte do Canal de Bertioga foi determinada pela aplicação dos índices de diversidade de Shannon-Wiener e riqueza de espécies de Margalef. O cálculo dos diferentes índices e curvas foram realizados pelo programa Primer 6.0 (Primer-E 2004).

Na tabela e nas figuras, a sequência das ordens, famílias e subfamílias, seguem a classificação evolutiva adotada por Eschmeyer (2011), enquanto os gêneros e espécies estão em ordem alfabética dentro de cada família. As espécies são reconhecidas como marinhas, estuarinas e marinha-estuarinas com base em Figueiredo & Menezes

(1978, 1980, 2000), e Menezes & Figueiredo (1980, 1985). As espécies com algum grau de ameaça são aquelas incluídas na lista da fauna ameaçada de extinção do estado de São Paulo (São Paulo 2009). Exemplares representativos de cada uma das espécies coletadas foram depositados na coleção Zoológica do Laboratório de Biologia e Genética de Peixes da Universidade Estadual Paulista em Botucatu (LBP), com amostras de tecido dos exemplares depositados na mesma coleção (Anexo I).

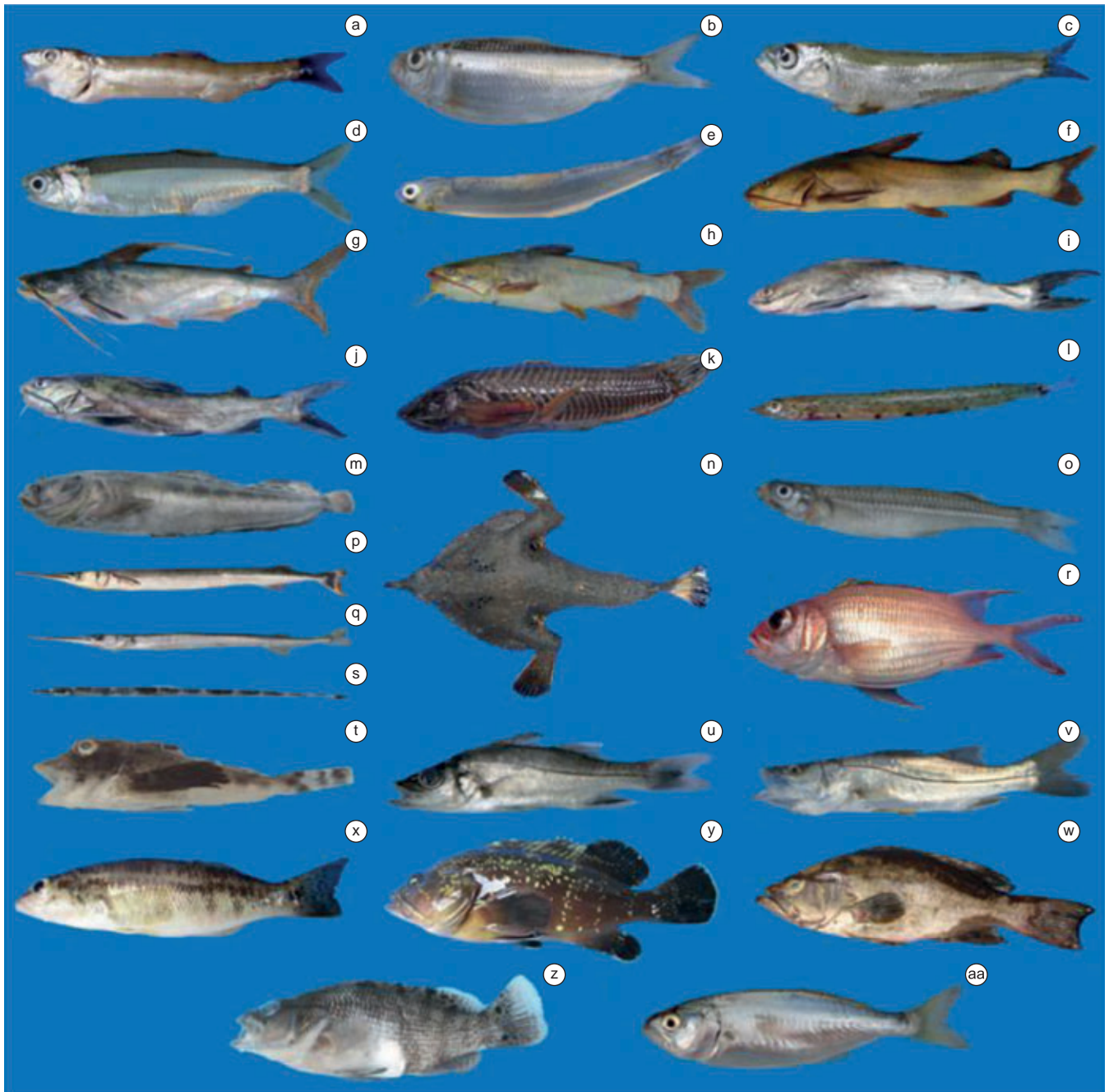
## Resultados

Foram inventariadas 78 espécies de Teleosteos no trecho norte do Canal de Bertioga (Figuras 3, 4, 5), distribuídos em 14 ordens e 39 famílias, com 1.429 exemplares coletados (Tabela 1). A curva do coletor atingiu a assíntota, com a riqueza total de espécies obtida ao término do esforço amostragem (Figura 6). Representantes da classe Chondrichthyes não foram coletados.

As ordens com maior número de representantes foram Perciformes (49 spp.), Siluriformes (6 spp.), Tetraodontiformes (5 spp.), e Clupeiformes (quatro spp.). As famílias com maior riqueza de espécies foram Carangidae (nove spp.), Sciaenidae (nove spp.), Haemulidae (sete spp.), e Ariidae (cinco spp.). As espécies mais abundantes foram *Stellifer rastrifer* (n = 243), *Harengula clupeiola* (n = 182), *Cathorops spixii* (n = 144), *Oligoplites palometa* (n = 109), *Mugil curema* (n = 102), *Citharichthys spilopterus* (n = 90), *Atherinella brasiliensis* (n = 65), *Diapterus rhombeus* (n = 60),



## Peixes do Canal de Bertioga

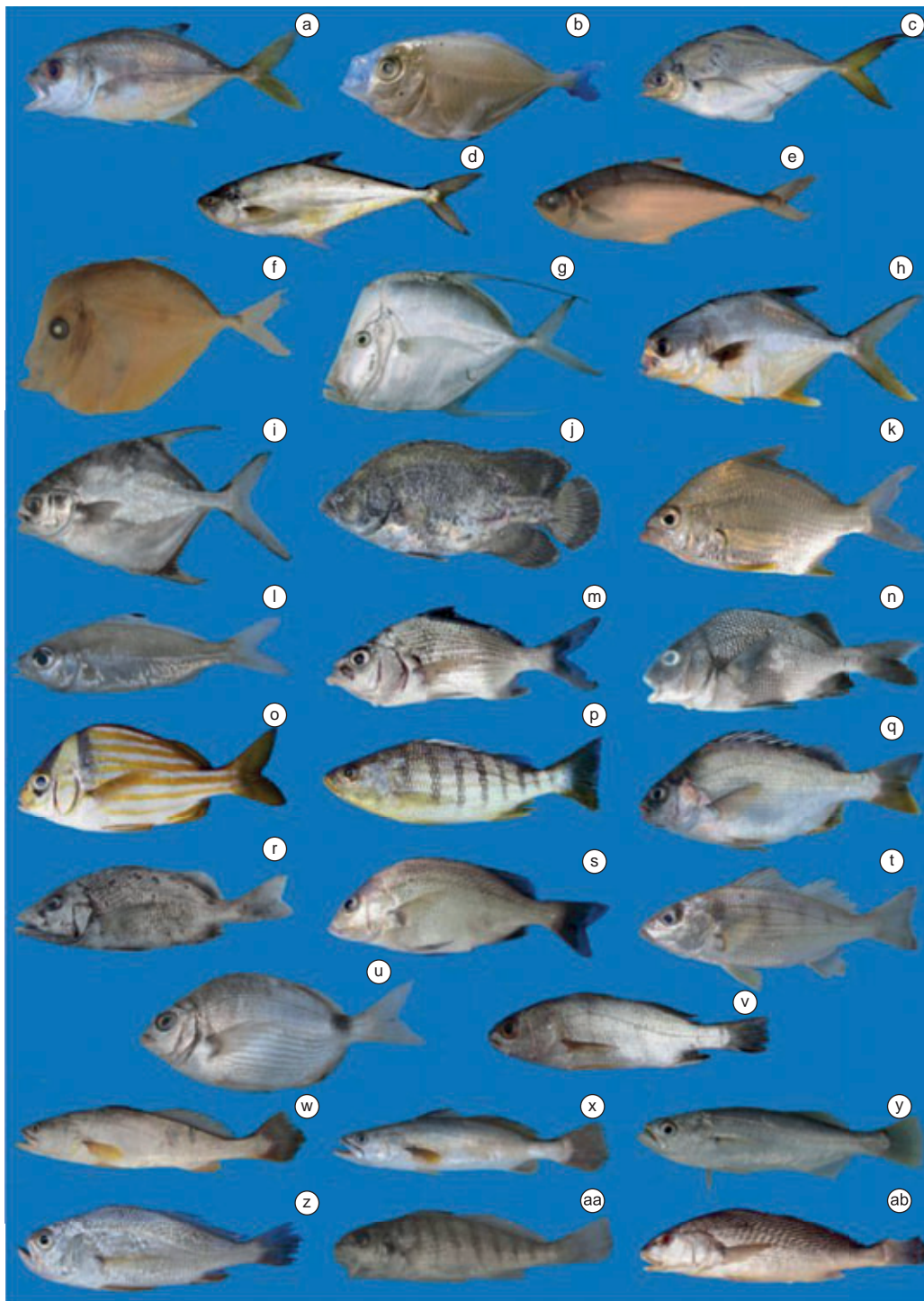


**Figura 3.** Espécies de peixes das ordens Clupeiformes, Siluriformes, Aulopiformes, Batrachoidiformes, Lophiiformes, Atheriniformes, Beloniformes, Beryciformes, Syngnathiformes, Scorpaeniformes e Perciformes, do Canal de Bertioga.

**Figure 3.** Fish species of the orders Clupeiformes, Siluriformes, Aulopiformes, Batrachoidiformes, Lophiiformes, Atheriniformes, Beloniformes, Beryciformes, Syngnathiformes, Scorpaeniformes, and Perciformes, from the Bertioga Channel.

Albulidae: (a) *Albula vulpes*, exemplar não preservado, 36 mm CT. Clupeidae: (b) *Harengula clupeiola*, LBP 10064, 92 mm CT; (c) *Sardinella brasiliensis*, exemplar não preservado, 46 mm CT. Engraulidae: (d) *Lycengraulis grossidens*, LBP 10065, 134 mm CT; (e) *Anchoviella lepidontostole*, exemplar não preservado, 35 mm CT. Ariidae: (f) *Aspistor luniscutis*, LBP 40502, 214 mm CT; (g) *Bagre bagre*, LBP 40597, 372 mm CT; (h) *Cathorops spixii*, LBP 40605, 276 mm CT; (i) *Genidens barbatus*, exemplar não preservado, 130 mm CT; (j) *Genidens genidens*, LBP 10038, 110 mm CT. Callichthyidae: (k) *Callichthys callichthys*, exemplar não preservado, 116 mm CT. Synodontidae: (l) *Synodus foetens*, exemplar não preservado, 38 mm CT. Batrachoididae: (m) *Porichthys porosissimus*, LBP 10034, 285 mm CT. Ogcocephalidae: (n) *Ogcocephalus vespertilio*, exemplar não preservado, 174 mm CT. Atherinopsidae: (o) *Atherinella brasiliensis*, LBP 40562, 109 mm CT. Belonidae: (p) *Strongylura marina*, exemplar não preservado, 590 mm CT; (q) *Strongylura timucu*, LBP 10057, 214 mm CT. Holocentridae: (r) *Holocentrus adscensionis*, exemplar não preservado, 156 mm CT. Syngnathidae: (s) *Syngnathus folletti*, não preservado, 173 mm CT. Triglidae: (t) *Prionotus punctatus*, LBP 10084, 85 mm CT. Centropomidae: (u) *Centropomus parallelus*, LBP 40501, 137 mm CT; (v) *Centropomus undecimalis*, LBP 40602, 284 mm CT. Serranidae: (x) *Diplectrum radiale*, LBP 10069, 124 mm CT; (y) *Epinephelus marginatus*, não preservado, 174 mm CT; (w) *Mycteroperca acutirostris*, não preservado, 322 mm CT; (z) *Serranus flaviventris*, LBP 10079, 101 mm CT. Pomatomidae: (aa) *Pomatomus saltatrix*, LBP 10082, 78 mm CT.



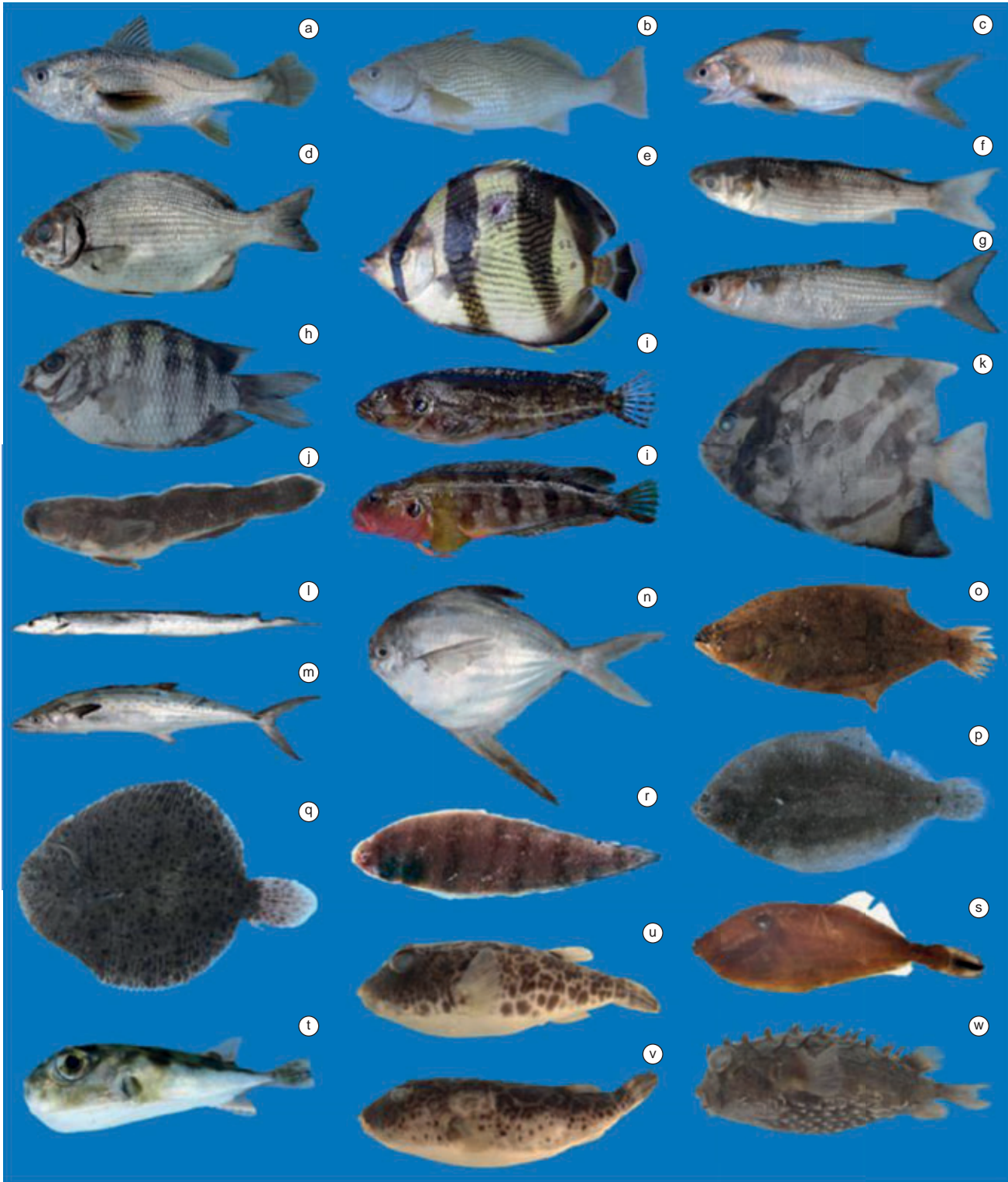


**Figura 4.** Espécies de peixes da ordem Perciformes (continuação), do Canal de Bertioga.

**Figure 4.** Fish species of the orders Perciformes (continued), from the Bertioga Channel.

Carangidae: (a) *Caranx latus*, LBP 40535, 11,4 mm CT; (b) *Chloroscombrus chrysurus*, exemplar não preservado, 34 mm CT; (c) *Hemicaranx amblyrhynchus*, LBP 10054, 287 mm CT; (d) *Oligoplites palometa*, LBP 10053, 298 mm CT; (e) *Oligoplites saliens*, exemplar não preservado, 313 mm CT; (f) *Selene setapinnis*, LBP 10083, 46 mm CT; (g) *Selene vomer*, LBP 10046, 35 mm CT; (h) *Trachinotus carolinus*, LBP 10067, 235 mm CT; (i) *Trachinotus falcatus*, LBP 1044, 278 mm CT. Lobotidae: (j) *Lobotes surinamensis*, LBP 10052, 35 mm CT. Gerreidae: (k) *Diapterus rhombeus*, LBP 10078, 140 mm CT; (l) *Eucinostomus melanopterus*, não preservado, 84 mm CT; (m) *Eugerres brasilianus*, exemplar não preservado, 250 mm CT. Haemulidae: (n) *Anisotremus surinamensis*, LBP 10059, 250 mm CT; (o) *Anisotremus virginicus*, exemplar não preservado, 190 mm CT; (p) *Conodon nobilis*, exemplar não preservado, 196 mm CT; (q) *Genyatremus luteus*, LBP 10033, 267 mm CT; (r) *Haemulon steindachneri*, LBP 10058, 298 mm CT; (s) *Orthopristis ruber*, exemplar não preservado, 197 mm CT; (t) *Pomadasy s corvinaeformis*, exemplar não preservado, 126 mm CT. Sparidae: (u) *Diplodus argenteus*, LBP 10068, 221 mm CT. Sciaenidae: (v) *Bardiella ronchus*, LBP 40524, 123 mm CT; (w) *Cynoscion acoupa*, LBP 40599, 390 mm CT; (x) *Cynoscion microlepidotus*, LBP 40588, 378 mm CT; (y) *Isopisthus parvipinnis*, LBP 10072, 194 mm CT; (z) *Larimus breviceps*, exemplar não preservado, 115 mm CT; (aa) *Menticirrhus americanus*, LBP 10073, 165 mm CT; (ab) *Micropogonias furnieri*, LBP 10070, 340 mm CT.

## Peixes do Canal de Bertioga



**Figura 5.** Espécies de peixes das ordens Perciformes (continuação), Pleuronectiformes e Tetraodontiformes, do Canal de Bertioga.

**Figure 5.** Fish species of the orders Perciformes (continued), Pleuronectiformes and Tetraodontiformes, from the Bertioga Channel.

Perciformes: (a) *Stellifer rastrifer*, LBP 10074, 117 mm CT; (b) *Umbrina coroides*, exemplar não preservado, 304 mm CT. Polynemidae: (c) *Polydactylus virginicus*, LBP 1060, 35 mm CT. Kyphosidae: (d) *Kyphosus saltatrix*, LBP 10048, 314 mm CT. Chaetodontidae: (e) *Chaetodon striatus*, exemplar não preservado, 201 mm CT. Mugilidae: (f) *Mugil curema*, LBP 10004, 143 mm CT; (g) *Mugil liza*, LBP 10051, 310 mm CT. Pomacentridae: (h) *Abudefduf saxatilis*, LBP 40579, 135 mm CT. Labrisomidae: (i) *Labrisomus nuchippinis*, exemplar não preservado 185 mm CT. Gobiidae: (j) *Bathygobius soporator*, LBP 40568, 114 mm CT. Ehippiidae: (k) *Chaetodipterus faber*, LBP 40510, 142 mm CT. Trichiuridae: (l) *Trichiurus lepturus*, LBP 10036, 493 mm CT. Scombridae: (m) *Scomberomorus brasiliensis*, LBP 10035, 415 mm CT. Stromateidae: (n) *Peprilus paru*, LBP 10045, 188 mm CT. Paralichthyidae: (o) *Citharichthys spilopterus*, LBP 40505, 125 mm CT; (p) *Etropus crossotus*, LBP 10088, 96 mm CT. Achiridae: (q) *Achirus lineatus*, LBP 40512, 114 CT. Cynoglossidae: (r) *Symphurus tessellatus*, LBP 10076, 135 mm CT. Monacanthidae: (s) *Aluterus monoceros*, LBP 40534, 253 mm CT. Tetraodontidae: (t) *Lagocephalus laevigatus*, LBP 10087, 61 mm CT; (u) *Sphoeroides greeleyi*, LBP 10086, 93 mm CT; (v) *Sphoeroides testudineus*, LBP 10062, 120 mm CT. Diodontidae: (w) *Chilomycterus spinosus*, LBP 40572, 135 mm CT.



**Tabela 1.** Ictiofauna do trecho norte do Canal de Bertioga. **A.** Número de exemplares, com comprimento máximo e mínimo em milímetros. **B.** Espécies com algum grau de ameaça segundo a Fauna Ameaçada de Extinção no Estado de São Paulo: sobreexplorada (SE); ameaçada de sobreexploração (AS). **C.** Frequência de ocorrência: constantes (C); acessórias (A); ocasionais (O). **D.** Hábitos de vida: demersal (D); pelágico (P). **E.** Habitats preferenciais: água doce (AD); estuarino (E); marinho (M); marinho-estuarino (ME).

**Table 1.** Ichthyofauna of the northern stretch of the Bertioga Channel. **A.** Number of individuals, with maximum and minimum sizes in millimeters. **B.** Species under some degree of risk of extinction according to the São Paulo state Threatened Species List: overexploited (SE); threatened with overexploitation (AS). **C.** Frequency of occurrence: constant (C); accessory (A); occasional (O). **D.** Lifestyle: demersal (D), pelagic (P). **E.** Habitat preference: freshwater (AD); estuarine (E); marine (M); marine-estuarine (ME).

Ordem	Família	Subfamília	Espécie	A	B	C	D	E
Albuliformes	Albulidae	Albulinae	<i>Albula vulpes</i> (Linnaeus 1758)	2 (50-50)		O	P	M
Clupeiformes	Clupeidae		<i>Harengula clupeola</i> (Cuvier 1829)	182 (42-180)		A	P	M
			<i>Sardinella brasiliensis</i> (Steindachner 1879)	1 (46)	SE	O	P	M
Siluriformes	Engraulidae		<i>Lycengraulis grossidens</i> (Spix & Agassiz 1829)	4 (110-146)		A	P	M
			<i>Anchoviella lepidentosteo</i> (Fowler 1911)	58 (21-41)		O	P	M
			<i>Aspistor lumiscutis</i> (Valenciennes 1840)	8 (123-219)		A	D	ME
			<i>Bagre bagre</i> (Linnaeus 1758)	1 (372)		O	D	M
			<i>Cathorops spixii</i> (Agassiz 1829)	144 (60-288)		A	D	E
			<i>Genidens barbatus</i> (Lacepede 1803)	2 (119-170)	SE	O	D	ME
			<i>Genidens genidens</i> (Valenciennes 1840)	36 (65-225)		C	D	ME
	Callichthyidae		<i>Callichthys callichthys</i> (Linnaeus 1758)	2 (80-85)		O	D	AD
Aulopiformes	Synodontidae	Synodontinae	<i>Synodus foetens</i> (Linnaeus 1766)	1 (38)		O	D	M
Batrachoidiformes	Batrachoididae	Porichthyinae	<i>Porichthys porosissimus</i> (Valenciennes 1837)	1 (288)		O	D	ME
Lophiiformes	Ogcocephalidae		<i>Ogcocephalus vespertilio</i> (Linnaeus 1758)	1 (174)		O	D	M
Atheriniformes	Atherinopsidae	Atherinopsinae	<i>Atherinella brasiliensis</i> (Quoy e Gaimard 1824)	65 (30-139)	AS	A	P	E
Beloniformes	Belonidae		<i>Strongylura timucu</i> (Walbaum 1792)	11 (355-406)		O	P	E
			<i>Strongylura marina</i> (Walbaum 1792)	1 (590)		O	P	E
Beryciformes	Holocentridae	Holocentrinae	<i>Holocentrus adscensionis</i> (Osbeck 1765)	1 (190)		O	D	M
Syngnathiformes	Syngnathidae	Syngnatinae	<i>Syngnathus folletti</i> Herald 1942	1 (173)		O	D	ME
Scorpaeniformes	Triglidae		<i>Prionotus punctatus</i> (Bloch 1793)	15 (60-147)		A	D	ME
Perciformes	Centropomidae		<i>Centropomus parallelus</i> Poey 1860	3 (100-221)	AS	A	D	ME
			<i>Centropomus undecimalis</i> (Bloch 1792)	1 (340)	AS	O	D	ME
	Serranidae	Serraninae	<i>Diplectrum radiale</i> (Quoy e Gaimard 1824)	8 (85-220)		O	D	ME
			<i>Epinephelus marginatus</i> (Lowe 1834)	2 (174-176)	SE	O	D	M
			<i>Mycteroperca acutirostris</i> (Valenciennes 1828)	1 (322)		O	D	M
			<i>Serranus flaviventris</i> (Cuvier 1829)	3 (89-100)		O	D	M
			<i>Pomatomus saltatrix</i> (Linnaeus 1766)	1 (78)	AS	O	P	M
			<i>Caranx latus</i> Agassiz 1831	11 (140-220)		A	P	ME
			<i>Chloroscombrus chrysurus</i> (Linnaeus 1766)	1 (35)		O	P	M
			<i>Hemicaranx amblyrhynchus</i> (Cuvier 1833)	1 (287)		O	P	M
			<i>Oligoplites palometa</i> (Cuvier 1832)	109 (55-122)		O	P	ME
			<i>Oligoplites saliens</i> (Bloch 1793)	1 (313)		O	P	ME
	Gerreidae		<i>Selene setapinnis</i> (Mitchill 1815)	2 (40-46)		O	P	ME
			<i>Selene vomer</i> (Linnaeus 1758)	8 (32-290)		O	P	ME
			<i>Trachinotus carolinus</i> (Linnaeus 1766)	24 (78-248)		A	P	ME
			<i>Trachinotus falcatus</i> (Linnaeus 1758)	19 (30-265)		A	P	ME
			<i>Lobotes surinamensis</i> (Bloch 1790)	1 (305)		O	D	ME
			<i>Diapterus rhombeus</i> (Cuvier 1829)	60 (138-190)		A	D	E
			<i>Eucinostomus melanopterus</i> (Bleeker 1863)	3 (82-106)		O	D	ME
			<i>Eugerres brasiliensis</i> (Valenciennes 1830)	1 (250)		O	D	ME
			<i>Anisotremus surinamensis</i> (Bloch 1791)	2 (204-256)		O	D	M
			<i>Anisotremus virginicus</i> (Linnaeus 1758)	1 (190)		O	D	M
	Haemulidae		<i>Conodon nobilis</i> (Linnaeus 1758)	1 (150)		O	D	ME
			<i>Genyatremus luteus</i> (Bloch 1790)	1 (267)		O	D	ME
			<i>Haemulon steindachneri</i> (Jordan & Gilbert 1882)	9 (98-260)		A	D	ME
			<i>Orthopristis ruber</i> (Cuvier 1830)	1 (197)		O	D	M

Tabela 1. Continuação...

Ordem	Família	Subfamília	Espécie	A	B	C	D	E
			<i>Pomadasys corvinaeformis</i> (Steindacher 1868)	16 (30-160)		O	D	ME
	Sparidae		<i>Diplodus argenteus</i> (Valenciennes 1830)	1 (110)		O	D	M
	Sciaenidae		<i>Bairdiella ronchus</i> (Cuvier 1830)	4 (90-125)		O	D	ME
			<i>Cynoscion acoupa</i> (Lacepède 1801)	1 (450)	AS	O	D	ME
			<i>Cynoscion microlepidotus</i> (Curvier 1830)	1 (311)	AS	O	D	ME
			<i>Isopisthus parvipinnis</i> (Curvier 1830)	3 (168-188)		O	D	ME
			<i>Larimus breviceps</i> Cuvier 1830	1 (170)		O	D	ME
			<i>Menticirrhus americanus</i> (Linnaeus 1758)	7 (118-314)		A	D	ME
			<i>Micropogonias furnieri</i> (Desmarest 1823)	6 (146-492)	SE	A	D	ME
			<i>Stellifer rastrifer</i> (Jordan 1889)	243 (50-198)		C	D	ME
			<i>Umbrina coroides</i> Cuvier 1830	1 (281)		O	D	ME
	Polynemidae		<i>Polydactylus virginicus</i> (Linnaeus 1758)	3 (100-126)		O	D	ME
	Kyphosidae	Kyphosinae	<i>Kyphosus sectatrix</i> (Linnaeus 1758)	2 (240-290)		O	D	M
	Chaetodontidae		<i>Chaetodon striatus</i> Linnaeus 1758	1 (145)		O	D	M
	Mugilidae		<i>Mugil curema</i> Valenciennes 1836	102 (19-280)		A	P	ME
			<i>Mugil liza</i> Valenciennes 1836	3 (301-385)	SE	O	P	ME
	Pomacentridae		<i>Abudefduf saxatilis</i> (Linnaeus 1758)	2 (135-180)		O	D	M
	Labrisomidae		<i>Labrisomus nuchippinis</i> (Quoy e Gaimard 1824)	2 (180-185)		O	D	M
	Gobiidae	Gobionellinae	<i>Bathygobius soporator</i> (Valenciennes 1837)	9 (51-156)		O	D	ME
	Ephippidae		<i>Chaetodipterus faber</i> (Broussonet 1782)	11 (40-160)		C	P	M
	Trichiuridae		<i>Trichiurus lepturus</i> Linnaeus 1758	5 (123-1150)		A	P	ME
	Scombridae		<i>Scomberomorus brasiliensis</i> Collette et al. 1978	1 (415)		O	P	M
	Stromateidae		<i>Peprilus paru</i> Linnaeus 1758	2 (188-265)		O	P	ME
Pleuronectiformes	Paralichthyidae		<i>Citharichthys spilopterus</i> Gunter 1862	90 (54-159)		C	D	E
			<i>Etropus crossotus</i> Jordan & Gilbert 1882	14 (65-122)		A	D	E
	Achiridae		<i>Achirus lineatus</i> (Linnaeus 1758)	57 (56-132)		C	D	ME
	Cynoglossidae	Symphurinae	<i>Symphurus tessellatus</i> (Quoy e Gaimard 1824)	6 (81-170)		A	D	E
	Monacanthidae		<i>Aluterus monoceros</i> (Linnaeus 1758)	1 (248)		O	P	M
	Tetraodontidae		<i>Lagocephalus laevigatus</i> (Linnaeus 1766)	13 (52-110)		C	D	ME
			<i>Sphoeroides greeleyi</i> Gilbert 1900	3 (93-195)		O	D	E
			<i>Sphoeroides testudineus</i> (Linnaeus 1758)	3 (85-120)		A	D	E
	Diodontidae		<i>Chilomycterus spinosus</i> (Linnaeus 1758)	2 (129-165)		O	D	E

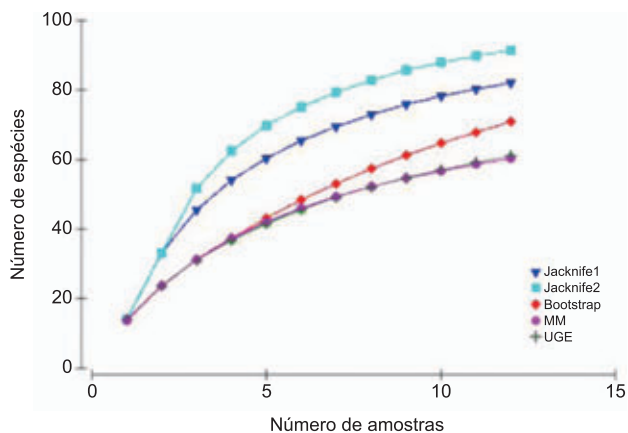


Figura 6. Curvas de suficiência da amostragem no trecho norte do Canal de Bertioga através dos estimadores não paramétricos de Jackknife 1, Jackknife 2, Bootstrap, Michaelis Menton e UGE.

Figure 6. Sampling efficiency curves for the northern stretch of the Bertioga Channel using the non-parametric estimators Jackknife1, Jackknife2, Bootstrap, Michaelis Menton, and UGE.

*Anchoviella lepidentostole* (n = 58), e *Achirus lineatus* (n = 57) (Tabela 1). Das espécies encontradas, seis foram reconhecidas como constantes, 19 acessórias e 53 ocasionais (Tabela 1). Em relação aos seus hábitos, 40 espécies são marinho-estuarinas, 26 são marinhas, 11 estuarinas e uma de água doce, com 52 espécies demersais e 26 pelágicas (Tabela 1). Onze espécies são incluídas na lista de espécies ameaçadas de extinção do estado de São Paulo (São Paulo 2009), todas com importância para pesca comercial e/ou esportiva das regiões sudeste e sul do Brasil (Tabela 1).

A diversidade e abundância das espécies variaram nas diferentes áreas de coleta e estações do ano, como descrito a seguir.

### 1. Áreas de estudo

As três áreas de coleta apresentaram diferentes características físico-químicas e composição de espécies, porém não foi observada variação significativa de temperatura nas áreas amostradas (Tabela 2).

A área 1 (Figura 2b), localizada na porção mais interna do canal, apresentou os maiores valores médios anuais de salinidade (19,9%), e os menores valores de pH (7,4) e oxigênio dissolvido (67,2%), na superfície, e o maior valor médio de oxigênio dissolvido (62,3%),



**Tabela 2.** Parâmetros físico-químicos das localidades de coleta, média, valores mínimo e máximo na superfície e fundo.**Table 2.** Physico-chemical parameters of collection localities, mean, minimum and maximum values from the surface and bottom.

	Área 1	Área 2	Área 3
<b>pH - superfície</b>	7,4 (6,8-8,1)	7,5 (7,0-7,9)	7,6 (7,2-7,8)
<b>pH - fundo</b>	7,7 (7,0-8,1)	7,7 (7,4-8,0)	7,7 (7,6-8,1)
<b>OD (%) - superfície</b>	67,2 (45,2-92,2)	67,3 (49,4-80,2)	69,4 (57,9-79,2)
<b>OD (%) - fundo</b>	62,2 (45,2-75,4)	55,3 (38,2-75,0)	57,3 (38,2-70,4)
<b>Salinidade (‰) - superfície</b>	19,8 (14,6-27,07)	16,5 (12,4-21,9)	17,5 (13,8-20,9)
<b>Salinidade (‰) - fundo</b>	24 (17,9-29,25)	25,1 (19,5-27,9)	25,7 (19,9-30,8)
<b>Temperatura (°C) - superfície</b>	25,9 (22,3-27,5)	24,8 (22,1-26,4)	24,7 (22,1-26,4)
<b>Temperatura (°C) - fundo</b>	24,4 (21,9-26,9)	24,4 (21,4-26,4)	24,2 (21,6-26,7)

e os menores valores de pH (7,7) e salinidade (24,0‰), no fundo (Tabela 2). Na área, foram registrados valores intermediários dos índices de riqueza de Margalef (d) e de diversidade de Shannon-Wiener (H'), respectivamente  $d = 9,358$  e  $H' = 3,526$ . As espécies mais abundantes foram *Stellifer rastrifer* (n = 181), *Cathorops spixii* (n = 111) e *Diapterus rhombeus* (n = 60), com *Centropomus undecimalis*, *Cynoscion acoupa*, *C. microlepidotus*, *Diapterus rhombeus*, *Genidens barbatus*, *Oligoplites saliens*, *Porichthys porosissimus* e *Selene setapinnis*, coletadas somente nesta área.

A área 2 (Figura 2c), localizada na confluência com o rio Itapanhaú, apresentou valores médios anuais mais baixos de salinidade (16,5‰), e oxigênio dissolvido (67,3%), na superfície, e o valor médio mais alto de pH (7,7), no fundo (Tabela 2), com os menores índices de riqueza de espécies de Margalef (d) e de diversidade de Shannon-Wiener (H'), respectivamente  $d = 6,569$  e  $H' = 3,045$ . As espécies mais abundantes foram *Stellifer rastrifer* (n = 39), *Cathorops spixii* (n = 31) e *Citharichthys spilopterus* (n = 26), sendo que *Syngnathus folletti* e *Eugerres brasiliensis* foram encontradas somente nesta área.

A área 3 (Figura 2a), próxima à barra do canal, apresentou uma grande variação de salinidade conforme o regime de marés. Na área foram registrados os maiores valores médios anuais de pH (7,7) e oxigênio dissolvido (69,4%), na superfície, com os maiores valores médios anuais de pH (7,7) e salinidade (25,7‰), no fundo (Tabela 2). A área 1 apresentou os maiores índices de riqueza de Margalef (d) e de diversidade de Shannon-Wiener (H'), respectivamente  $d = 12,33$  e  $H' = 3,892$ . As espécies mais abundantes foram *Harengula clupeiola* (n = 182), *Oligoplites palometa* (n = 108) e *Mugil curema* (n = 100), com outras espécies, típicas de costão rochoso, encontradas somente nesta área.

## 2. Estações do ano

Os índices de riqueza de Margalef (d) e de diversidade de Shannon-Wiener (H'), foram maiores no outono e inverno, respectivamente,  $d = 9,767$  e  $8,736$ , e  $H' = 3,584$  e  $3,434$ , com valores mais baixos na primavera e verão, respectivamente  $d = 7,889$  e  $7,673$ , e  $3,296$  e  $3,258$ . As espécies encontradas em todas estações do ano foram *Achirus lineatus*, *Atherinella brasiliensis*, *Cathorops spixii*, *Chaetodipterus faber*, *Citharichthys spilopterus*, *Genidens genidens*, *Micropogonias furnieri* e *Stellifer rastrifer*. No verão, as espécies mais abundantes foram *Stellifer rastrifer* (n = 30), *Cathorops spixii* (n = 16), *Caranx latus* (n = 9), *Citharichthys spilopterus* (n = 9) e *Genidens genidens* (n = 9), no outono, *Cathorops spixii* (n = 76), *Mugil curema* (n = 72), *Harengula clupeiola* (n = 37) e *Citharichthys spilopterus* (n = 23), no inverno, *Harengula clupeiola* (n = 144), *Stellifer rastrifer* (n = 119), *Oligoplites palometa* (n = 108), *Atherinella brasiliensis* (n = 20),

*Citharichthys spilopterus* (n = 20), e na primavera, *Stellifer rastrifer* (n = 93), *Diapterus rhombeus* (n = 60), *Anchoviella lepidentostole* (n = 58) e *Achirus lineatus* (n = 46).

## Discussão

### 1. A ictiofauna

O trecho norte do Canal de Bertioiga é caracterizado pela dominância de poucas espécies (as espécies constantes representaram 7,7% do total das espécies, Tabela 1), com um número moderado de espécies freqüentes (as espécies acessórias representaram 24,3% do total de espécies, Tabela 1), e um grande número de espécies raras (as espécies ocasionais representaram 68% do total das espécies, Tabela 1), condição comum em estudos da ictiofauna estuarina (Pinheiro 1999, Corrêa 2000, Santos et al. 2002, Vendel et al. 2003). Das 78 espécies encontradas no trecho norte do Canal de Bertioiga, *Stellifer rastrifer*, *Cathorops spixii* e *Citharichthys spilopterus* destacaram-se pela abundância, sendo que a predominância numérica de *Stellifer rastrifer*, *Cathorops spixii*, *Mugil curema*, também foi observada no complexo estuarino de Santos-São Vicente (Vazzoler 1969, Paiva-Filho 1982, Paiva-Filho et al. 1987, Giannini & Paiva-Filho 1990, Fundação... 2006). Apenas *Sardinella brasiliensis* é restrita à Província Zoogeográfica Argentina, sendo que as demais espécies apresentam uma ampla distribuição.

O Canal de Bertioiga pode ser considerado uma área de criadouro devido à predominância de exemplares juvenis de espécies marinho-estuarinas (Tabela 1), enquanto espécies tipicamente marinhas ocorreram principalmente na área 1, onde os padrões hidrográficos representam um contínuo do ambiente marinho adjacente. A baixa ocorrência de espécies residentes ou constantes pode ser justificada pelas dificuldades de adaptação a variação dos parâmetros ambientais num curto espaço de tempo (Day et al. 1989). Variação significativa dos índices de diversidade de Shannon-Wiener e riqueza de espécies de Margalef foi observada nas estações do ano, com maior diversidade e abundância no outono e inverno, final do período chuvoso e início do período de seca na região (Bernardes 2001). O tamanho médio dos exemplares permite interpretar que as espécies mais abundantes, exceção feita a *Cathorops spixii*, são representadas por indivíduos jovens (Tabela 1), que utilizam a região para alimentação, crescimento e proteção.

Das espécies capturadas no trecho norte do Canal de Bertioiga, *Centropomus parallelus*, *C. undecimalis*, *Anisotremus surinamensis*, *Chaetodipterus faber*, *Cynoscion acoupa*, *C. microlepidotus*, *Epinephelus marginatus*, *Eugerres brasiliensis*, *Genidens barbatus*, *Isopisthus parvipinnis*, *Micropogonias furnieri*, *Mugil liza*,

*Mycteroperca acutirostris*, *Pomatomus saltatrix*, *Sardinella brasiliensis*, *Scomberomorus brasiliensis*, *Trachinotus carolinus*, *T. falcatus*, e *Umbrina coroides* são aquelas com maior interesse para pesca comercial que atua na plataforma continental adjacente, enquanto que *Centropomus parallelus*, *C. undecimalis*, *Cynoscion acoupa*, *Trichiurus lepturus*, *Micropogonias furnieri* e *Epinephelus marginatus*, são espécies alvo de pescadores esportivos que atuam no Canal de Bertioga. As espécies *Bagre marinus* (Mitchill 1815), *Cynoscion jamaicensis* (Vaillant & Bocourt 1883), *Cynoscion leiarchus* (Cuvier 1830), *Cynoscion virescens* (Cuvier 1830), *Hippocampus reidi* Ginsburg 1933, *Macrodon ancylodon* (Bloch & Schneider 1801), *Pogonias cromis* (Linnaeus 1766), e *Umbrina canosai* Berg 1895, incluídas na lista de espécies ameaçadas do estado de São Paulo (São Paulo 2009), não foram encontradas no trecho norte do Canal de Bertioga. Foram encontradas na área estudada, as seguintes espécies incluídas na lista de espécies ameaçadas do estado de São Paulo (São Paulo 2009): *Atherinella brasiliensis*, *Centropomus parallelus*, *C. undecimalis*, *Cynoscion acoupa*, *C. microlepidotus*, *Genidens barbatus*, *Epinephelus marginatus*, *Micropogonias furnieri*, *Mugil liza*, *Pomatomus saltatrix* e *Sardinella brasiliensis* (Tabela 1).

A presença de *Callichthys callichthys* no canal de Bertioga, é interpretada como ocasional, após período de chuva intensa. Os exemplares observados possivelmente são originários do rio Itapanhaú.

## 2. O Canal de Bertioga

Estuários geralmente estão localizados em áreas sujeitas a grande pressão ambiental, decorrente da urbanização, industrialização e atividades portuárias, assim como do turismo, levando a uma crescente preocupação com a conservação destas áreas. O complexo estuarino da Baixada Santista, no qual o Canal de Bertioga está inserido, há muito tempo sofre forte pressão ambiental decorrente da dinâmica de ocupação humana e contaminação de seu complexo hídrico pelo complexo industrial de Cubatão e pelo complexo portuário de Santos, com áreas de manguezal altamente degradadas (Companhia...1991, Rodrigues et al. 1995, Silva et al. 2008, Cunha-Lignon et al. 2009). Até bem pouco tempo, o difícil acesso à região de Bertioga minimizou o efeito de ações antrópicas sobre o complexo hídrico da região.

Nos dias atuais, o trecho sul do Canal de Bertioga está sujeito a diferentes fontes de pressão ambiental, enquanto no trecho norte, que não sofre influência das águas provenientes do trecho sul (Bernardes 2001), encontramos áreas menos degradadas, mas que nas últimas décadas vêm sofrendo importantes alterações na paisagem natural decorrentes do aterro dos manguezais para construção de marinas e moradias, intenso tráfego de embarcações de médio a grande porte e atividade pesqueira de habitantes locais e turistas (Rodrigues et al. 1995). A construção da rodovia SP-55 e do oleoduto da Petrobrás permitiram o avanço da ocupação humana em áreas de floresta atlântica, restinga e manguezal na margem continental, enquanto que na margem insular (ilha de Santo Amaro), aproximadamente 107,3 ha de área de manguezal, o equivalente a 78,4% da cobertura de manguezal original, foi desmatada e substituída por estruturas de apoio náutico (Cunha-Lignon et al. 2009). Apesar disso, o trecho norte do Canal de Bertioga é considerado importante como referência em estudos de contaminação do complexo hídrico da Baixada Santista (Lamparelli et al. 2007).

Ao contrário das demais áreas do complexo estuarino de Santos-São Vicente, a ictiofauna do trecho norte do Canal de Bertioga ainda não havia sido inventariada. Considerando que levantamentos faunísticos são a primeira etapa para o desenvolvimento de estudos ecológicos e biológicos em qualquer ambiente, a fim de estimar a potencialidade de exploração destes recursos, os resultados obtidos

são de grande importância para elaboração de planos de gestão e conservação dos recursos naturais da região, assim como podem servir como fonte de consulta para identificação das espécies de peixes em futuros estudos de biologia e/ou ecologia na região.

## Chave de Identificação para as Espécies do Trecho norte do Canal de Bertioga

1a. Nadadeira dorsal com raios moles, ou com um único espinho; nadadeira anal sem espinhos ... 2

1b. Nadadeira dorsal com mais de um espinho; nadadeira anal com espinhos ... 25

2a. Corpo marcadamente comprimido; olhos no mesmo lado da cabeça ... 3

2b. Corpo não marcadamente comprimido; olhos nunca no mesmo lado da cabeça ... 6

3a. Olhos geralmente do lado direito da cabeça; margem do pré-opérculo não visível, coberta por pele ... (Achiridae) ... *Achirus lineatus* (Figura 4q)

3b. Olhos geralmente do lado esquerdo da cabeça; margem do pré-opérculo visível, não coberta por pele... 4

4a. Nadadeiras dorsal e anal distintas da nadadeira caudal ... (Paralichthyidae) ... 5

4b. Nadadeiras dorsal e anal indistintas da nadadeira caudal ... (Cynoglossidae) ... *Symphurus tessellatus* (Figura 5r)

5a. Boca muito pequena, a extremidade posterior não alcançando a margem anterior do olho; rastros branquiais no primeiro arco branquial curtos e espinhosos ... *Etropus crossotus* (Figura 5p)

5b. Boca grande, a extremidade posterior alcançando a margem anterior do olho; rastros branquiais no primeiro arco branquial longos e não espinhosos ... *Citharichthys spilopterus* (Figura 5o)

6a. Corpo globoso e inflável, às vezes com espinhos; escamas verdadeiras ausentes ... (Tetraodontiformes) ... 7

6b. Corpo não globoso e não inflável, sempre sem espinhos; escamas verdadeiras presentes ou ausentes ... 11

7a. Corpo sem tubérculos e com espinhos ... (Diodontidae) ... *Chilomycterus spinosus* (Figura 5w)

7b. Corpo com tubérculos e sem espinhos ... 8

8a. Dentes fundidos em duas placas dentárias em cada maxila; espinho dorsal ausente ... (Tetraodontidae) ... 9

8b. Dentes não fundidos em cada maxila; espinho dorsal conspicuo e ereto presente ... (Monacanthidae) ... *Aluterus monoceros* (Figura 5s)

9a. Nadadeiras dorsal e anal com 13-14 raios cada uma... *Lagocephalus laevigatus* (Figura 5t)

9b. Nadadeiras dorsal e anal com 7-10 raios cada uma ... 10

10a. Presença de dois ou três *flaps* pequenos e achatados em cada lado do corpo; corpo com manchas grandes, escuras e arredondadas, contornadas por uma linha mais clara; região interorbital escura, com duas faixas transversais cor creme ... *Spherooides testudineus* (Figura 5v)

10b. *Flaps* ausentes em cada lado do corpo; corpo com manchas pequenas, pouco mais escuras do que o restante do corpo; região interorbital sem faixas transversais ... *Spherooides greeleyi* (Figura 5u)

11a. Escudos ósseos restritos à região ventral do corpo presentes; maxilas geralmente pequenas, com dentes não visíveis a olho nu, ou sem dentes; uma única nadadeira dorsal; nadadeira adiposa ausente ... (Clupeidae) ... 12

11b. Escudos ósseos na região ventral do corpo ausentes ou, se presentes, formando duas séries na face lateral do corpo; maxilas de tamanho variável, com dentes visíveis a olho nu; uma ou duas nadadeiras dorsais, nadadeira adiposa presente ... 13

12a. Corpo comprimido; menos de 45 rastros no ramo inferior do primeiro arco branquial; nadadeira pélvica com oito raios ... *Harengula clupeola* (Figura 3b)

12b. Corpo roliço; mais de 45 rastros no ramo inferior do primeiro arco branquial; nadadeira pélvica com nove raios ... *Sardinella brasiliensis* (Figura 3c)

13a. Corpo sem escamas, mas às vezes com duas séries laterais de placas ósseas; nadadeira dorsal e nadadeira peitoral com um espinho forte; dois a três pares de barbilhões carnosos em torno da boca sempre presentes ... 14

13b. Corpo com ou sem escamas, mas nunca com placas ósseas; nadadeira dorsal e nadadeira peitoral sem um espinho; barbilhões carnosos em torno da boca ausentes ... 19

14a. Corpo revestido por duas séries de placas ósseas; nadadeira adiposa ausente ... (Callichthyidae) ... *Callichthys callichthys* (Figura 3k)

14b. Corpo nu; nadadeira adiposa presente ... (Ariidae) ... 15

15a. Dois pares de barbilhões, o par maxilar em forma de fita e um par mental ... *Bagre bagre* (Figura 3g)

15b. Três pares de barbilhões, o par maxilar cilíndrico e dois pares mentais ... 16

16a. Placa nugal muito grande, arredondada ou quadriculada ... *Aspistor luniscutis* (Figura 3f)

16b. Placa nugal pequena, na forma de uma meia-lua ... 17

17a. Dentes molariformes grandes nas placas acessórias de dentes; nadadeira adiposa pequena, sua base cabendo duas vezes ou mais no comprimento da base da nadadeira anal ... *Cathorops spixii* (Figura 3h)

17b. Dentes cônicos pequenos nas placas acessórias de dentes; nadadeira adiposa de tamanho moderado, sua base cabendo 1,5 vezes no comprimento da base da nadadeira anal ... 18

18a. Placas acessórias de dentes sobre projeções carnosas móveis ... *Genidens genidens* (Figura 3j)

18b. Placas acessórias de dentes fixas no palato ... *Genidens barbatus* (Figura 3i)

19a. Boca inferior; nadadeiras pélvicas em posição abdominal, com 7-14 raios; nadadeira adiposa ausente; 10-15 raios branquiostégios ... (Albulidae) ... *Albula vulpes* (Figura 3a)

19b. Boca geralmente terminal; nadadeiras pélvicas anteriores, com 6-7 raios; nadadeira adiposa presente ou ausente; menos de 10 raios branquiostégios... 20

20a. Nadadeira adiposa presente; extremidade posterior da maxila ultrapassando a linha vertical que passa pela borda posterior do olho; nadadeira dorsal posicionada atrás da nadadeira pélvica... (Synodontidae) ... *Synodus foetens* (Figura 3L)

20b. Nadadeira adiposa ausente; extremidade posterior da maxila geralmente não alcançando a linha vertical que passa pela borda posterior do olho; nadadeira dorsal posicionada à frente da nadadeira pélvica... 21

21a. Focinho longo, com maxilas fixas, estendidas para frente; nadadeiras pélvicas abdominais; linha lateral próxima à margem ventral do corpo ... (Belonidae) ... 22

21b. Focinho curto, com maxilas móveis, não estendidas para frente; nadadeiras pélvicas não abdominais; linha lateral distante da margem ventral do corpo ... 23

22a. Escamas pequenas, em 215-304 séries transversais, entre a borda posterior do olho e a origem da nadadeira dorsal; sem uma faixa escura na região mediana do tronco ... *Strongylura marina* (Figura 3p)

22b. Escamas grandes, em 120-185 séries transversais, entre a borda posterior do olho e a origem da nadadeira dorsal; com uma faixa escura na região mediana do tronco ... *Strongylura timucu* (Figura 3q)

23a. Focinho longo e tubular; dentes ausentes; corpo revestido por anéis ósseos; nadadeiras pélvicas ausentes ... (Syngnathidae) ... *Syngnathus folletti* (Figura 3s)

23b. Focinho obtuso e não tubular; dentes presentes; corpo não revestido por anéis ósseos; nadadeiras pélvicas presentes ... (Engraulidae) ... 24

24a. Dentes da mandíbula grandes e espaçados ... *Lycengraulis grossidens* (Figura 3d)

24b. Dentes da mandíbula pequenos e não espaçados ... *Anchoviella lepidentostole* (Figura 3e)

25a. Nadadeiras pélvicas inseridas à frente da nadadeira dorsal; primeira nadadeira dorsal com três a quatro espinhos ... 26

25b. Nadadeiras pélvicas inseridas atrás da nadadeira dorsal; primeira nadadeira dorsal com quatro ou mais espinhos ... 27

26a. Pele com denticulos grossos e cônicos; nadadeira peitoral modificadas para apoiar no substrato; apêndice carnosos acima da cabeça presente; linha lateral ausente ... (Ogcocephalidae) ... *Ogcocephalus vespertilio* (Figura 3n)

26b. Pele sem denticulos; nadadeira peitoral não modificadas para apoiar no substrato; apêndice carnosos acima da cabeça ausente; linha lateral presente ... (Batrachoididae) ... *Porichthys porosissimus* (Figura 3m)

27a. Nadadeiras dorsais separadas por uma distância maior que o comprimento da base da primeira nadadeira dorsal ... 28

27b. Nadadeiras dorsais separadas por uma distância menor que o comprimento da base da primeira nadadeira dorsal, às vezes constituindo uma única nadadeira ... 30

28a. Boca não protrátil; olhos recobertos por pálpebras adiposas; base da nadadeira anal aproximadamente do mesmo comprimento da base da segunda nadadeira dorsal ... (Mugilidae) ... 29

28b. Boca protrátil; olhos não cobertos por pálpebras adiposas; base da nadadeira anal muito maior do que a base da segunda nadadeira dorsal ... (Atherinopsidae) ... *Atherinella brasiliensis* (Figura 3o)

29a. Segunda nadadeira dorsal e nadadeira anal cobertas por escamas; geralmente com 38-39 escamas na série longitudinal; corpo sem faixas longitudinais escuras ... *Mugil curema* (Figura 5f)

29b. Segunda nadadeira dorsal e nadadeira anal não cobertas por escamas; geralmente com 30-34 escamas na série longitudinal; corpo com faixas longitudinais escuras ... *Mugil liza* (Figura 5g)

30a. Pré-opérculo e opérculo com margens serrilhadas e um espinho alongado; sete raios na nadadeira pélvica ... (Holocentridae) ... *Holocentrus adscensionis* (Figura 3r)

30b. Pré-opérculo e opérculo com margens não serrilhadas ou, se serrilhadas, sem um espinho alongado; seis raios na nadadeira pélvica ... 31

31a. Raios inferiores da nadadeira peitoral destacados ... 32

31b. Raios inferiores da nadadeira peitoral unidos... 33

32a. Cabeça grande, coberta de espinhos e com duas projeções arredondadas pequenas na margem anterior; raios da nadadeira peitoral espessos, formando apêndices para caminhar no substrato ... (Triglidae) ... *Prionotus punctatus* (Figura 3t)

32b. Cabeça pequena sem espinhos e/ou projeções na margem anterior; raios das nadadeiras peitorais delgados e filamentosos, não formando apêndices para caminhar no substrato ... (Polynemidae) ... *Polydactylus virginicus* (Figura 5c)

33a. Nadadeira anal com dois espinhos ... (Carangidae) ... 34

33b. Nadadeira anal sem espinhos ... 42

34a. Escamas na porção posterior da linha lateral modificadas em escudos ... 35

34b. Escamas na porção posterior da linha lateral não modificados em escudos ... 39



35a. Corpo muito comprimido, perfil ventral muito mais convexo do que o perfil dorsal; nadadeira peitoral ultrapassando a linha vertical que passa pela base da nadadeira pélvica; cinco a 15 escudos diminutos na linha lateral ... 36

35b. Corpo pouco comprimido, perfil dorsal e ventral igualmente convexos; nadadeira peitoral não ultrapassando a linha vertical que passa pela base da nadadeira pélvica; mais de 23 escudos grandes da linha lateral ... 38

36a. Nadadeira anal com 25 a 28 raios; perfil ventral do corpo mais convexo do que o perfil dorsal; mancha escura no pedúnculo caudal presente ... *Chloroscombrus chrysurus* (Figura 4b)

36b. Nadadeira anal com 16 a 20 raios; perfil dorsal e ventral do corpo igualmente convexo; mancha escura no pedúnculo caudal ausente ... 37

37a. Perfil da cabeça aproximadamente vertical na região dos olhos; 31 a 35 rastros no primeiro arco branquial; raios anteriores das nadadeiras dorsal e anal prolongados ... *Selene vomer* (Figura 4g)

37b. Perfil da cabeça côncavo na região dos olhos; 34 a 44 rastros no primeiro arco branquial; raios anteriores das nadadeiras dorsal e anal não prolongados ... *Selene setapinnis* (Figura 4f)

38a. Maxila superior com uma única série de dentes; quilhas no pedúnculo caudal ausentes; porção anterior da linha lateral sinuosa, com menos da metade do comprimento da porção reta ... *Hemicaranx amblyrhynchos* (Figura 4c)

38b. Maxila superior com várias séries de dentes; duas quilhas em cada lado do pedúnculo caudal; porção anterior da linha lateral sinuosa, com mais da metade do comprimento da porção posterior reta ... *Caranx latus* (Figura 4a)

39a. Boca grande, o comprimento da maxila superior contido menos de duas vezes no comprimento da cabeça; raios posteriores da nadadeira dorsal e da nadadeira anal destacados ... 40

39b. Boca pequena, o comprimento da maxila superior contido mais de duas vezes no comprimento da cabeça; raios posteriores da nadadeira dorsal e da nadadeira anal unidos... 41

40a. Maxila superior com uma única série de dentes; perfil ventral da maxila inferior muito saliente; 17 a 20 rastros branquiais no ramo inferior do primeiro arco branquial, excluindo os rudimentos ... *Oligoplites saliens* (Figura 4e)

40b. Maxila superior com duas séries de dentes; perfil ventral da maxila inferior retilíneo; 11 a 15 rastros branquiais no ramo inferior do primeiro arco branquial, excluindo os rudimentos ... *Oligoplites palometa* (Figura 4d)

41a. Olho muito menor do que o comprimento do focinho; 17 a 21 raios na nadadeira dorsal; 16 a 19 raios prolongados na nadadeira anal ... *Trachinotus falcatus* (Figura 4i)

41b. Olho pouco menor do que o comprimento do focinho; 22 a 27 raios na nadadeira dorsal; 20 a 24 raios pouco prolongados na nadadeira anal ... *Trachinotus carolinus* (Figura 4h)

42a. Últimos raios da segunda nadadeira dorsal e da nadadeira anal destacados e ramificados; pedúnculo caudal com dois a três quilhas de cada lado ... (Scombridae) ... *Scomberomorus brasiliensis* (Figura 5m)

42b. Últimos raios da segunda nadadeira dorsal e da nadadeira anal não destacados e ramificados; pedúnculo caudal geralmente sem quilhas ... 43

43a. Corpo em forma de fita; nadadeira pélvica ausentes; dentes em forma de punhal ... (Trichiuridae) ... *Trichiurus lepturus* (Figura 5L)

43b. Corpo nunca em forma de fita; nadadeira pélvica presentes; dentes nunca em forma de punhal ... 44

44a. Boca protrátil, formando um tubo; segunda nadadeira dorsal com uma bainha de escamas na base ... Gerreidae ... 45

44b. Boca geralmente não protrátil, nunca formando um tubo; segunda nadadeira dorsal geralmente sem uma bainha de escamas na base ... 47

45a. Margem do pré-opérculo serrilhada; primeira nadadeira dorsal sem uma mancha escura ... 46

45b. Margem do pré-opérculo lisa; primeira nadadeira dorsal com uma mancha escura ... *Eucinostomus melanopterus* (Figura 4L)

46a. Região pré-orbital serrilhada; corpo com várias faixas longitudinais escuras; nadadeira anal geralmente com três espinhos e sete raios; ramo inferior do primeiro arco branquial com 10 a 12 rastros... *Eugerres brasilianus* (Figura 4m)

46b. Região pré-orbital não serrilhada; corpo sem faixas longitudinais escura; nadadeira anal geralmente com dois espinhos e nove raios; ramo inferior do primeiro arco branquial com 16 a 18 rastros ... *Diapterus rhombeus* (Figura 4k)

47a. Linha lateral alcançando a extremidade posterior da nadadeira caudal ... 48

47b. Linha lateral alcançando a base da nadadeira caudal ... 58

48a. Mento com quatro ou cinco poros sensoriais; nadadeira dorsal com 18 a 40 raios ... (Sciaenidae) ... 49

48b. Mento sem poros sensoriais; nadadeira dorsal com oito a 13 raios ... (Centropomidae) ... 57

49a. Mandíbula com barbilhões ... 50

49b. Mandíbula sem barbilhões ... 52

50a. Mandíbula com um único barbilhão rígido; corpo com grandes manchas escuras oblíquas e faixas transversais ... 51

50b. Mandíbula com várias séries de barbilhões filamentosos; corpo com linhas escuras estreitas e onduladas ... *Micropogonias furnieri* (Figura 4ab)

51a. Corpo alongado, perfil ventral retilíneo; 22 a 26 raios na segunda nadadeira dorsal; corpo com manchas marrom-escuras oblíquas e sem faixas transversais ... *Menticirrhus americanus* (Figura 4aa)

51b. Corpo alto, perfil ventral convexo; 26 a 30 raios na segunda nadadeira dorsal; corpo com faixas escuras estreitas acompanhando as séries de escamas e com cerca de nove faixas transversais ... *Umbrina coroides* (Figura 5b)

52a. Boca muito inclinada, a mandíbula fortemente convexa; 28 a 36 rastros branquiais longos, maiores que o diâmetro do olho ... *Larimus breviceps* (Figura 4z)

52b. Boca pouco inclinada, a mandíbula pouco convexa; menos de 25 rastros branquiais curtos, menores que o diâmetro do olho ... 53

53a. Nadadeiras dorsais separadas; nadadeira anal com 18 a 20 raios ... *Isopisthus parvipinnis* (Figura 4y)

53b. Nadadeiras dorsais unidas, ainda que com um entalhe entre elas; nadadeira anal com menos de 20 raios ... 54

54a. Maxilas com uma única série de dentes grandes, alguns dos quais caniniformes ... 55

54b. Maxilas com várias séries de dentes pequenos e cônicos ... 56

55a. Escamas ctenoides; base da segunda nadadeira dorsal com uma bainha estreita de escamas; 17 a 22 raios na segunda nadadeira dorsal; 100 a 115 séries transversais de escamas acima da linha lateral ... *Cynoscion acoupa* (Figura 4w)

55b. Escamas ciclóides; base da segunda nadadeira dorsal com uma bainha ampla de escamas; 22 a 25 raios na segunda nadadeira dorsal; 130 a 150 séries transversais de escamas acima da linha lateral ... *Cynoscion microlepidotus* (Figura 4x)

56a. Cabeça de consistência esponjosa, deformável ao toque, ossos com cavidades grandes; região infraorbital larga, quase tão larga quanto diâmetro do olho ... *Stellifer rastrifer* (Figura 5a)

56b. Cabeça de consistência não esponjosa, não deformável ao toque, ossos sem cavidades; região infraorbital estreita, muito menor do que o diâmetro do olho ... *Bairdiella ronchus* (Figura 4v)



57a. Corpo alto, altura do corpo 67% a 81% do comprimento da cabeça; ramo inferior do primeiro arco branquial com 10 a 12 rastros; linha lateral com 65-70 escamas ... *Centropomus parallelus* (Figura 3u)

57b. Corpo alongado, altura do corpo 59% a 64% do comprimento da cabeça; ramo inferior do primeiro arco branquial com sete a oito rastros; linha lateral com 70-74 escamas ... *Centropomus undecimalis* (Figura 3v)

58a. Opérculo com um a três espinhos ... (Serranidae) ... 59

58b. Opérculo sem espinhos ... 62

59a. Pré-opérculo serrilhado e com uma projeção saliente ... *Diplectrum radiale* (Figura 3x)

59b. Pré-opérculo não serrilhado e sem uma projeção saliente ... 60

60a. Dentes nas maxilas não depressíveis; ventre com uma mancha esbranquiçada e duas manchas escuras no pedúnculo caudal ... *Serranus flaviventris* (Figura 3z)

60b. Dentes nas maxilas depressíveis; ventre e pedúnculo caudal sem manchas esbranquiçadas ou escuras ... 61

61a. Nadadeira anal com 10 a 12 raios; com uma faixa escura entre a maxila superior e o pré-opérculo; 48 a 55 rastros branquiais no primeiro arco branquial ... *Mycteroperca acutirostris* (Figura 3w)

61b. Nadadeira anal com oito a nove raios; sem uma faixa escura entre a maxila superior e o pré-opérculo; 22 a 35 rastros branquiais no primeiro arco branquial ... *Epinephelus marginatus* (Figura 3y)

62a. Nadadeira pélvica modificada em um disco adesivo; linha lateral sempre ausente; primeiros raios da nadadeira peitoral destacados formando filamentos ... (Gobiidae) ... *Bathygobius soporator* (Figura 5j)

62b. Nadadeira pélvica não modifica em disco adesivo; linha lateral geralmente presente; primeiros raios da nadadeira peitoral não destacados e não formando filamentos ... 63

63a. Corpo alto, em forma de disco, com raios das nadadeiras dorsal e anal prolongados; três ou quatro espinhos na nadadeira dorsal, muito pequenos, às vezes sob a pele ... (Stromateidae) ... *Peprilus paru* (Figura 5n)

63b. Corpo relativamente baixo, se na forma de disco, com raios das nadadeiras dorsal e anal não prolongados; seis ou mais espinhos na nadadeira dorsal, muito evidentes ... 64

64a. Cirros na cabeça presentes; número de espinhos na primeira nadadeira dorsal maior do que o número de raios na segunda nadadeira dorsal ... (Labrisomidae) ... *Labrisomus nuchipinnis* (Figura 5i)

64b. Cirros na cabeça ausentes; número de espinhos na primeira dorsal geralmente menor do que o número de raios na segunda nadadeira dorsal ... 65

65a. Escamas presentes entre a boca e os olhos; mento com um par de poros; boca com lábios espessos; quatro a cinco séries de dentes ... (Haemulidae) ... 66

65b. Escamas ausentes entre a boca e os olhos; mento sem poros; boca com lábios delgados; três ou menos séries de dentes ... 72

66a. Pré-opérculo com espinhos grandes; 11 espinhos na nadadeira dorsal; corpo com oito faixas transversais escuras ... *Conodon nobilis* (Figura 4p)

66b. Pré-opérculo sem espinhos; 14-13 espinhos na nadadeira dorsal; corpo sem faixas transversais escuras ... 67

67a. Nadadeira dorsal e nadadeira anal com escamas em quase toda extensão; boca avermelhada em exemplares frescos; mancha negra entre o pré-opérculo e o opérculo presente ... *Haemulon stendachneri* (Figura 4r)

67b. Nadadeira dorsal e nadadeira anal com escamas apenas na base e parte das membranas interradiais; boca não avermelhada em exemplares frescos; mancha negra entre o pré-opérculo e o opérculo ausente ... 68

68a. Mento com dois pares de poros muito pequenos; nadadeira dorsal com 13 espinhos e 12 raios; perfil da cabeça acima dos olhos côncavo ... *Genyatremus luteus* (Figura 4q)

68b. Mento com um par de poros pequenos, precedido por um poro mediano grande; nadadeira dorsal com 12 espinhos e 14-13 raios; perfil da cabeça acima dos olhos convexo ... 69

69a. Altura do corpo entre 40% a 50% do comprimento padrão; lábios espessos ... 70

69b. Altura do corpo inferior a 40% do comprimento padrão; lábios delgados ... 71

70a. Corpo amarelado, com faixas longitudinais; com uma faixa escura vertical passando pela borda posterior do opérculo e outra faixa escura oblíqua passando pelo olho ... *Anisotremus virginicus* (Figura 4o)

70b. Corpo acinzentado, sem faixas longitudinais; com uma área escura entre a nadadeira peitoral e o ventre ... *Anisotremus surinamensis* (Figura 4n)

71a. Nadadeira anal com nove a 11 raios; corpo com manchas pequenas, arredondadas e escuras, formando linhas oblíquas ... *Orthopristis ruber* (Figura 4s)

71b. Nadadeira anal com seis a sete raios; corpo com faixas escuras longitudinais acompanhando as séries de escamas ... *Pomadasys corvinaeformis* (Figura 4t)

72a. Uma única série de dentes incisivos nas maxilas ... 73

72b. Uma a três séries de dentes nas maxilas, quando com uma única série, nunca com dentes incisivos ... 74

73a. Boca grande, ultrapassando margem anterior da órbita; dentes grandes, visíveis a olho nu; linha lateral alcançando o pedúnculo caudal; corpo prateado, com uma mancha escura no pedúnculo caudal ... (Sparidae) ... *Diplodus argenteus* (Figura 4u)

73b. Boca pequena, não alcançando a margem anterior da órbita; dentes pequenos, não visíveis a olho nu; linha lateral não alcançando o pedúnculo caudal; corpo com faixas transversais escuras, sem uma mancha no pedúnculo caudal ... (Pomacentridae) ... *Abudefduf saxatilis* (Figura 5h)

74a. Uma única série de dentes curvos nas maxilas; extremidade anterior da maxila muito à frente da extremidade anterior da mandíbula; cabeça com uma saliência sutil acima dos olhos ... *Kyphosus saltatrix* (Figura 5d)

74b. Mais de uma série de dentes nas maxilas, quando somente uma única série, nunca com dentes curvos; extremidade anterior da maxila e da mandíbula aproximadamente no mesmo nível; cabeça sem saliência acima dos olhos ... 75

75a. Corpo muito alto e comprimido, em forma de disco; dentes em forma de cerdas ... 76

75b. Corpo baixo e moderadamente comprimido, nunca em forma de disco; dentes nunca em forma de cerdas ... 77

76a. Nadadeiras dorsais contínuas; raios da segunda nadadeira dorsal e da nadadeira anal não prolongados; corpo com faixas transversais escuras conspícuas presentes ... (Chaetodontidae) ... *Chaetodon striatus* (Figura 5e)

76b. Nadadeiras dorsais separadas por um entalhe; raios da segunda nadadeira dorsal e da nadadeira anal prolongados; corpo com faixas transversais escuras inconspícuas ou ausentes ... (Ephippidae) ... *Chaetodipterus faber* (Figura 5k)

77a. Focinho curto, pouco maior do que o comprimento do olho; maxilas com várias séries de dentes pequenos e cônicos; segunda nadadeira dorsal e nadadeira anal prolongadas até a base da nadadeira caudal; espinhos da nadadeira dorsal pouco mais curtos do que os raios; corpo escuro ... (Lobotidae) ... *Lobotes surinamensis* (Figura 4j)

77b. Focinho longo, muito maior do que o comprimento do olho; maxilas com uma única série de dentes grandes e comprimidos; segunda nadadeira dorsal e nadadeira anal não prolongadas até a base

da nadadeira caudal; espinhos da nadadeira dorsal muito mais curtos do que os raios; corpo azulado ou esverdeado na metade superior, prateado na metade inferior ... (Pomatomidae) ... *Pomatomus saltatrix* (Figura 3aa)

## Agradecimentos

Aos pescadores profissionais da Colônia de Pescadores Z-23, em Bertioga, pelas informações e auxílio nas coletas. Agradecemos a Dra. Bianca Bentes (UFPA) pelo auxílio na análise ecológica-estatística, a Profa Dra Maria Santina de Castro Morini (UMC) pela leitura do texto final, a UMC (Universidade de Mogi das Cruzes) pelo apoio institucional as atividades de pesquisas (APM e BB), e ao CNPq pela bolsa de pesquisa de APM (processo 152782/2007-9). O primeiro autor agradece ao IBAMA pela licença de coleta (número: 22841-1).

## Referências Bibliográficas

- BERNARDES, M.E.C. 2001. Circulação Estacionária e Estratificação de Sal em Canais Estuarinos Parcialmente Misturados: Simulação com Modelos Analíticos. Dissertação de Mestrado, Instituto Oceanográfico de São Paulo.
- CARVALHO-FILHO, A. 1999. Peixes: Costa Brasileira. Ed. Melro Ltda, São Paulo.
- CASTRO, R.M.C. & MENEZES, N.A. 1998. Estudo diagnóstico da diversidade de peixes do estado de São Paulo. In: Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: Síntese do conhecimento ao final do século XX, 6: vertebrados (R.M.C. Castro, ed.). WinnerGraph, São Paulo, p.1-13.
- COLWELL, R.K. & CODDINGTON, J. A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. Philos. Trans. R. Soc. London, Ser. B. 345:101-118. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.1994.0091>
- COLWELL, R.K., MAO, C.X. & CHANG, J. 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. BMC Ecol. 85:2717-2727.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. 1991. Avaliação do Estado da Degradação dos Ecossistemas da Baixada Santista – SP, Relatório Técnico, 45p.
- CORRÊA, M.F.M. 2000. Ictiofauna Demersal da Baía de Guaqueçaba (Paraná, Brasil). Composição, Estrutura, Distribuição Espacial, Variabilidade Temporal e Importância como Recurso. Tese de Doutorado em Zoologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- CUNHA-LIGNON, M., MENGHINI, R.P., SANTOS, L.C.M., NIEMEYER-DINÓLA, C. & SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 2009. Estudos de Caso nos Manguezais do Estado de São Paulo (Brasil): Aplicação de Ferramentas com Diferentes Escalas Espaço-Temporais. Rev. Gestão Costeira Integrada 9(1):79-91. <http://dx.doi.org/10.5894/rgci125>
- DAJOZ, R. 1973. Ecologia Geral. Vozes Ltda, Editora da Universidade de São Paulo, 472p.
- DAY, J.W., HALL, C.A.S., KEMP, W.M. & YANEZ-ARANCIBIA, A. 1989. Estuarine ecology. New York, John Wiley and Sons.
- ESCHMEYER, W.N. 2011. Catalog of Fishes on-line. California Academy of Sciences. <http://research.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp> (último acesso em 10/12/2011).
- FAGUNDES, L., TOMÁS, A.R.G., CASARINI, L.M., BUENO, E.F., LOPES, G.M., MACHADO, D.A.L., BRAGA, R.A.R.C.A., CAMARGO, F.B.C. & OBERG, I.M.F. 2007. A Pesca de Arrasto de Praia na Ilha de São Vicente, São Paulo, Brasil. Bol. Inst. Pesca, 29:1-43.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. 2003. The Living Marine Resources of the Western Central Atlantic. Bone Fishes part 1, Rome, v. 2.
- FIGUEIREDO, J.L. 1981. Estudo das Distribuições Endêmicas de Peixes da Província Zoogeográfica Marinha Argentina. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências.
- FIGUEIREDO, J.L. & MENEZES, N.A. 1978. Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. II. Teleostei (1). Museu de Zoologia da 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 da 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 da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- FUNDAÇÃO RICARDO FRANCO. 2006. EIA-RIMA para o Licenciamento da Dragagem e Aprofundamento do Canal de Santos.
- FUNDAÇÃO DE ESTUDOS E PESQUISAS AQUÁTICAS - FUNDESPA. 1991. Condições Oceanográficas no Canal da Bertioga. Relatório Final, 251p.
- GIANNINI, R. & PAIVA-FILHO, A.M. 1990. Os Sciaenidae (Teleostei: Perciformes) da Baía de Santos (SP), Brasil. Bol. Inst. Oceanogr. 38(1):69-86. <http://dx.doi.org/10.1590/S0373-5524199000100008>
- GIANNINI, R. & PAIVA-FILHO, A.M., 1992. Aspectos da Bioecologia de *Menticirrhus americanus* (Teleostei, Sciaenidae) na Baía de Santos, SP, Brasil. Bol. Inst. Pesca 19:1-15.
- GIANNINI, R. & PAIVA-FILHO, A.M. 1995. Análise Comparativa da Ictiofauna da Zona de Arrebentação de Praias Arenosas do Estado de São Paulo, Brasil. Bol. Inst. Oceanogr. 43(2):141-152.
- GOITEIN, R. 1984. Aspectos da Alimentação dos Clupeidae *Harengula clupeola* (Cuvier, 1829) e *Opisthonema oglinum* (Lesueur, 1818), e dos Engraulidae *Anchoviella lepidentostole* (Fowler, 1911) e *Cetengraulis edentulus* (Cuvier, 1828) no Estuário de São Vicente, São Vicente, SP. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo.
- GOITEIN, R. & MESQUITA FILHO, J.D. 1985. Aspectos da Alimentação dos Cupeiformes *Harengula clupeola* (Cuvier, 1829) e *Opisthonema oglinum* (Lesueur, 1818) (Clupeidae) e *Anchoviella lepidentostole* (Fowler, 1911) e *Cetengraulis edentulus* (Cuvier, 1828) (Engraulidae) no Estuário de São Vicente. In XII Congresso Brasileiro de Zoologia, Campinas, p. 180-181.
- LAMPARELLI, M., QUINÁGLIA, G.A., OLIVEIRA, E., TOMINAGA, M.Y., SANTOS, P.E., RECH, C.M., UMBUZEIRO, G.A., SATO, M.I.Z. & BEVILÁCQUA, J.E. 2007. Bertioga as a Possible Reference Region for Studies in the Baixada Santista for Carcinogenic Metals, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Mutagenicity. In VIII Congresso Brasileiro de Mutagênese, Carciogênese e Teratogênese Ambiental. Angra dos Reis. Rev. Bras. Toxicologia 20:1-1.
- LUEDERWALDT, H. 1919. Os Manguezais de Santos. Revista do Museu Paulista. Editora Diário Oficial, Tomo XI.
- MARCENIUK, A.P. 2005. Chave de Identificação das Espécies de Bagres Marinhos (Siluriformes, Ariidae) da Costa Brasileira. Bol. Inst. Pesca, 31(2):89-101.
- MENEZES, N.A. & FIGUEIREDO, J.L. 1980. Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil, IV. Teleostei (3). Universidade de São Paulo, Museu de Zoologia, São Paulo.
- MENEZES, N.A. & FIGUEIREDO, J.L. 1985. Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. V. Teleostei (4). Universidade de São Paulo, Museu de Zoologia, São Paulo.
- MENEZES, N.A., BUCKUP, P.A., FIGUEIREDO, J.L. & MOURA, R.L. 2003. Catálogo das espécies de peixes marinhos do Brasil. Universidade de São Paulo, Museu de Zoologia, São Paulo.
- MIRANDA, L.B., CASTRO, B.M. & KJERFVE, B. 1998. Circulation and Mixing Due to Tidal Forcing in the Bertioga Channel, São Paulo, Brazil. Estuaries, 21(2):204-214. <http://dx.doi.org/10.2307/1352469>
- PAIVA-FILHO, A.M. 1982. Estudo sobre a Ictiofauna do Canal dos Barreiros, Estuário de São Vicente, SP. Tese de Livre-Docência, Universidade de São Paulo.
- PAIVA-FILHO, A.M., TEIXEIRA, M.D.L.Z. & 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.
- PAIVA-FILHO, A.M. & TOSCANO, A.P. 1987. Estudo Comparativo da Variação da Ictiofauna na Zona Entre-mares do Mar Casado-Guarujá e Mar Pequeno-São Vicente, SP. Bol. Inst. Oceanogr. 35(2):153-165.
- PAIVA-FILHO, A.M., GIANNINI, R., RIBEIRO NETO, F.B. & SCHMIEGELOW, J.M.M. 1987. Ictiofauna do Complexo Baía Estuário de Santos e São Vicente, SP, Brasil. Bol. Inst. Oceanogr. 17:1-10.

- PAIVA-FILHO, A.M & GIANNINI, R. 1990. Contribuição ao conhecimento da biologia do peixe-rei, *Xenomelaniris brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824) (Atherinidae), no Complexo baía-estuário de Santos e São Vicente, Brasil. *Bol. Inst. Oceanogr.* 38(1):1-9.
- PALMER, M.W. 1990. The estimation of species richness by extrapolation. *BMC Ecol.* 71:1195-1198.
- PINHEIRO, P.C. 1999. Dinâmica das Comunidades de Peixes em Três Áreas Amostrais da Ilha do Mel, Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná.
- PRIMER-E. 2004. *Primer - Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research*. (Beta R3). PRIMER-E Ltd. Computer Program.
- PUZZI, A. & SILVA, M.R.G.A. 1981. Seletividade em Redes de Emalhar e Dimensionamento do Tamanho de Malha para a Captura da Corvina *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823). *Bol. Inst. Pesca*, 8:139-156.
- PUZZI, A., MOTA, A., CAMPOS, E.C. & RODRIGUES, J.D. 1985. Considerações sobre alguns parâmetros biológico-pesqueiros de importância na captura da pescada-foguete, *Macrodon ancylodon* Bloch & Schneider, 1801 (Percoidei, Sciaenidae), por rede de emalhe no litoral do estado de São Paulo. *Bol. Inst. Pesca*, 12(2):87-97.
- ROCHA, M.L.C.F. 2009. Indicadores Ecológicos e Biomarcadores de Contaminação Ambiental na Ictiofauna da Baía de Santos e do Canal de Bertioga, São Paulo, Brasil. Tese de Doutorado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo.
- RODRIGUES, F.O., LAMPARELLI, C.C., MOURA, D.O. & BRUNI, A.C. 1995. Os Manguezais da Baixada Santista: Uma Proposta de Classificação. *Ecologia Brasiliensis*, Volume I. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- SANTOS, C., SCHWARZ JUNIOR, R., OLIVEIRA-NETO, J.F. & SPACH, H.L.A. 2002. Ictiofauna em Duas Planícies de Maré do Setor Euhalino da Baía de Paranaguá, PR. *Bol. Inst. Pesca*, 28(1):49-60.
- SANTOS, L.C.M., CUNHA-LIGNON, M. & SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 2007. Impacto do Petróleo no Manguezal do Rio Iriri (Baixada Santista, São Paulo): Diagnóstico da Cobertura Vegetal com Base em Fotografias Aéreas Digitais (1962-2003). In *Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil*, Caxambu.
- SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente, 2009. Fauna Ameaçada de Extinção no Estado de São Paulo. Governo de São Paulo, Fundação Parque Zoológico de São Paulo, São Paulo.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. & CINTRON, G. 1986. Guia Para Estudo de Áreas de Manguezal - Estrutura, Função e Flora. *Caribbean Ecological Research*, São Paulo.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 1991. Manguezais Brasileiros. Tese de Livre Docência. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo.
- SILVA, R.C., VIANA, F.C., MAZZINI, F., SANTOS, P.E., QUINAGLIA, G.A. & UMBUZEIRO, G.A. 2008. Avaliação Preliminar da Concentração de Chumbo e Cádmio em Sangue de Peixes (*Mugil curema*) da Baixada Santista. In 4o. Workshop em Gestão Integrada. São Paulo. [http://www1.sp.senac.br/hotsites/cas/workshopgestaointegrada/workshop\\_programacao.htm](http://www1.sp.senac.br/hotsites/cas/workshopgestaointegrada/workshop_programacao.htm).
- VAZZOLER, A.E.M. 1969. Ictiofauna da Bahia de Santos. I. Sciaenidae (Percoidea, Percomorphi). *Carpas. Doc. Tecnic*, Rio de Janeiro 15:1-13.
- VENDEL, A.L., LOPES, S.G., SANTOS, C. & SPACH, H.L. 2003. Fish Assemblages in a Tidal Flat. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 46(2):233-242. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132003000200015>

Recebido em 06/03/2012

Versão reformulada recebida em 01/01/2013

Publicado em 07/03/2013

## Apêndice

**Anexo I.** Lista do material examinado, com: espécie, número de registro em coleção zoológica, número de exemplares, número da amostra de tecido e coordenadas geográficas.

**Annex I.** List of material examined with: species, registration number in zoological collection, number of individuals, number of tissues samples, and geographic coordinates.

- Abudefduf saxatilis*: LBP 10066, 2, (40579, 40586), 23° 51' 26,20" S e 46° 08' 13,31" O.  
*Achirus lineatus*: LBP 10081, 3, (40512, 40513, 40552), 23° 51' 26,20" S e 46° 08' 13,31" O.  
*Aluterus monoceros*: LBP 10063, 1, (40534), 23° 51' 26,20" S e 46° 08' 13,31" O.  
*Anisotremus surinamensis*: LBP 10059, 1, (40542), 23° 51' 26,20" S e 46° 08' 13,31" O.  
*Aspistor luniscutis*: LBP 10039, 2, (40502, 40526), 23° 51' 39, 31" S e 46° 09' 13,06" O.  
*Atherinella brasiliensis*: LBP 10085, 4, (40562, 40563, 40621, 40622), 23° 51' 26, 20" S e 46° 08' 13,31" O.  
*Bagre bagre*: LBP 10037, 1, (40597), 23° 51' 26,20" S e 46° 08' 13,31" O.  
*Bairdiella ronchus*: LBP 10071, 2, (40524, 40530), 23° 51' 39,31" S e 46° 09' 13,06" O.  
*Bathygobius soporator*: LBP 10077, 3, (40568, 40569, 40571), 23° 52' 55,67" S e 46° 10' 07,20" O.  
*Caranx latus*: LBP 10055, 5, (40535, 40536, 40537, 40585, 40591), 23° 51' 26,20" S e 46° 08' 13,31" O.  
*Cathorops spixii*: LBP 10040, 2, (40605, 40606), 23° 52' 55,67" S e 46° 10' 07,20" O.  
*Centropomus parallelus*: LBP 10042, 5, (40501, 40520, 40573, 40574, 40620), 23° 52' 55,67" S e 46° 10' 07,20" O.  
*Centropomus undecimalis*: LBP 10043, 1, (40602), 23° 52' 55,67" S e 46° 10' 07,20" O.  
*Chaetodipterus faber*: LBP 10056, 2, (40510, 40518), 23° 51' 39,31" S e 46° 09' 13,06" O.  
*Chilomycterus spinosus*: LBP 10061, 1, (40572), 23° 52' 55,67" S e 46° 10' 07,20" O.  
*Citharichthys spilopterus*: LBP 10075, 3, (40505, 40550, 40551), 23° 51' 26,20" S e 46° 08' 13,31" O.  
*Cynoscion acoupa*: LBP 10049, 1, (40599), 23° 51' 39,31" S e 46° 09' 13,06" O.  
*Cynoscion microlepidotus*: LBP 10041, 1, (40588), 23° 51' 39,31" S e 46° 09' 13,06" O.  
*Diapterus rhombeus*: LBP 10078, 2, (40508, 40531), 23° 52' 55,67" S e 46° 10' 07,20" O.  
*Diplectrum radiale*: LBP 10069, 3, (40543, 40544, 40545), 23° 51' 26, 20" S e 46° 08' 13,31" O.  
*Diplodus argenteus*: LBP 10068, 1, 221, (40577), 23° 51' 26,20" S e 46° 08' 13,31" O.  
*Etropus crossotus*: LBP 10088, 1, (40517), 23° 52' 55,67" S e 46° 10' 07,20" O.  
*Genidens genidens*: LBP 10038, 6, (40525, 40529, 40540, 40556, 40603, 40604), 23° 52' 55,67" S e 46° 10' 07,20" O.  
*Haemulon luteus*: LBP 10033, 1, (40601), 23° 51' 26,20" S e 46° 08' 13,31" O.  
*Haemulon steindachneri*: LBP 10058, 4, (40607, 40608, 40581, 40582), 23° 51' 26,20" S e 46° 08' 13,31" O.  
*Harengula clupeiola*: LBP 10064, 8, (40547, 40548, 40549, 40580, 40623, 40624, 40625, 40626), 23° 51' 26,20" S e 46° 08' 13,31" O.  
*Hemicaranx amblyrhynchus*: LBP 10054, 1, (40595), 23° 51' 26,20" S e 46° 08' 13,31" O.  
*Isopisthus parvipinnis*: LBP 10072, 1, (40600), 23° 51' 39,31" S e 46° 09' 13,06" O.  
*Kyphosus saltatrix*: LBP 10048, 2, (40575, 40576), 23° 51' 26,20" S e 46° 08' 13,31" O.  
*Lagocephalus laevigatus*: LBP 10087, 1, (40532), 23° 51' 39,31" S e 46° 09' 13,06" O.  
*Lobotes surinamensis*: LBP 10052, 1, (40592), 23° 51' 26, 20" S e 46° 08' 13, 31" O.  
*Lycengraulis grossidens*: LBP 10065, 2, (40507, 40584), 23° 51' 26, 20" S e 46° 08' 13,31" O.  
*Menticirrhus americanus*: LBP 10073, 2, (40519, 40561), 23° 51' 26,20" S e 46° 08' 13,31" O.  
*Micropogonias furnieri*: LBP 10070, 2, (40503, 40511), 23° 51' 26, 20" S e 46° 08' 13, 31" O.  
*Mugil curema*: LBP 10004, 2, (40546, 40566), 23° 51' 26,20" S e 46° 08' 13, 31" O.  
*Mugil liza*: LBP 10051, 6, (40506, 40557, 40558, 40559, 40560, 40589), 23° 52' 55,67" S e 46° 10' 07,20" O.  
*Oligoplites palometa*: LBP 10053, 2, (40504, 40522), 23° 52' 55, 67" S e 46° 10' 07, 20" O.  
*Peprilus paru*: LBP 10045, 2, (40593, 40594), 23° 51' 26,20" S e 46° 08' 13, 31" O.  
*Polydactylus virginicus*: LBP 10060, 2 (40523,40533), 23° 51' 26, 20" S e 46° 08' 13,31" O.  
*Pomatomus saltatrix*: LBP 10082, 8, (40619, 40611, 40612, 40614, 40615, 40616, 40617, 40618), 23° 51' 26, 20" S e 46° 08' 13, 31" O.  
*Porichthys porosissimus*: LBP 10034, 1, (40587), 23° 51' 26, 20" S e 46° 08' 13,31" O.  
*Prionotus punctatus*: LBP 10084, 2, (40609, 40610), 23° 52' 55,67" S e 46° 10' 07,20" O.  
*Scomberomorus brasiliensis*: LBP 10035, 1, (40596), 23° 51' 26,20" S e 46° 08' 13,31" O.  
*Selene setapinnis*: LBP 10083, 2, (40527, 40528), 23° 51' 39, 31" S e 46° 09' 13,06" O.  
*Selene vomer*: LBP 10046, 1, (40578), 23° 51' 26,20" S e 46° 08' 13, 31" O.  
*Serranus flaviventris*: LBP 10079, 2, (40538, 40539), 23° 51' 26,20" S e 46° 08' 13,31" O.  
*Sphoeroides greeleyi*: LBP 10086, 1, (40541), 23° 52' 55,67" S e 46° 10' 07,20" O.  
*Sphoeroides testudineus*: LBP 10062, 1, (40509), 23° 52' 55,67" S e 46° 10' 07,20" O.  
*Stellifer rastrifer*: LBP 10074, 2, (40515, 40516), 23° 52' 55,67" S e 46° 10' 07, 20" O.  
*Strongylura timucu*: LBP 10057, 1, (40613), 23° 51' 26,20" S e 46° 08' 13,31" O.  
*Symphurus tessellatus*: LBP 10076, 1, (40514), 23° 51' 26,20" S e 46° 08' 13,31" O.  
*Trachinotus carolinus*: LBP 10067, 1, (40564), 23° 51' 26,20" S e 46° 08' 13,31" O.  
*Trachinotus falcatus*: LBP-10044, 4, (40553, 40554, 40555, 40583), 23° 51' 26, 20" S e 46° 08' 13,31" O.  
*Trichiurus lepturus*: LBP 10036, 2, (40521, 40598), 23° 51' 26,20" S e 46° 08' 13,31" O.



## Ictiofauna acompanhante na pesca artesanal do camarão sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) no litoral sul do Brasil

Mário Cesar Sedrez<sup>1</sup>, Joaquim Olinto Branco<sup>1</sup>, Felipe Freitas Júnior<sup>1</sup>,

Herbert Silva Monteiro<sup>1</sup> & Edison Barbieri<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI, Rua Uruguai, 458, CP 360, CEP 88302-202, Itajaí, SC, Brasil

<sup>2</sup>Instituto de Pesca, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - APTA, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo – SAA/SP, Av. Prof. Besnard, s/n, CEP 11990-000, Cananéia, SP, Brasil

<sup>3</sup>Autor para correspondência: Edison Barbieri, e-mail: edisonbarbieri@yahoo.com.br

SEDREZ, M.C., BRANCO, J.O., FREITAS JUNIOR, F.; MONTEIRO, H.S. & BARBIERI, E. **Ichthyofauna bycatch of sea-bob shrimp (*Xiphopenaeus kroyeri*) fishing in the town of Porto Belo, SC, Brazil.** Biota Neotrop. 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?inventory+bn00313012013>

**Abstract:** The activity of artisanal fishing for the sea-bob shrimp, using the method of motorized dragnet with rings, has been practised on the Santa Catarina coast, where it generates jobs and income, and helps keep the traditional Azorean cultural tradition alive, since 1960. With the aim of analyzing the quality and quantity of the ichthyofauna bycatch, two trawls were carried out per isobath (10-20-30 m), seasonally, between November 2009 and August 2010 (i.e. summer, spring and winter), for 20 minutes each, at an average speed of two knots, and the bottom water temperatures and salinities recorded. The captures totalled 10868 fish (208.34 kg), distributed among 31 families and 62 species, with a fish/shrimp ratio of 5.19/1 kg. The most abundant family was Sciaenidae (86.13%), followed by Batrachoididae (2.70%) and Trichiuridae (2.44%). The diversity and evenness indices presented similar patterns of variation, the highest values occurring in spring at 30 m and the lowest in winter at 20 m. Cluster analysis led to the creation of four groups; one of them small and dominated by the Sciaenidae *Stellifer brasiliensis*, *S. rastrifer*, *Paralanchurus brasiliensis*, *Isopisthus parvipinnis* and *Larimus breviceps*. The young of this and other species, which are of little or no commercial value, along with tiny shrimps and other macroinvertebrates that enter the dragnets, are thrown back into the sea, usually dead. Besides the negative impact on the food chain, this continued practice could exacerbate the situation of artisanal fishermen even further, with the gradual, future decline of these resources.

**Keywords:** *Xiphopenaeus kroyeri*, demersal fish, impacts of fishing, trawling, Porto Belo.

SEDREZ, M.C., BRANCO, J.O., FREITAS JUNIOR, F., MONTEIRO, H.S. & BARBIERI, E. **Ictiofauna acompanhante na pesca artesanal do camarão sete barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) no litoral sul do Brasil.** Biota Neotrop. 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?inventory+bn00313012013>

**Resumo:** A pesca artesanal dirigida ao camarão sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*), usando o método de arrasto motorizado com portas, tem sido praticada na costa de Santa Catarina, onde ele gera emprego e renda, e ajuda a manter a tradição cultural tradicional açoriana viva, desde 1960. Com o objectivo de analisar a qualidade e a quantidade das capturas acidentais da ictiofauna, efetuou-se sazonalmente, dois arrastos por isóbata (10-20-30 m) entre novembro/2009 e agosto/2010, duração de 20 min/cada, velocidade média dois nós e, registrados temperaturas e salinidades da água de fundo. As capturas totalizaram 10868 peixe (208.34 kg), distribuídos em 31 famílias e 62 espécies, com uma proporção de peixe/camarão de 5,19/1 kg. A família mais abundante foi Sciaenidae (86.13%), seguido por Batrachoididae (2.70%) e Trichiuridae (2,44%). Os índices de diversidade e equabilidade apresentaram padrões similares de variação, os maiores valores ocorreram na Primavera na profundidade de 30 m e a mais baixa no inverno, a 20 m. A análise de Cluster formou quatro agrupamentos, sendo um deles, pequeno e dominante de Sciaenidae *Stellifer brasiliensis*, *S. rastrifer*, *Paralanchurus brasiliensis*, *Isopisthus parvipinnis* e *Larimus breviceps*. Os exemplares jovens dessas espécies e de outras, com pouco ou sem valor comercial, camarões miúdos e demais macro-invertebrados acompanhantes capturados são descartados ao mar, geralmente mortos. Além do impacto nas cadeias tróficas, essa prática contínua, pode agravar ainda mais a situação do pescador artesanal com o declínio desses recursos nas capturas futuras

**Palavras-chave:** *Xiphopenaeus kroyeri*, peixes demersais, impactos da pesca, pesca de arrasto, Porto Belo.

## Introdução

O Estado de Santa Catarina é o principal produtor de pescado no Brasil (Brasil 2011), legado da cultura açoriana, que contribuiu expressivamente para o desenvolvimento da pesca artesanal do camarão sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*), além do próprio desenvolvimento da pesca industrial nas comunidades litorâneas catarinenses (Branco et al. 2006).

Devido à baixa seletividade da pesca de arrasto, há captura de grande contingente da fauna bentônica e demersal, agrupados como fauna acompanhante ou “by-catch” (Alverson et al. 1994). Os peixes demersais ou ictiofauna constituem o grupo predominante e de maior interesse da fauna acompanhante (Branco & Verani 2006b). A parte desembarcada é caracterizada por indivíduos com valor comercial e a rejeitada, por indivíduos sem valor econômico ou por exemplares pequenos de espécies valiosas (Graça-Lopes et al. 2002).

Os produtos pesqueiros apresentam grande relevância na alimentação humana, já que contribuem com 16,0% da proteína animal consumida no mundo (Rocha & Rocha 2010). Logo, a pesca artesanal está entre as principais fontes geradoras dessa proteína, visto que só em Santa Catarina, existem aproximadamente 25 mil pescadores artesanais (Empresa... 2010). Por outro lado, em virtude

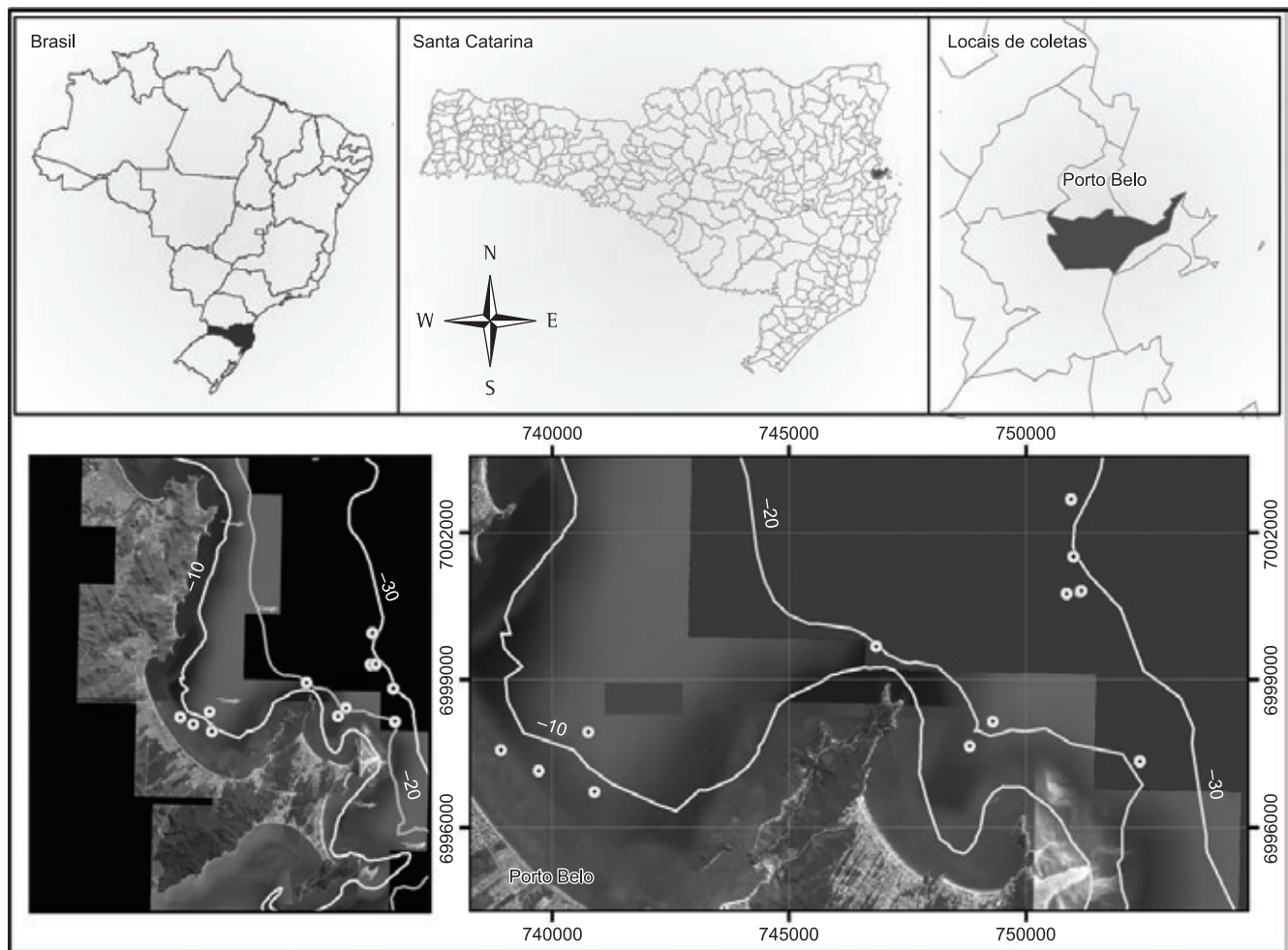
da baixa seletividade da pesca de arrasto, esta pode ser considerada um dos maiores problemas atuais na utilização dos recursos marinhos, pois promove grande impacto ambiental e desperdício de alimento (Graça-Lopes et al. 2002).

Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar quali e quantitativamente a ictiofauna acompanhante da pesca de arrasto artesanal do camarão sete-barbas em Porto Belo/SC, o impacto da pesca de arrasto tanto espacial como temporal, sendo que a partir dos dados sobre o impacto pode-se verificar a necessidade de manejo e quais medidas devem ser implementadas.

## Material e Métodos

As coletas foram realizadas em regime sazonal, na área de atuação da frota artesanal do camarão sete-barbas de Porto Belo, SC (27° 09' 12" S e 48° 33' 43" W) (Instituto... 2011), entre os anos de 2009 a 2010, nas isóbatas de 10, 20 e 30 m (Figura 1), durante o dia, nas seguintes estações do ano: primavera (outubro/2009), verão (janeiro/2010), outono (abril/2010) e inverno (julho/2010).

Foram realizados dois arrastos de 20 min/isóbata, utilizando-se uma embarcação da frota local, denominada “baleeira”, equipada com duas redes de arrasto com portas, malha de 3,0 cm na manga e corpo e, 2,0 cm no ensacador, com velocidade aproximada de dois



**Figura 1.** Localização da área de estudo da pesca artesanal do camarão sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*), quando utilizando os pesqueiros de Porto Belo, SC. As linhas indicam as isóbatas de 10, 20 e 30 m e os pontos os locais mais utilizados pela pesca.

**Figure 1.** Location of the study area of artisanal fishing of sea-bob shrimp (*Xiphopenaeus kroyeri*), using the fishing grounds of Porto Belo, SC. The lines indicate the isobaths of 10, 20 and 30 meters and the most used for fishing.

nós (Branco 2005). Durante as coletas, foram registradas no início de cada arrasto, as temperaturas e as salinidades (fundo e superfície).

O produto de cada arrasto foi separado a bordo, etiquetado, conservado em caixas de isopor com gelo e transportado ao laboratório. A ictiofauna acompanhante foi identificada de acordo com as chaves taxonômicas de Topp & Hoff (1972), Figueiredo (1977, 1980), Soares (1978), Figueiredo & Menezes (1978, 2000) e Menezes & Figueiredo (1980, 1985). A nomenclatura dos táxons seguiu o padrão internacional, utilizando-se a base de dados *online* da FishBase (2011).

Conforme a ocorrência das espécies nas coletas, foram classificadas em muito frequentes (MF) apareceram em 70% ou mais dos arrastos, as frequentes (F) entre 40% e 69,99%, as pouco frequentes (PF) entre 20% e 39,99% e as ocasionais (OC) em 19,99% ou menos (Graça-Lopes et al. 1993).

A captura por unidade de esforço (CPUE) em número de exemplares (N/h) e biomassa (kg/h) da ictiofauna acompanhante, foi calculada pela média dos arrastos na isóbata por estação do ano, multiplicados por três, equivalendo à uma hora de pesca. Também foi utilizado o somatório das CPUE do camarão sete-barbas, fauna acompanhante e lixo (material inorgânico) nas quatro estações do ano, para determinada a participação relativa da ictiofauna em relação aos demais grupos integrantes dessa modalidade de pesca.

A análise de variância paramétrica One-Way ANOVA (Sokal & Rohlf 1995), através do software Instat, foi utilizada para se verificar a existência de diferenças significativas entre as CPUE da ictiofauna acompanhante por isóbata e estações do ano. Foram testados quanto à homogeneidade da variância (teste de Bartlett) e a normalidade da distribuição (prova de Kolmorov-Smirnov). O contraste das médias, através do teste Tuckey-Kramer, foi aplicado na ocorrência de diferenças significativas para indicar a fonte causadora das variações (Branco & Verani 2006a).

A estrutura das populações foi avaliada através dos índices de diversidade de Shannon ( $H'$ ) e equitabilidade de Pielou ( $J'$ ) (Ludwig & Reynolds 1988).

Pela análise de agrupamento estabeleceram-se as medidas de semelhanças entre os pares de espécies, pelo coeficiente de distância Euclidiana e os agrupamentos, pelo método de Ward, implementados no software Statística 6 (Branco & Verani 2006a). Em função da distribuição contagiosa típica de peixes, houve a padronização dos dados através da transformação logarítmica  $\log(x + 1)$  (Colvocoresses & Musick 1984). As espécies de ocorrência ocasional foram eliminadas das análises de agrupamento (Branco & Verani 2006b).

## Resultados

### 1. Variáveis ambientais

A temperatura da água de fundo apresentou valores mais elevados na primavera nas diferentes isóbatas e menores no inverno nos 30 m (Tabela 1). A média anual variou entre  $20,94 \pm 2,83$ ,  $20,69 \pm 1,91$  e  $19,61 \pm 1,27$ , respectivamente nas isóbatas de 10, 20 e 30 m, sem diferenças significativas entre essas ( $F = 0,9918$ ;  $p > 0,05$ ), entretanto foram diferentes sazonalmente ( $F = 23,7430$ ;  $p < 0,05$ ).

Para a salinidade da água de fundo (Tabela 1), os maiores valores ocorreram nos 30 m, durante a primavera e os menores em 10 m, no inverno, sendo a média anual entre  $32,26 \pm 0,97$  (10 m),  $33,24 \pm 1,23$  (20 m) e  $33,10 \pm 1,08$  (30 m), sem diferenças entre as isóbatas ( $F = 1,6820$ ;  $p > 0,05$ ), porém, diferiram significativamente entre as estações ( $F = 9,0020$ ;  $p < 0,05$ ).

### 2. Composição das capturas

A Ictiofauna acompanhante contribuiu com 68,49% da biomassa capturada (208,34 kg), seguida da espécie-alvo camarão sete-barbas (13,20%), Echinodermata (2,64%), Crustacea (9,20%), Mollusca (0,27%), Cnidaria (3,51%) e lixo inorgânico (2,69%) (Figura 1a).

Para cada quilograma de camarão sete-barbas, em média foram capturados 5,19 de ictiofauna. (Figura 2a).

### 3. Ictiofauna

Durante o período amostral foram capturados 10868 exemplares, agrupados em 31 famílias, 51 gêneros e 62 espécies, sendo 6,45% de Condricthyes e 93,55% de Actinopterygii (Tabela 2). Das espécies, 17 foram comuns as três isóbatas, 3,23% consideradas muito frequentes, 16,13% frequentes, 27,42% pouco frequentes e 53,23% ocasionais (Tabela 2).

### 4. Contribuições das famílias e espécies

Os Sciaenidae contribuíram com 86,13% dos peixes amostrados, seguido dos Batrachoididae (2,70%), Trichiuridae (2,44%), Pristigasteridae (1,91%), Cynoglossidae (1,09%), Carangidae (0,98%), sendo que as outras 22 famílias em conjunto contribuíram com (4,44%) da abundância capturada (Figura 2b).

A espécie *Stellifer brasiliensis* reuniu 27,77% e 19,96% respectivamente, dos exemplares e biomassa dos peixes capturados, seguida por *S. rastrifer*, com 16,58% e 15,06% e *Paralonchurus brasiliensis*, com 14,69% e 19,72% (Tabela 2).

**Tabela 1.** Temperatura (°C) e salinidade médias da água de fundo por isóbata e estação do ano, na pesca artesanal do camarão sete-barbas em Porto Belo, SC.  
**Table 1.** Temperature (°C) and salinity average of the deep water in relation the isobath and station of the year, in artisanal fishing for the sea-bob shrimp in Porto Belo, SC, Brazil.

Variáveis	10 m				
	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Média anual
Temperatura	25,00	20,75	19,00	19,00	20,94 ± 2,83
Salinidade	33,05	33,15	31,50	31,35	32,26 ± 0,97
Variáveis	20 m				
	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Média anual
Temperatura	23,00	21,50	19,00	19,25	20,69 ± 1,91
Salinidade	32,95	35,05	32,45	32,50	33,24 ± 1,23
Variáveis	30 m				
	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Média anual
Temperatura	21,50	19,20	19,00	18,75	19,61 ± 1,27
Salinidade	34,05	34,00	32,00	32,35	33,10 ± 1,08

**Tabela 2.** Abundancia (N), biomassa em kg (Biom.) e respectivos percentuais (%) das espécies de peixes demersais capturadas por isóbata (10, 20 e 30 m) e suas frequências de ocorrência (FO) na pesca artesanal do camarão sete-barbas de Porto Belo, SC. Legenda: MF (muito frequentes), F (frequentes), PF (pouco frequentes) e OC (ocasionais).

**Table 2.** Abundance (N), biomass in kg (Biom.) and respective percentages (%) of the species of demersal fish captured by isobath (10, 20 and 30m) and its frequency of occurrence (FO) in artisanal fishing for the sea-bob shrimp of Porto Belo, SC, Brazil. Legend: MF (very frequent), F (frequent), PF (little frequent) and OC (occasional).

Classes/Famílias/Espécies	10 m			20 m			30 m			Total annual							
	N	%	Biom.	N	%	Biom.	N	%	Biom.	N	%	Biom.	%	FO			
<b>Chondrichthyes</b>																	
<b>Rhinobatidae</b>																	
<i>Zapteryx brevirostris</i>	7	0,10	5,73	4,44	7	0,37	0,96	2,77		14	0,13	6,69	3,21	PF			
<b>Rajidae</b>																	
<i>Atlantoraja cyclophora</i>					2	0,11	1,08	3,12	12	0,69	4,21	9,43	14	0,13	5,29	2,54	PF
<i>Rioraja agassizi</i>					5	0,29	1,52	3,41					5	0,05	1,52	0,73	OC
<b>Rhinopteridae</b>																	
<i>Rhinoptera bonasus</i>					1	0,06	2,89	6,47					1	0,01	2,89	1,39	OC
<b>Actinopterygii</b>																	
<b>Muraenidae</b>																	
<i>Gymnothorax ocellatus</i>	3	0,04	0,38	0,29	7	0,37	0,44	1,28	28	1,60	3,09	6,91	38	0,35	3,91	1,88	PF
<b>Ophichthidae</b>																	
<i>Ophichthus gomesii</i>					1	0,06	0,01	0,03					1	0,01	0,01	0,01	OC
<b>Congridae</b>																	
<i>Conger orbignianus</i>					1	0,05	0,12	0,35	3	0,17	0,67	1,51	4	0,04	0,80	0,38	OC
<b>Pristigasteridae</b>																	
<i>Chirocentrodon bleekertianus</i>					2	0,11	0,01	0,02					2	0,02	0,01	0,00	OC
<i>Pellona harroweri</i>	186	2,57	0,86	0,66	11	0,58	0,38	1,11	9	0,52	0,07	0,15	206	1,90	1,31	0,63	PF
<b>Engraulidae</b>																	
<i>Anchoviella lepidontostole</i>					1	0,05	0,28	0,82	1	0,06	0,01	0,01	2	0,02	0,29	0,14	OC
<i>Lycengraulis grossidens</i>	1	0,01	0,04	0,03	1	0,05	0,02	0,07					2	0,02	0,06	0,03	OC
<b>Clupeidae</b>																	
<i>Sardinella brasiliensis</i>					1	0,06	0,04	0,09					1	0,01	0,04	0,02	OC
<b>Ariidae</b>																	
<i>Genidens genidens</i>	2	0,03	0,52	0,41									2	0,02	0,52	0,25	OC
<i>Genidens barbatus</i>	1	0,01	0,17	0,13	10	0,53	0,72	2,08	2	0,11	0,18	0,41	13	0,12	1,08	0,52	PF
<b>Phycidae</b>																	
<i>Urophycis brasiliensis</i>	1	0,01	0,06	0,05	2	0,11	3,60	10,39	10	0,57	0,14	0,32	13	0,12	3,81	1,83	PF
<b>Batrachoididae</b>																	
<i>Porichthys porosissimus</i>	4	0,06	0,22	0,17	128	6,78	1,71	4,92	161	9,22	2,36	5,28	293	2,70	4,29	2,06	F
<b>Fistulariidae</b>																	
<i>Fistularia petimba</i>					1	0,06	0,01	0,02					1	0,01	0,01	0,00	OC
Dactylopteridae																	
<i>Dactylopterus volitans</i>	2	0,03	0,22	0,17									2	0,02	0,22	0,11	OC



## Ictiofauna acompanhante na pesca do camarão sete-barbas

Tabela 2. Continuação...

Classes/Famílias/Espécies	Isóbatas																		
	10 m				20 m				30 m				Total anual						
	N	%	Biom.	%	N	%	Biom.	%	N	%	Biom.	%	N	%	Biom.	%	FO		
<b>Scorpaenidae</b>																			
<i>Scorpaena isithmensis</i>	1	0,01	0,01	0,00									1	0,01	0,01	0,00		OC	
<b>Triglidae</b>																			
<i>Prionotus punctatus</i>	17	0,24	0,12	0,09	11	0,58	0,10	0,28	48	2,75	0,31	0,70	76	0,70	0,53	0,26		PF	
<b>Serranidae</b>																			
<i>Dipterum radiata</i>	1	0,01	0,14	0,11					20	1,15	0,56	1,26	20	0,18	0,56	0,27		OC	
<i>Dules auriga</i>																			OC
<b>Carangidae</b>																			
<i>Oligoplites saurus</i>					1	0,05	0,01	0,03					1	0,01	0,01	0,00		OC	
<i>Selene setapinnis</i>	79	1,09	0,23	0,18	4	0,21	0,01	0,04	3	0,17	0,01	0,03	86	0,79	0,26	0,12		PF	
<i>Selene vomer</i>	19	0,26	0,07	0,05									19	0,17	0,07	0,03		OC	
<b>Gerreidae</b>																			
<i>Diapterus rhombus</i>	2	0,03	0,07	0,05					2	0,11	0,23	0,51	4	0,04	0,29	0,14		OC	
<i>Eucinostomus gula</i>	4	0,06	0,16	0,13					10	0,57	0,47	1,04	14	0,13	0,63	0,30		PF	
<i>Eucinostomus melanopterus</i>					1	0,05	0,06	0,17					1	0,01	0,06	0,03		OC	
<b>Haemulidae</b>																			
<i>Orthopristis ruber</i>	4	0,06	0,91	0,70									4	0,04	0,91	0,44		OC	
<i>Pomadasy corvinaeformis</i>	14	0,19	2,25	1,74	1	0,05	0,23	0,65	3	0,17	0,02	0,05	18	0,17	2,49	1,20		PF	
<b>Polynemidae</b>																			
<i>Polydactylus virginicus</i>	1	0,01	0,03	0,02	3	0,16	0,16	0,46					4	0,04	0,18	0,09		OC	
<b>Sciaenidae</b>																			
<i>Ctenoscaena gracilicirrhus</i>	2	0,03	0,03	0,02	15	0,79	0,26	0,74	13	0,74	0,06	0,12	30	0,28	0,34	0,16		F	
<i>Cynoscion jamaicensis</i>	73	1,01	0,71	0,55	110	5,83	0,93	2,69	273	15,64	3,83	8,57	456	4,20	5,48	2,63		F	
<i>Isopisthus parvipinnis</i>	217	3,00	2,75	2,14	44	2,33	0,27	0,78	220	12,60	2,02	4,51	481	4,43	5,04	2,42		F	
<i>Larinus breviceps</i>	476	6,58	8,61	6,67					45	2,58	0,68	1,52	521	4,79	9,29	4,46		F	
<i>Macrodon atricauda</i>	3	0,04	0,06	0,04	1	0,05	0,05	0,14	51	2,92	0,62	1,40	55	0,51	0,73	0,35		OC	
<i>Menticirrhus americanus</i>	13	0,18	0,53	0,41	1	0,05	0,06	0,18	7	0,40	2,02	4,52	21	0,19	2,61	1,25		PF	
<i>Menticirrhus littoralis</i>	1	0,01	0,02	0,01	1	0,05	0,32	0,93	1	0,06	0,11	0,25	3	0,03	0,45	0,22		OC	
<i>Microponogonias furnieri</i>	116	1,60	1,91	1,48	299	15,84	5,63	16,22	118	6,76	1,31	2,93	533	4,90	8,84	4,24		F	
<i>Paralanchurus brasiliensis</i>	735	10,16	19,02	14,74	369	19,54	10,13	29,18	493	28,24	11,94	26,73	1597	14,69	41,08	19,72		MF	
<i>Stellifer brasiliensis</i>	2595	35,87	38,81	30,09	391	20,71	2,21	6,37	32	1,83	0,56	1,26	3018	27,77	41,58	19,96		F	
<i>Stellifer rastriifer</i>	1384	19,13	26,99	20,92	418	22,14	4,39	12,65					1802	16,58	31,38	15,06		F	
<i>Stellifer spp.</i>	67	0,93	0,95	0,74	1	0,05	0,01	0,02					68	0,63	0,96	0,46		PF	
<i>Stellifer stellifer</i>	776	10,73	12,76	9,90									776	7,14	12,76	6,13		OC	
<b>Pomacanthidae</b>																			
<i>Pomacanthus paru</i>	7	0,10	0,05	0,04									7	0,06	0,05	0,02		OC	
<b>Trichiuridae</b>																			

Tabela 2. Continuação...

Classes/Famílias/Espécies	Isóbatas												Total anual				
	10 m				20 m				30 m				%	Biom.	%	FO	
	N	%	Biom.	%	N	%	Biom.	%	N	%	Biom.	%					
<i>Trichurus lepturus</i>	246	3,40	1,15	0,89	18	0,95	0,10	0,29	1	0,06	0,02	0,04	265	2,44	1,27	0,61	PF
<b>Stromateidae</b>	9	0,12	0,15	0,12	2	0,11	0,01	0,02	15	0,86	0,04	0,10	26	0,24	0,20	0,09	PF
<i>Peprilus paru</i>																	
<b>Paralichthyidae</b>																	
<i>Citharichthys spilopterus</i>									15	0,86	0,48	1,08	15	0,14	0,48	0,23	OC
<i>Cyclosetta chittendeni</i>					3	0,17	0,42	0,94	3	0,17	0,42	0,94	3	0,03	0,42	0,20	OC
<i>Cyclosetta decussata</i>					2	0,11	0,03	0,07	2	0,11	0,03	0,07	2	0,02	0,03	0,01	OC
<i>Etropus crossotus</i>	51	0,71	0,36	0,28	1	0,05	0,03	0,09	6	0,34	0,11	0,24	58	0,53	0,50	0,24	F
<i>Etropus longimanus</i>					3	0,17	0,05	0,11	3	0,17	0,05	0,11	3	0,03	0,05	0,02	OC
<i>Paralichthys patagonicus</i>					5	0,29	0,50	1,11	5	0,29	0,50	1,11	5	0,05	0,50	0,24	OC
<i>Syacium micrurum</i>					1	0,06	0,15	0,34	1	0,06	0,15	0,34	1	0,01	0,15	0,07	OC
<b>Achiridae</b>																	
<i>Achirus declivis</i>	32	0,44	0,79	0,61									32	0,29	0,79	0,38	PF
<i>Achirus lineatus</i>	13	0,18	0,35	0,27	1	0,05	0,02	0,06					14	0,13	0,37	0,18	PF
<b>Cynoglossidae</b>																	
<i>Symphurus tessellatus</i>	48	0,66	0,72	0,55	17	0,90	0,30	0,85	53	3,04	1,12	2,50	118	1,09	2,13	1,02	MF
<b>Monacanthidae</b>																	
<i>Stephanolepis hispidus</i>	2	0,03	0,00	0,00	1	0,05	0,01	0,02	57	3,26	1,45	3,24	60	0,55	1,46	0,70	F
<b>Tetraodontidae</b>																	
<i>Lagocephalus laevigatus</i>	19	0,26	0,12	0,09	4	0,21	0,02	0,06	4	0,23	0,18	0,40	27	0,25	0,32	0,15	PF
<i>Sphoeroides greeleyi</i>					3	0,17	0,02	0,05	3	0,17	0,02	0,05	3	0,03	0,02	0,01	OC
<i>Sphoeroides testudineus</i>					2	0,11	0,05	0,15	1	0,06	0,11	0,26	3	0,03	0,17	0,08	OC
<b>Diodontidae</b>																	
<i>Cyclichthys spinosus</i>					1	0,05	0,01	0,04	1	0,06	0,02	0,04	2	0,02	0,03	0,01	OC
<b>Total</b>	7234	100,00	128,98	100,00	1888	100,00	34,70	100,00	1746	100,00	44,66	100,00	10.868	100,00	208,34	100,00	
Índice de diversidade de Shannon	1,84				1,49				2,03				0,66				
Índice de equitabilidade de Pielou	0,59				0,54				0,66				0,66				

5. Captura por unidade de esforço

Foram observadas oscilações sazonais nas CPUE médias em abundância e biomassa dos exemplares (Figura 2), sendo que no verão ocorreram as maiores abundâncias e no inverno as menores nos 20 m, seguidos da primavera e outono (30 m) (Figura 3a); enquanto que as maiores capturas em biomassa foram registradas durante as estações de inverno, verão, primavera e outono nos 10 m e as menores no outono (30 m), primavera e inverno (20 m) (Figura 3b).

Em geral, a abundância de exemplares reduziu com o aumento da profundidade, não apresentando diferenças significativas entre as estações do ano ( $F= 1,0980$ ;  $p > 0,05$ ), porém, mostraram-se significativamente diferentes entre as isóbatas ( $F= 8,9940$ ;  $p < 0,05$ ). Já a biomassa alternou-se entre os 10, 30 e 20 m, sem diferenças significativas sazonais ( $F= 0,4633$ ;  $p > 0,05$ ), sendo significantes nas isóbatas ( $F= 6,4200$ ;  $p < 0,05$ ) (Tabela 2).

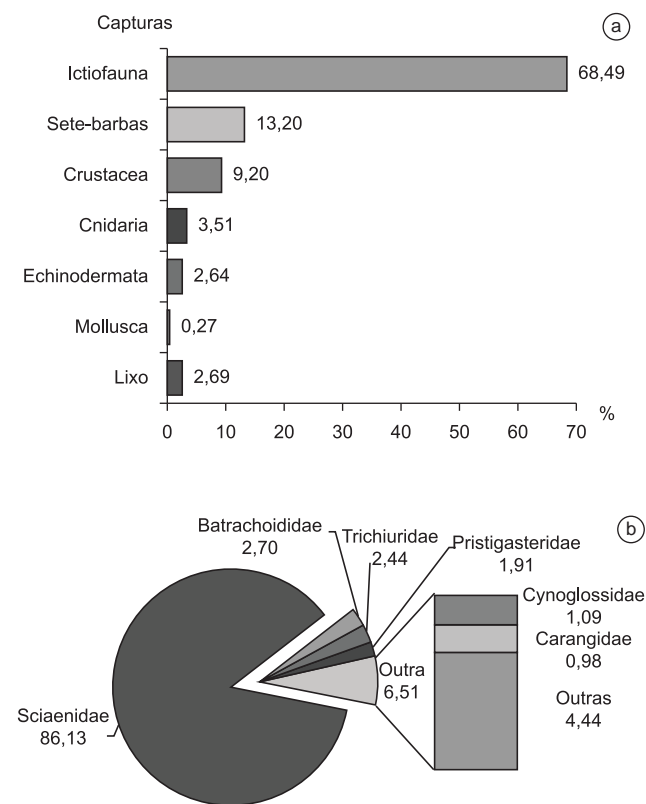


Figura 2. Composição relativa em biomassa (%) nas capturas (a) e contribuição em número de exemplares (%) das famílias da ictiofauna (b).

Figure 2. Biomass relative composition (%) in the catch (a) and in number of copies contribution (%) of the families of the Ichthyofauna (b).

6. Constância das espécies

Nas isóbatas de 10, 20 e 30 m ocorreram respectivamente, 41, 36 e 26 espécies de peixes demersais, com pequenas oscilações sazonais, iniciando com 39 espécies na primavera, chegando ao máximo de 43 no verão e queda progressiva entre o outono (34) e inverno (32).

7. Diversidade e equitabilidade

O índice de diversidade de Shannon ( $H'$ ) apresentou os maiores valores na primavera (2,43) nos 30 m e menores no inverno (0,91) em 20 m, com média anual de  $1,84 \pm 0,26$  (10 m),  $1,49 \pm 0,43$  (20 m) e  $2,03 \pm 0,30$  (30 m) (Tabela 3).

A equitabilidade seguiu a tendência de variação da diversidade entre as estações e isóbatas, oscilando entre 0,77 e 0,44, com médias anuais de  $0,59 \pm 0,05$ ;  $0,54 \pm 0,08$  e  $0,66 \pm 0,09$ , respectivamente, nos 10, 20 e 30 m (Tabela 3).

8. Associação faunística

A análise de Cluster aplicada as 29 espécies capturadas, com frequência de ocorrência em mais de quatro coletas anuais (Tabela 2), formou quatro agrupamentos com uma distância de junção em nível "10" (Figura 4), onde o grupo I reuniu o maior número de espécies, com oito pouco frequentes (PF) e uma frequente (F), porém, com baixa abundância; o II apresentou sete PF e uma F, ambas com pouca participação nas coletas; o III agrupou seis espécies, entre as 12 mais abundantes anualmente, sendo cinco F, duas PF e uma muito frequente (MF), porém, pouco abundante; e o IV reuniu as espécies mais abundantes, com quatro F e uma MF.

Discussão

As oscilações observadas na temperatura e salinidade da água de fundo nas coletas, podem ser atribuídas a pluviosidade, contribuições do rio Tijucas (Carvalho et al. 1998) e a presença sazonal da ACAS (Águas Centrais do Atlântico Sul) entre a primavera e verão, retraindo-se no inverno, deixando as temperaturas homogêneas e mais baixas na zona costeira (Matsuura 1986, Carvalho et al. 1998, Soares-Gomes & Figueiredo 2002).

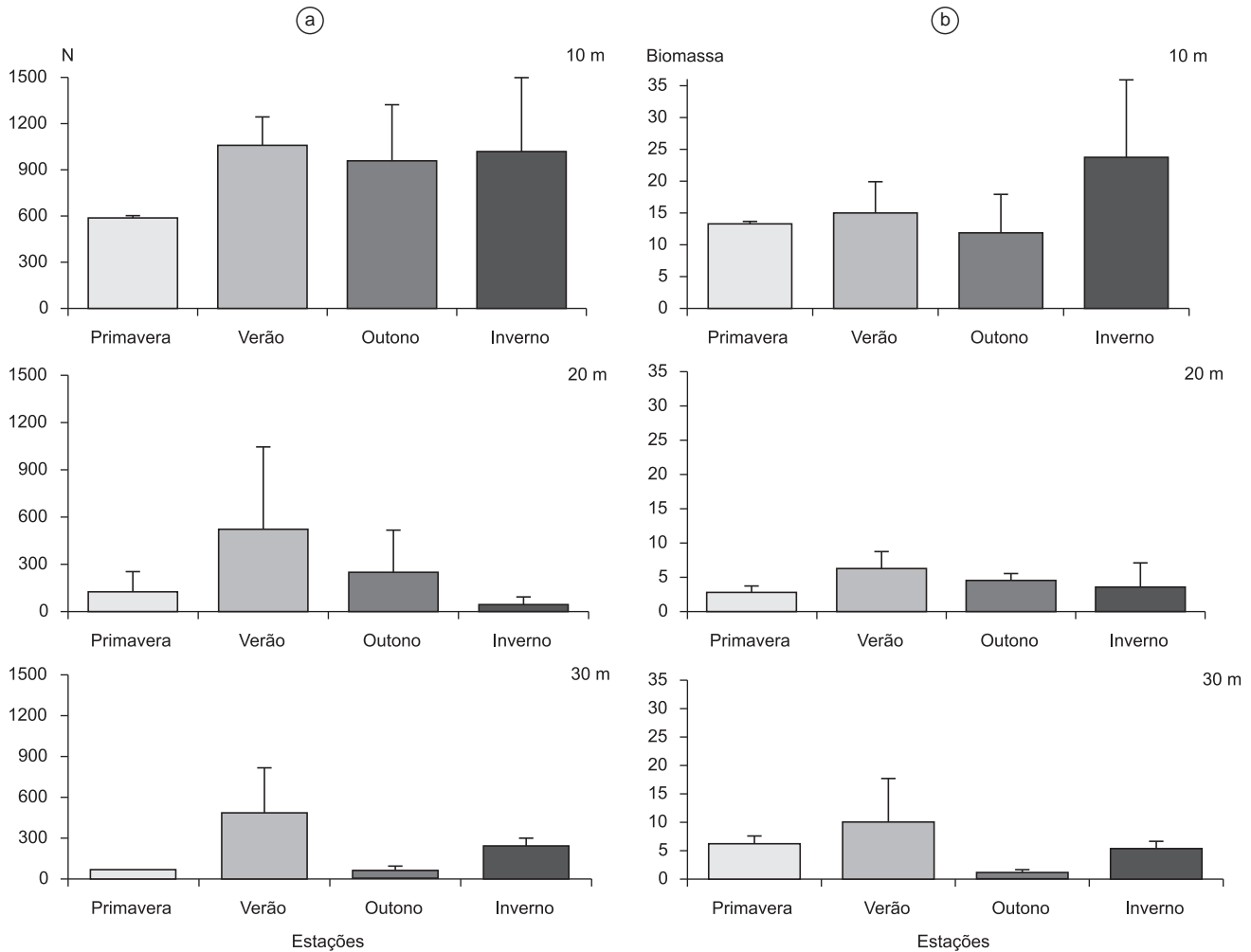
Carvalho et al. (1998) constataram um gradiente decrescente de temperatura partindo do Norte catarinense para o Sul, abaixo de 22 °C, próximo à Ilha do Arvoredo, na primavera/verão, indicando o afloramento da ressurgência costeira ao sul de Porto Belo, favorecida pelos ventos fortes do quadrante norte, porém, durante o outono/inverno, a coluna d'água mantém-se homogênea em decorrência de subsidência, relacionada ao vento sul.

O bycatch elevado na pesca artesanal do camarão sete-barbas ficou dentro do esperado para a área de trabalho (Branco & Verani 2006a), superando consideravelmente a biomassa de camarões capturados, em cerca de 5,2 vezes, com as maiores capturas incidindo sobre a ictiofauna e as menores nos Echinodermata e Mollusca. Essa

Tabela 3. Variação sazonal dos índices de Shannon ( $H'$ ) e Pielou ( $J'$ ), nas isóbatas de 10, 20 e 30 m, na pesca artesanal do camarão sete-barbas de Porto Belo, SC. Table 3. Seasonal variation of the indices of Shannon ( $H'$ ) and Pielou ( $J'$ ), in the isobath of 10, 20 and 30 m, in artisanal fishing for the sea-bob shrimp of Porto Belo, SC, Brazil.

Estações / Isóbatas	$H'$			$J'$		
	10	20	30	10	20	30
Primavera	1,80	1,44	2,43	0,56	0,49	0,77
Verão	2,17	1,93	2,01	0,65	0,63	0,62
Outono	1,84	1,66	1,99	0,60	0,60	0,70
Inverno	1,54	0,91	1,69	0,53	0,44	0,57
Média anual	$1,84 \pm 0,26$	$1,49 \pm 0,43$	$2,03 \pm 0,30$	$0,59 \pm 0,05$	$0,54 \pm 0,09$	$0,66 \pm 0,09$

Sedrez, M.C. et al.



**Figura 3.** Variação sazonal da CPUE em abundância (a) e biomassa em kg (b) da ictiofauna acompanhante, nas Isóbatas de 10 m, 20 m e 30 m, na pesca artesanal do camarão sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*), durante 2009 e 2010 em Porto Belo, SC. As barras verticais representam o erro da média.

**Figure 3.** Seasonal variation of the CPUE in abundance (a) and biomass in kg (b) of ictiofauna accompanying, in the isobath of 10 m, 20 m and 30 m in artisanal fishing for the sea-bob shrimp (*Xiphopenaeus kroyeri*), during 2009 and 2010 in Porto Belo, SC, Brazil. The vertical bars represent the error of the average.

tendência foi registrada em diversos estudos no litoral catarinense (Bail & Branco 2003, Branco & Verani 2006a, b, Bail et al. 2009, Bernardes Júnior et al. 2011) e norte de São Paulo (Graça-Lopes 2002a).

As proporções obtidas entre as biomassas de camarões sete-barbas e ictiofauna acompanhante nos arrastos, tem seguem o padrão mundial variando de 5:1 em águas temperadas até 10:1 em tropicais (Slavin 1983); 9,3:1 no Brasil (Alverson et al. 1994); no litoral norte de São Paulo entre 1,26:1 (Graça-Lopes et al. 2002) e 3:1 a 9:1 (Souza et al. 2008), de 0,57:1 (Cattani et al. 2011) a 3:1 (Pinheiro & Martins 2009) no Paraná. Em Santa Catarina, oscilam entre 1:1 a 8:1 na Penha (Branco & Verani 2006a) a 3:1 na Praia de Gravatá/Brava, Navegantes/Itajaí (Bail et al. 2009), provavelmente em função da maior abundância e incidência dos arrastos sobre os exemplares jovens da ictiofauna em algumas áreas de pesca.

A ictiofauna acompanhante vem sendo o componente mais capturado pela pesca artesanal de camarão, mas ainda é pouco aproveitada, apesar do interesse econômico em certas espécies (Diegues 1983, Branco 2005, Branco & Verani 2006a). Essa situação demonstra a eficiência na captura da espécie-alvo e baixa seletiva, especialmente nos peixes demersais (Alverson et al. 1994, Rocha &

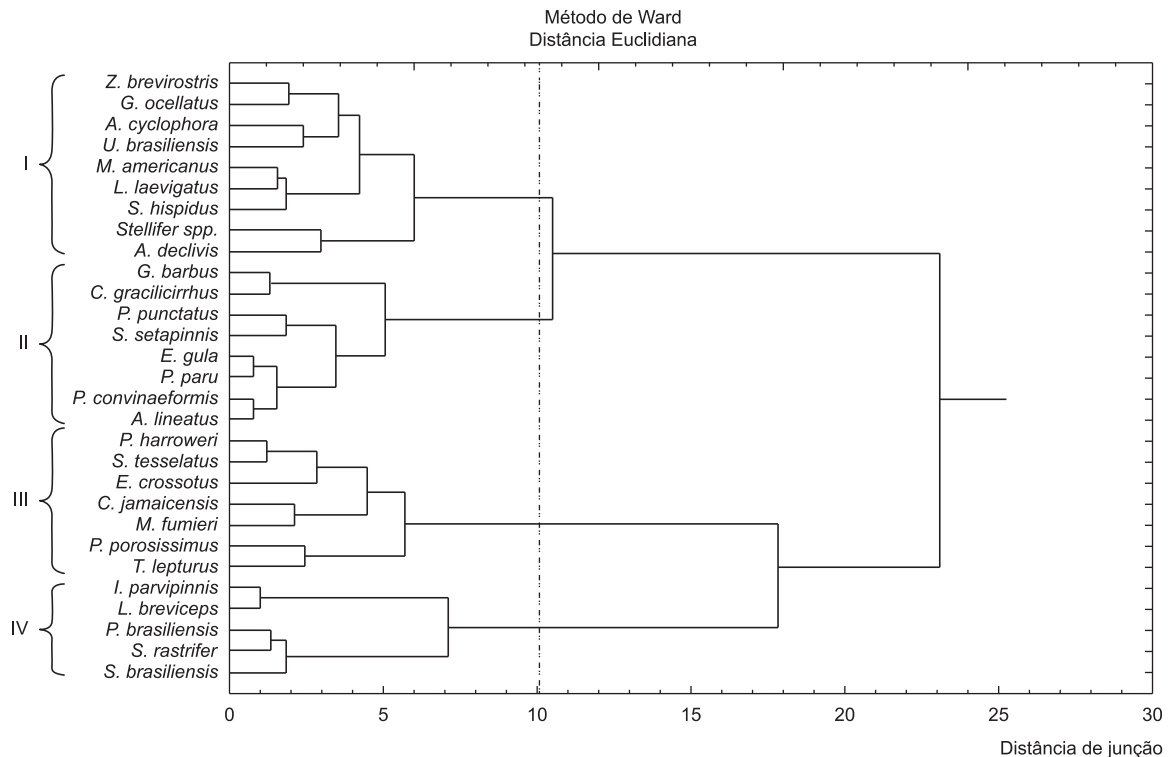
Rossi-Wongtschowski 1998, Branco & Verani 2006a, Souza et al. 2008, Bail et al. 2009, Bernardes Júnior et al. 2011).

Há uma grande variação entre o número de famílias e espécies na ictiofauna capturada ao longo do litoral brasileiro, incluindo Porto Belo-SC, onde os peixes representaram 65,96% da fauna acompanhante amostrada. Essa dominância pode estar associada a diversos fatores como temperatura, salinidade, sedimento, correntes, profundidade, estação do ano e disponibilidade de alimentos em cada área de pesca (Carranza-Fraser & Grande 1982, Haimovici et al. 1996, Branco & Verani 2006b, Souza et al. 2008, Freitas et al. 2011).

Entre os peixes demersais, a família Sciaenidae é o recurso mais capturado pela frota arrasteira de camarão sete-barbas na região Sudeste-Sul (Graça-Lopes et al. 2002, Rocha & Rossi-Wongtschowski 1998; Branco 2005, Branco & Verani 2006a, b, Schwarz Junior et al. 2006, Souza et al. 2008, Bernardes Júnior et al. 2011, Cattani et al. 2011, Freitas et al. 2011), com as maiores taxas de captura incidindo sobre *Stellifer rastrifer*, *S. brasiliensis*, *S. stellifer*, *Paralonchurus brasiliensis*, *Micropogonias furnieri*, *Larimus breviceps*, *Isopisthus parvipinnis*, *Cynoscion jamaicensis*, *Pellona harroweri* e *Menticirrhus americanus*, que estão entre as 12 espécies de maior abundância e biomassa coletadas em Porto Belo-SC.



## Ictiofauna acompanhante na pesca do camarão sete-barbas



**Figura 4.** Dendrograma do agrupamento das 29 espécies da ictiofauna acompanhante capturadas em mais de quatro coletas anuais realizadas na pesca de arrasto do camarão sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) em Porto Belo, SC.

**Figure 4.** Dendrogram of the grouping of the captured species of ichthyofauna accompanying in more than four carried through annual collections in artisanal fishing for the sea-bob shrimp (*Xiphopenaeus kroyeri*), in Porto Belo, SC, Brazil.

É possível que esses peixes procurem as áreas onde se encontram os camarões Penaeoidea para obtenção de alimentos e ou em busca de fatores abióticos favoráveis, principalmente o sedimento e a profundidade, determinantes nas relações ecológicas entre esses grupos (Souza et al. 2008).

O número de espécies da ictiofauna acompanhante em cada arrasto variou desde uma nos 20 m durante o inverno até 25, em 10 m, no verão, e cerca de 80% das capturas de Porto Belo foram constituídas por espécies ocasionais e pouco frequentes, se aproximando de Branco & Verani (2006b) na Armação de Itapocoroy, Penha, SC, que justifica esse elevado número pela ocorrência de espécies visitantes ou em trânsito, encontradas também em regiões mais profundas e estuários (Coelho et al. 1986, Branco & Verani 2006b, Bernardes Júnior et al. 2011). Portanto, apenas uma parcela pequena de espécies da ictiofauna acompanhante, domina em abundância e biomassa, onde a maioria é de ocorrência rara (Coelho et al. 1986, Branco & Verani 2006b, Bernardes Júnior et al. 2011).

Geralmente as flutuações espaçotemporais na abundância acompanham as variações da CPUE, sendo esse, o índice mais adequado para o monitoramento da pesca, portanto, sua alteração, significa alterações temporais na abundância de peixes (Branco et al. 2005). As médias sazonais mais elevadas em abundância e CPUE da ictiofauna acompanhante foram obtidas na primavera e outono, no litoral do Rio Grande do Sul (Haimovici et al. 1996), verão e inverno na Armação de Itapocoroy/Penha (Branco & Verani 2006b) e nos meses mais quentes, na plataforma continental do Paraná (Cattani et al. 2011).

Na área de estudo, as maiores abundâncias e CPUE ocorreram no verão e inverno, especialmente nos 10m, corroborando com os estudos de Souza et al. (2008) no litoral norte São Paulo, associando dentre outros fatores, a retração da ACAS e a ampliação das águas costeiras

neste último período, diminuindo a salinidade, elevando a temperatura e disponibilidade de alimentos em profundidades menores, além da instabilidade do fundo mais raso, arenosílticoargilosos e remexidos, causada pela passagem de correntes frias que expõem os camarões e atraem os peixes Sciaenidae, abundantes nessas profundidades. Assim, pode-se supor que condições semelhantes possam ser encontradas em Porto Belo, SC.

Portanto, as variações sazonais na abundância e CPUE, podem estar relacionadas aos ciclos reprodutivos das espécies, relações tróficas, hidrodinâmica, e instabilidade da região costeira, com consequentes alterações qualiquantitativas em seus componentes abióticos e bióticos (Giannini & Paiva-Filho 1995, Rossi-Wongtschowski et al. 2008, Soares-Gomes & Figueiredo 2002, Schwarz Junior et al. 2006, Branco & Verani 2006b, Rossi-Wongtschowski et al. 2008, Souza et al. 2008, Bernardes Júnior et al. 2011).

Os valores do índice de diversidade ( $H'$ ) registrados no presente estudo oscilaram em torno dos obtidos em Penha 0,92 e 3,43 (Branco & Verani 2006b), 0,39 e 2,16 (Bail & Branco 2003) e Barra do Sul 1,04 e 1,98 (Bernardes Júnior et al. 2011). Essa diversidade pode ser influenciada de modo negativo, pela presença de poucas espécies dominantes (Pires-Vanin 1977, Giannini & Paiva-Filho 1995), locais inadequados para a desova, falta de refúgio e alimentos para jovens, presença de espécies predadoras e forrageiras, além de ações antrópicas, como o esforço de pesca (Washington 1984, Cecilio et al. 1997, Bernardes Júnior et al. 2011).

O índice de equitabilidade ( $J'$ ), também se manteve consistente com os autores supracitados, onde há dominância de poucas espécies (Ansari et al. 1995, Branco & Verani 2006b) e, como a média anual manteve-se acima de 0,5 esse índice sugere para a área de estudo, a

distribuição espaçotemporal, relativamente uniforme entre as espécies (Bernardes Júnior et al. 2011).

A análise de Cluster originou quatro agrupamentos obedecendo à frequência de ocorrência das espécies registradas, sendo que um grupo pequeno e dominante reuniu as espécies de Sciaenidae com maior abundância e biomassa, sendo quatro foram frequentes, *Isopisthus parvipinnis*, *Larimus breviceps*, *Stellifer brasiliensis* e *S. rastrifer* e uma, muito frequente, *a Paralonchurus brasiliensis*. Os dois maiores agrupamentos reuniram as espécies pouco numerosas e maioria pouco frequentes, enquanto que o terceiro reuniu seis espécies entre as 12 mais abundantes, sendo a maioria frequentes. Esses resultados são corroborados por diversos autores, que obtiveram poucas espécies dominantes para o litoral brasileiro, tanto em abundância quanto em biomassa (Haimovici et al. 1998, Araújo et al. 1998, Rocha & Rossi-Wongtschowski 1998, Branco & Verani 2006b, Rodrigues et al. 2007, Souza et al. 2008, Bernardes Júnior et al. 2011).

## Conclusão

Na pesca de arrasto do camarão sete-barbas em Porto Belo, SC, raramente foram capturados peixes de grande porte e normalmente, descarta-se toda a fauna acompanhante, incluindo espécies de valor comercial como cangoás, pescadas, corvina, maria-luiza e oveva, dentre outras. Essa prática frequente, pode alterar a estrutura desse ecossistema costeiro, colocando em risco a sustentabilidade da espécie-alvo, fauna acompanhante e toda a comunidade biológica associada.

Portanto, diante dos resultados obtidos, recomenda-se em Porto Belo/SC e região, a adoção de políticas públicas, que visem o estudo e manejo dos recursos pesqueiros para não comprometer o futuro da pesca artesanal, desse histórico município de Santa Catarina.

## Agradecimentos

A todas as pessoas que colaboraram no levantamento de dados, especialmente àquelas do laboratório de biologia do CTTMar-Univali pelo auxílio na identificação, quantificação e registro das biomassas dos exemplares capturados, fundamental para a elaboração do presente artigo. Ao CNPq pelas bolsas de produtividade de J. O. B. e E. B.

## Referências Bibliográficas

- ALVERSON, D.L., FREEBERG, M.H., POPE, J.G., MURAWSKI, S.A. 1994. A global assessment of fisheries bycatch and discards. *FAO Fish. Tech. Pap.* 339:1-233.
- ANSARI, Z.A., CHATTERFI, A., INGOLE, B.S., SREEPADA, R.A., RIVONKAR, C.U. & PARULEKAR, A.H. 1995. Community structure seasonal variation of on inshore demersal fish community at Goa, west coast of India. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 41:593-610. [http://dx.doi.org/10.1016/0272-7714\(95\)90029-2](http://dx.doi.org/10.1016/0272-7714(95)90029-2)
- ARAÚJO, F.G., CRUZ-FILHO, A.G., AZEVEDO, M.C.C. & SANTOS, A.C.A. 1998. Estrutura da comunidade de peixes demersais da Baía de Sepetiba, RJ. *Rev. Bras. Biol.* 58(3):417-430. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-71081998000300007>
- BAIL, G.C., BRANCO, J.O., FREITAS JÚNIOR, F., LUNARDON-BRANCO, M.J. & BRAUN, J.R.R. 2009. Fauna acompanhante do camarão sete barbas, na Foz do Rio Itajaí-Açú e sua contribuição na diversidade de crustáceos e peixes do ecossistema Saco da Fazenda. In *Estuário do Rio Itajaí-Açú, Santa Catarina: caracterização ambiental e alterações antrópicas* (J.O. Branco, M.J. Lunardon-Branco & V.R. Bellotto). Editora da UNIVALI, Itajaí, p.284-312.
- 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 Téc. FACIMAR* 7:73-82.
- BERNARDES JÚNIOR, J.J., RODRIGUES FILHO, J., BRANCO, J.O. & VERANI, J.R. 2011. Spatiotemporal variations of the ichthyofaunal structure accompanying the seabob shrimp, *Xiphopenaeus kroyeri* (Crustacea: Penaeidae), fishery in important fishery areas of the Santa Catarina shore, Brazil. *Zoologia* 28(2):151-164.
- BRANCO, J.O. 2005. Biologia e pesca do camarão sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller) (Crustacea, Penaeidae), na Armação do Itapocoroy, Penha, SC. *Rev. Bras. Zool.* 22(4):1050-1062. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752005000400034>
- BRANCO, J.O., BAIL, G.C., VERANI, J. R. & MARENZI, A.W.C. 2006. Aspectos sócio-econômicos da pesca artesanal do camarão sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*), na região de Penha, SC. In *Bases ecológicas para um desenvolvimento sustentável: estudos de caso em Penha, SC* (J.O. Branco & A.W.C. Marenzi). Editora da UNIVALI, Itajaí, p.253-268.
- BRANCO, J.O., LUNARDON-BRANCO, M.J. & 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. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752005000400035>
- BRANCO, J.O. & VERANI, J.R. 2006a. Pesca do camarão sete-barbas e sua fauna acompanhante, na Armação do Itapocoroy, Penha, SC. In *Bases ecológicas para um desenvolvimento sustentável: estudos de caso em Penha, SC* (J.O. Branco & A.W.C. Marenzi). Editora da UNIVALI, Itajaí, p.153-170.
- BRANCO, J.O. & VERANI, J.R. 2006b. 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>
- BRASIL. Ministério da Pesca e da Aquicultura - MPA. Informações e Estatística. <http://www.mpa.gov.br> (último acesso em: 18/12/2011).
- CARRANZA-FRASER, J. & GRANDE, J.M. 1982. Experiencia de México en el aprovechamiento de la fauna de acompañamiento del camarón. *Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst. USA* 39:109-111.
- CARVALHO, J.L.B., SCHETTINI, C.A. F., RIBAS, T.M. 1998. Estrutura Termohalina do Litoral Centro-Norte Catarinense. *Notas Téc. FACIMAR* 2:181-197.
- CATTANI, A.P., SANTOS, L.O., SPACH, H.L., BUDEL, B.R., GONDIM GUANAIS, J.H.D. 2011. Avaliação da ictiofauna da fauna acompanhante da pesca do camarão sete-barbas do município de Pontal do Paraná, litoral do Paraná, Brasil. *Bol. Inst. Pesca* 37(2):247-260.
- CECÍLIO, E.B., AGOSTINHO, A.A., JÚLIO JUNIOR, H.F., PAVANELLI, C.S. 1997. Colonização ictiofaunística do reservatório de Itaipu e áreas adjacentes. *Rev. Bras. Zool.* 14(1):1-14.
- COELHO, J.A.P., PUZZI, A., GRAÇA-LOPES, R., RODRIGUES, E.S., PRIETO JUNIOR, O. 1986. Análise da rejeição de peixes na pesca artesanal dirigida ao camarão sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) no litoral do Estado de São Paulo. *Bol. Inst. Pesca* 13(2):51-61.
- COLVOCORESSES, J.A. & MUSICK, J.A. 1984. Species associations and community composition of Middle Atlantic Bight continental shelf demersal fishes. *Fish. Bull. (U.S.)* 82:295-313.
- DIEGUES, A.C.S. 1983. Pescadores, camponeses e trabalhadores do mar. Editora Ática, São Paulo, 559p.
- EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA. Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola – Epagri/Cepa. Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2009-2010. [http://cepa.epagri.sc.gov.br/Publicacoes/Sintese\\_2010/](http://cepa.epagri.sc.gov.br/Publicacoes/Sintese_2010/) (último acesso em 18/12/2011).
- 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, 104p.
- 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, 110p.
- FIGUEIREDO, J.L. 1980. Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. III. Teleostei (2). Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, 90p.

- 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, 116p.
- FISHBASE. 2011. [www.fishbase.org/](http://www.fishbase.org/) (último acesso em 11/12/2011).
- FREITAS, M.O., SPACH, H.L., HOSTIM-SILVA, M. 2011. Variação espaço-temporal da assembleia de peixes demersais em uma área de pesca do camarão sete-barbas no sul do Brasil. *Neotrop. Biol. Conserv.* 6(1):44-54. <http://dx.doi.org/10.4013/nbc.2011.61.06>
- GIANNINI, R. & PAIVA-FILHO, A.M. 1995. Distribuição temporal, espacial e bioecologia do cangoá, *Stellifer brasiliensis* (Teleostei: Sciaenidae), na Baía de Santos, São Paulo, Brasil. *Arq. Ciênc. Mar* 29(1-2):5-15.
- GRAÇA-LOPES, R., SEVERINO-RODRIGUES, E., PUZZI, A., PITA, J.B., COELHO, J.A.P., FREITAS, M.L. 1993. Levantamento ictiofaunístico em um ponto fixo na Baía de Santos, Estado de São Paulo, Brasil. *Bol. Inst. Pesca* 20:7-20.
- GRAÇA-LOPES, R., TOMÁS, A.R.G., TUTUI, S.L.S., SEVERINO RODRIGUES, E., PUZZI, A. 2002. Fauna acompanhante da pesca camaroeira no litoral do estado de São Paulo, Brasil. *Bol. Inst. Pesca* 28(2):173-188.
- HAIMOVICI, M., CASTELLO, J.P., VOOREN, C.M. 1998. Pescarias. In Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil (U. Seeliger, C. Odebrecht & J.P. Castello). Editora Ecoscientia, Rio Grande, p.206-218.
- HAIMOVICI, M., MARTINS, A. S., VIEIRA, P. C. 1996. Distribuição e abundância de peixes teleósteos demersais sobre a plataforma continental do sul do Brasil. *Rev. Bras. Biol.* 56(1):27-50.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. <http://www.ibge.gov.br> (último acesso em 18/12/2011).
- LUDWIG, J.A. & REYNOLDS, J.F. 1988. *Statistical ecology: a primer on methods and computing*. John Wiley and Sons New York, 338p.
- MATSUURA, Y. 1986. Contribuição ao estudo da estrutura oceanográfica da Região Sudeste entre Cabo Frio (RJ) e Cabo de Santa Marta Grande (SC). *Cienc. Cult.* 38(8):1439-1450.
- 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, 96p.
- MENEZES, N.A. & FIGUEIREDO, J.L. 1985. Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. V. Teleostei (4). Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, 105p.
- PINHEIRO, H.T. & MARTINS, A.S. 2009. Estudo comparativo da captura artesanal do camarão sete-barbas e sua fauna acompanhante em duas áreas de pesca do litoral do estado do Espírito Santo, Brasil. *Bol. Inst. Pesca* 35(2):215-225.
- PIRES-VANIN, A.M.S. 1977. Aspectos da fauna de isópoda (*crustacea peracarida*) das zonas litoral e infralitoral de fundos duros da enseada do Flamengo, Ubatuba, SP. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 83p.
- ROCHA, G.R.A. & ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B. 1998. Demersal fish community on the inner shelf of Ubatuba, southeastern Brazil. *Rev. Bras. Oceanogr.* 46:93-109.
- ROCHA, I. P. & ROCHA, D. M. 2010. Panorama da Produção Mundial e Brasileira de Pescados, com ênfase para o Segmento da Aquicultura. <http://www.abccam.com.br> (último acesso em 18/12/2011).
- RODRIGUES, C., LAVRADO, H.P., FALCÃO, A.P.C., SILVA, S.H.G. 2007. Distribuição da ictiofauna capturada em arrastos de fundo na Baía de Guanabara - Rio de Janeiro, Brasil. *Arq. Mus. Nac.* 65(2):199-210.
- ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B., SOARES, L.S.H., MUTO, E.Y. 2008. Ictiofauna. In *Oceanografia de um Ecossistema Subtropical - Plataforma de São Sebastião, SP* (A.M.S. Pires-Vanin). Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, p.381-404.
- SCHWARZ JUNIOR, R., FRANCO, A.C.N.P., SPACH, H.L., SARPEDONTI, V., PICHLER, H.A., NOGUEIRA DE QUEIROZ, G.M.L. 2006. Composição e estrutura da ictiofauna demersal na Baía dos Pinheiros, Paraná. *Braz. J. Aquat. Sci. Tech.* 10(1):27-39.
- SLAVIN, J.W. 1983. Utilización de la pesca acampañante del camarón. In *Pesca acompañante del camarón - un regalo del mar - informe de una consulta técnica sobre utilización de la pesca acompañante del camarón*. Georgetown Guyana, Ottawa, Ont. CIID, p.67-71. Pmid:6224019.
- SOARES, L.H. 1978. Estudo dos Bothidae, Cynoglossidae e Soleidae capturados nos bancos de camarão, no Estado do Rio Grande do Norte - Brasil. *Bol. Dep. Oceanogr. Limnol. Cent. Biocienc. Univ. Fed. Rio Gd. Norte* 6:16-27.
- SOARES-GOMES, A. & FIGUEIREDO, A.G. 2002. O ambiente marinho. In PEREIRA, R.C., SOARES-GOMES, A. *Biologia Marinha*. Interciência, Rio de Janeiro, p.1-33.
- SOKAL, R.R. & ROHLF, F.J. 1995. *Biometry; the principles and practice of statistics in biological research*. 3th ed. W. H. Freeman and Co., San Francisco, 887p.
- SOUZA, U. P., COSTA, R. C. D., MARTINS, I. A., FRANSOZO, A. 2008. Associações entre as biomassas de peixes Sciaenidae (Teleostei: Perciformes) e de camarões Penaeoidea (Decapoda: Dendrobranchiata) no litoral norte do Estado de São Paulo. *Biota Neotrop.* 8(1):83-92. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032008000100011>
- TOPP, R.W. & HOFF JUNIOR, F.H. 1972. *Flatfishes (Pleuronectiformes)*. Florida Department of Natural Resources, *Memoirs of the Hourglass Cruises*, 135p.
- WASHINGTON, H.G. 1984. Diversity, biotic and similarity indices: a review with special relevance to aquatic ecosystems. *Water Res.* 18:653-694. [http://dx.doi.org/10.1016/0043-1354\(84\)90164-7](http://dx.doi.org/10.1016/0043-1354(84)90164-7)

Recebido em 23/05/2012

Versão reformulada recebida em 17/12/2012

Publicado em 04/01/2013

## Composição faunística de vespas (Hymenoptera: Vespoidea) na Floresta Estacional do Parque Nacional da Serra da Bodoquena, Brasil

Tiago Henrique Auko<sup>1</sup> & Rogério Silvestre<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Ecologia de Hymenoptera – HECOLAB, Programa de Pós-graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade – PPGECB, Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, Rod. Dourados-Itahum, Km 12, Cidade Universitária, CEP 79804-970, Dourados, MS, Brasil  
<http://www.ufgd.edu.br/>.

<sup>2</sup>Laboratório de Ecologia de Hymenoptera – HECOLAB, Programa de Pós-graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade – PPGECB, Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, Rod. Dourados-Itahum, Km 12, Cidade Universitária, CEP 79804-970, Dourados, MS, Brasil

<sup>3</sup>Autor para correspondência: Rogério Silvestre, e-mail: [rogeriosilvestre@ufgd.edu.br](mailto:rogeriosilvestre@ufgd.edu.br)

AUKO, T.H. & SILVESTRE, R. **Faunal composition of wasps (Hymenoptera: Vespoidea) in a seasonal forest from Serra da Bodoquena National Park, Brazil.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?inventory+bn03013012013>

**Abstract:** This work aims at performing the inventory of predator wasps' fauna (Hymenoptera, Vespoidea) from Serra da Bodoquena National Park, Brazil, municipalities of Bodoquena, Bonito, Jardim and Porto Murtinho; with a discontinuous period of 42 days of collecting, between February/2007 to December/2008. Seven expeditions were undertaken in the field in areas of deciduous and semi deciduous seasonal forest. The techniques employed in faunal inventory were: active collection with entomological net, Malaise traps, Möericke traps and hand collecting. Three-hundred sixty one specimens in Vespoidea group were captured, represented by 107 species in 59 genera, distributed in the following families: Vespidae, Pompilidae, Mutillidae, Tiphiidae and Scoliidae. Vespidae were the most frequently sampled group. Pompilidae presented a wider range of records in relation to collection methods; however most genera are sampled by an exclusive technique. Scoliidae was only represented by tree individuals. *Polybia* (gr. *occidentalis*) and *Agelaia multipicta* (Vespidae) were the most abundant between all the Aculeata wasps sampled. Sixty one species was sampled with only one individual (singletons). This data input new records of distribution of wasp's species to Central Western Brazil with biogeographical interest.

**Keywords:** aculeate wasps, community structure, diversity, dry forest, quick inventory.

AUKO, T.H. & SILVESTRE, R. **Composição faunística de vespas (Hymenoptera: Vespoidea) na Floresta Estacional do Parque Nacional da Serra da Bodoquena, Brasil.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?inventory+bn03013012013>

**Resumo:** Neste trabalho realizamos um inventário da fauna de vespas predadoras (Hymenoptera, Vespoidea) do Parque Nacional da Serra da Bodoquena (PNSB), municípios de Bodoquena, Bonito, Jardim e Porto Murtinho, em 42 dias descontínuos de amostragens entre fevereiro de 2007 a dezembro de 2008. Sete expedições de campo foram realizadas em áreas de Floresta Estacional Decidual e Floresta Estacional Semidecidual. As técnicas empregadas foram: coletas ativas com rede entomológica, armadilha de Malaise, bandejas amarelas (armadilha de Möericke) e coleta manual. Trezentos e sessenta e um indivíduos de Vespoidea foram capturados, representados por 107 espécies, em 59 gêneros, distribuídos nas seguintes famílias: Vespidae, Pompilidae, Mutillidae, Tiphiidae e Scoliidae. Vespidae foi o grupo mais freqüente. Pompilidae foi bem representado por um amplo conjunto de métodos de coleta, entretanto a maioria dos gêneros foi amostrada por uma técnica exclusiva. Scoliidae foi representado apenas por três indivíduos. As espécies *Polybia* (gr. *occidentalis*) e *Agelaia multipicta* (Vespidae) foram as mais abundantes dentre todas as vespas aculeadas amostradas. Sessenta e uma espécies capturadas estão representadas por apenas um único indivíduo (singletons). Estes dados acrescentam novos registros de distribuição de espécies de vespas para a região Centro-Oeste do Brasil de interesse biogeográfico.

**Palavras-chave:** vespas aculeadas, estrutura da comunidade, diversidade, mata seca, inventário rápido.



## Introdução

A estrutura da comunidade de vespas ainda é pouco compreendida para a região Neotropical e inventários rápidos da diversidade desse grupo contribuem para os diagnósticos faunísticos e inferem informações biogeográficas relevantes em ambientes nunca antes amostrados e que são *hotspots* de diversidade. Muitos táxons carecem ainda de revisão, não existindo uma classificação de consenso entre os pesquisadores. Atributos como o comportamento, que vai do social ao solitário, a grande variedade de habitats que ocupam e a grande amplitude sazonal e altitudinal, conferem a estas vespas um “sucesso” ecológico na exploração de recursos, e as tornam importantes agentes estruturadores das comunidades (Sarmiento 1997).

Pilgrim et al. (2008) acreditam que Vespoidea seja um grupo parafilético e propõem uma nova classificação dos Hymenoptera Aculeata, reconhecendo oito superfamílias: Apoidea, Chrysidoidea, Formicoidea, Pompiloidea, Scolioidea, Tiphioidea, Thynnoidea e Vespoidea.

Vespoidea (senso Brothers & Carpenter, 1999) é formada por 10 famílias com aproximadamente 50.000 espécies descritas no mundo. Na Região Neotropical estão registrados cerca de 2.500 gêneros e mais de 24.000 espécies descritas (Fernández 2002).

Vespidae abarca mais de 4.500 espécies descritas, em 268 gêneros e sete subfamílias. Está distribuído em todo o mundo, sendo a maior riqueza encontrada nos trópicos. Apenas três subfamílias são encontradas no Brasil, sendo elas Masarinae, Eumeninae e Polistinae (Carpenter & Marques 2001).

Pompilidae abrange 4.200 espécies distribuídas pelo mundo (Brothers & Finnamore 1993), na região Neotropical encontram-se aproximadamente 750 espécies (Fernández 2000). As fêmeas utilizam aranhas como presas para alimentarem suas larvas, sendo que cada larva se alimenta de uma única presa (Brothers & Carpenter 1993).

Mutillidae possui aproximadamente 208 gêneros e 4.200 espécies descritas, estima-se que este número deva chegar próximo a 6.000 espécies (Lelej 2007, Lelej & Brothers 2008). Na região Neotropical são encontradas duas das sete subfamílias existentes: Sphaerophthalminae e Mutillinae. Essas vespas comportam-se como parasitoides de outros himenópteros aculeados, principalmente de abelhas solitárias (Brothers 2006).

Tiphidae são vespas cosmopolitas e predominantes em regiões tropicais. A família contém cerca de 1500 espécies distribuídas em sete subfamílias, e provavelmente todos os Tiphidae sejam parasitoides de estádios larvais de coleópteros de solo (Scarabaeidae, Curculionidae, Carabidae, Tenebrionidae), com exceção de um gênero Australiano *Diamma* que se alimenta de grilos (Kimsey & Brothers 2006).

Scoliidae também são cosmopolitas. Todas as espécies são solitárias. A família contém cerca de 300 espécies e cinco gêneros no mundo (Brothers & Finnamore 1993). As fêmeas são ectoparasitoides

de larvas de besouros (Scarabaeidae, Passalidae, Lucanidae) e suas pernas anteriores fortes permitem escavar o solo em busca das larvas destes coleópteros (Fernández 2006).

Levantamentos recentes de vespas (Vespoidea) no Brasil são poucos com inventários de grupos isolados, principalmente envolvendo vespas sociais. Silveira (2002) realizou um inventário para a região Amazônica no Pará; Somavilla et al. (2010) avaliaram a diversidade de vespas para os Pampas gaúchos; Santos et al. (2009) trabalhou com a região do Cerrado na Bahia; Togni (2009) inventariou a Mata Atlântica no estado de São Paulo e Santos (2008), também na Mata Atlântica avaliou a diversidade de Vespoidea solitários em um gradiente altitudinal em São Paulo.

A Serra da Bodoquena faz parte do corredor ecológico de Biodiversidade Cerrado-Pantanal, pertencendo à zona núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica e da Biosfera do Pantanal e está sendo altamente ameaçada pela exploração turística na região de Bonito e pelas fazendas adjacentes (Brasil 2007). A fauna desta região ainda é pouco conhecida, com exceção da comunidade de anuros (Uetanabaro et al. 2007) e formigas (Silvestre et al. 2012).

O Objetivo deste trabalho foi inventariar a diversidade de vespas do Parque Nacional da Serra da Bodoquena, região esta com grande importância geológica e biogeográfica, nunca antes amostrada para este grupo de insetos.

## Material e Métodos

### 1. Sítios amostrados

O Parque Nacional da Serra da Bodoquena (Figura 1) está localizado na porção Centro – Oeste do país, neste planalto encontra-se um dos últimos remanescente de Floresta Estacional Decidual (Mata Seca) e Semidecidual (Mata Atlântica) do país com qualidade preservada e com grande extensão (Pott & Pott 2003).

Realizamos ao todo sete expedições de coleta, com duração de cinco dias cada. Os pontos de coletas foram principalmente em áreas que compunham as sub-bacias dos rios Salobra e Perdido, da bacia do rio Paraguai. Os nomes das localidades são referentes às fazendas limítrofes ao PNSB (Tabela 1).

### 2. Métodos de coleta

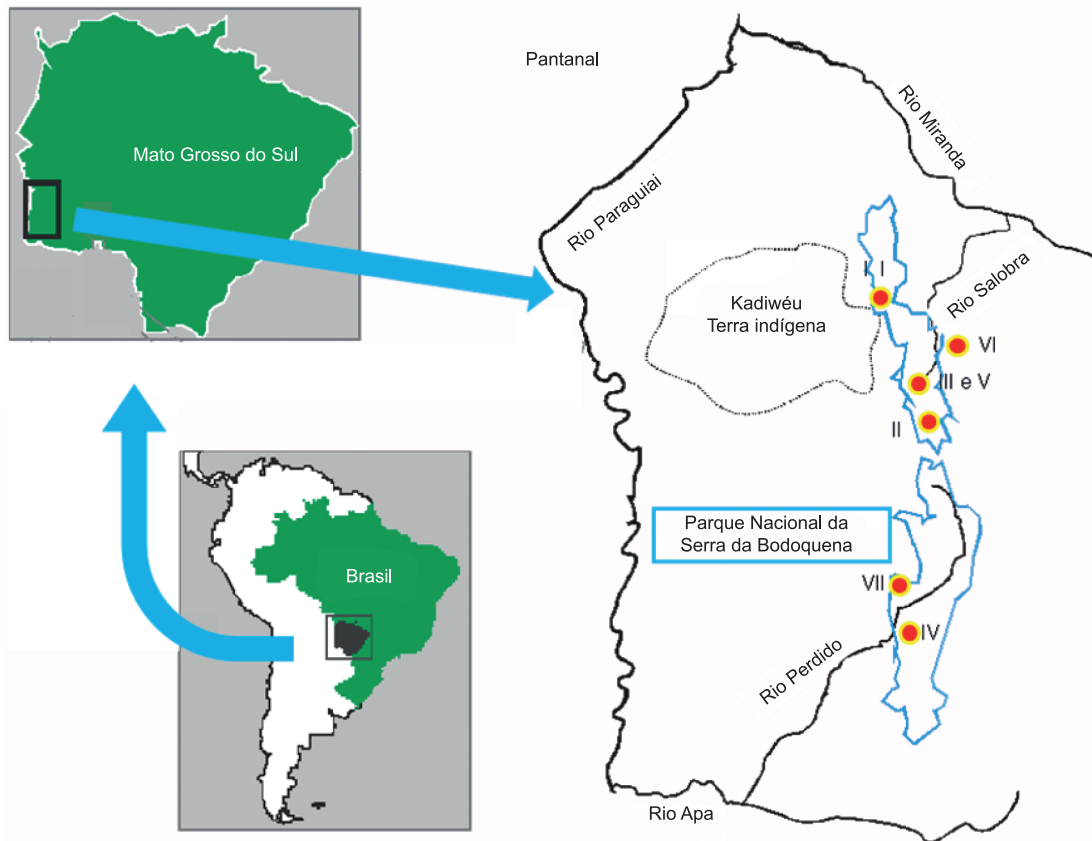
Para o inventário rápido da diversidade de vespas na Serra da Bodoquena foram empregados os seguintes métodos:

1. Coleta ativa (rede entomológica e pinça): Nesta metodologia incluem-se a observação em lugares específicos como barrancos de rios e ranchos abandonados, que apresentam condições físicas propícias para as construções de ninhos de vespas, além da observação da vegetação.

**Tabela 1.** Área amostrada, altitude, data e coordenadas geográficas das sete expedições de coletas de vespas realizadas no Parque Nacional da Serra da Bodoquena, em um período descontínuo de 42 dias de coleta de campo, entre fevereiro/2007 a dezembro/2008.

**Table 1.** Sampled area, altitude, date and geographical coordinates of the seven expeditions collections of wasps held in Serra da Bodoquena National Park, in a discontinuous period of 42 days of field collecting, during February 2007 to December 2008.

Expedição	Área amostrada	Altitude	Data	Coordenadas
I	Califórnia	610 m	fev./2007	20° 42' 07" S; 56° 52' 47" W
II	Marambaia	570 m	maio/2007	20° 56' 56" S; 56° 47' 75" W
III	Santa Laura I	225 m	nov./2007	20° 46' 56" S; 56° 44' 31" W
IV	Santa Maria	390 m	fev./2008	21° 32' 46" S; 56° 55' 29" W
V	Santa Laura II	225 m	abr./2008	20° 46' 56" S; 56° 44' 31" W
VI	Pitangueiras	490 m	abr./2008	20° 52' 13" S; 56° 35' 20" W
VII	Campo Verde	470 m	dez./2008	21° 22' 49" S; 56° 45' 46" W



**Figura 1.** Localização do Parque Nacional da Serra da Bodoquena (traço azul). Os círculos indicam os pontos de coleta de vespas (Hymenoptera: Vespoidea).  
**Figure 1.** Location of Serra da Bodoquena National Park (blue line). The circles show the points of collection wasps (Hymenoptera: Vespoidea).

2. Armadilhas (Möericke): Ao todo foram dispostas 350 bandejas, sendo 50 por expedição de coleta, distando 10m uma armadilha da outra.
3. Armadilha de Malaise: Ao todo no inventário foram recolhidas 14 amostras, dispostas sobre o solo por quatro dias consecutivos.

O material foi comparado com os espécimes depositados na coleção referência do Museu de Zoologia da USP de São Paulo e alguns exemplares foram determinados por especialistas de seus respectivos grupos. Os exemplares estão depositados na Coleção de Hymenoptera do Museu de Biodiversidade da UFGD (MuBio), em Dourados – MS.

### 3. Análises

A estimativa de riqueza de espécies foi obtida pela curva de rarefação (Simberloff 1972) para as famílias mais abundantes, calculado a partir da presença e ausência das espécies nas amostras. Foi empregado para este teste o pacote estatístico EstimateS, versão 8.0 (Colwell 2004).

## Resultados

Foram coletados 361 espécimes de Vespoidea (excluindo as formigas), pertencentes a 107 espécies em 59 gêneros (Tabela 2), um gênero dentre os Pompilini não foi identificado. Estas espécies estão classificadas em cinco famílias, sendo elas: Vespidae (37), Pompilidae (40), Mutillidae (22), Tiphiidae (5) e Scoliidae (3).

As espécies *Polybia* (gr. *occidentalis*) e *Agelaia multipicta* (Vespidae) foram as mais abundantes dentre todos os aculeados

amostrados. Sessenta e uma espécies amostradas (58%) estão representadas por apenas um único indivíduo (singletons).

A Figura 2 apresenta a estimativa de riqueza de espécies para as famílias mais abundantes: Vespidae, Mutillidae e Pompilidae, dentre os himenópteros vespoídeos amostrados.

Vinte e quatro espécies, distribuídas em 18 gêneros, em cinco famílias foram capturadas em armadilhas de Malaise. Nas bandejas amarelas foram 22 espécies distribuídas em 16 gêneros e quatro famílias, sendo que apenas *Ageniella* sp. 1 e *Episyron* sp. (Pompilidae), *Timulla* spp. ♂ e *Ephuta* spp. ♂ (Mutillidae), ocorreram nas duas armadilhas. As armadilhas amarelas e as de Malaise juntas amostraram 42 espécies, representando 40% da fauna total de vespas aculeadas do trabalho. A coleta de rede entomológica e manual com pinça, ao longo de trilhas na mata e margens de rios e córregos, amostrou um total de 63 espécies de Vespoidea, representando 60% do total (Tabela 3).

Neste trabalho Sierolomorphidae, Rhopalosomatidae, Sapygidae e Bradynobaenidae não foram amostrados. Sendo que o primeiro grupo está registrado somente na América Central e os dois últimos para o Chile e a Argentina, com poucas espécies relatadas. Para Rhopalosomatidae são registrados apenas três gêneros no Brasil (Sarmiento 2006).

## Discussão

Os resultados da coleta de Vespoidea obtidos neste estudo mostraram que a região na qual se insere o P.N.S.B. é consideravelmente diversa em relação a outros levantamentos na região Neotropical. Santos (2008) utilizando metodologia semelhante obteve uma

**Tabela 2.** Lista de espécies de Vespoidea amostrados no PNSB, Brasil, em sete expedições de coleta.**Table 2.** The species list for Vespoidea sampled in PNSB, Brazil, in seven collecting expeditions.

Espécies	Expedições						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
<b>Vespidae</b>							
<b>Eumeninae</b>							
<i>Ancistroceroides conjunctus</i> (Fox)	-	-	2	-	-	-	1
<i>Hypancistrocerus</i> sp.	-	-	-	-	-	-	1
<i>Minixi suffusum</i> (Fox)	-	-	-	-	-	-	1
<i>Monobia angulosa</i> Saussure	-	-	-	-	-	-	1
<i>Montezumia azurescens</i> (Spinola)	-	-	-	-	-	1	-
<i>Montezumia ferruginea brasiliensis</i> Saussure	-	-	-	-	-	-	1
<i>Montezumia infernalis</i> (Spinola)	-	-	-	1	-	1	-
<i>Montezumia petiolata</i> Saussure	-	-	-	-	2	-	-
<i>Omicron spegazzinii</i> (Brèthes, 1905)	-	-	-	-	-	-	1
<i>Omicron tuberculatum</i> (Fox, 1899)	-	-	-	-	-	-	3
<i>Pachodynerus guadulpensis</i> (Saussure)	-	1	1	-	1	-	3
<i>Pachodynerus brevithorax</i> (Saussure)	-	-	2	-	-	-	-
<i>Pachodynerus grandis</i> Willink & Roig-Alsina	-	-	-	-	-	-	1
<i>Pachodynerus nasidens</i> (Latreille)	-	-	-	-	2	1	2
<i>Pachymenes ghilianii</i> (Spinola, 1851)	-	-	-	-	-	1	-
<i>Pachyminixi</i> sp. 1	-	-	-	-	-	-	1
<i>Parancistrocerus</i> sp. 1	-	-	-	-	-	-	1
<i>Parancistrocerus</i> sp. 2	-	-	-	-	-	1	-
<i>Zeta argillaceum</i> (Linnaeus)	-	-	1	-	1	2	-
<i>Zethus cylindricus</i> Fox	-	-	-	3	-	-	2
<b>Polistinae</b>							
<b>Epiponini</b>							
<i>Agelaia multipicta</i> Haliday, 1836	-	1	3	8	-	3	4
<i>Apoica flavissima</i> van der Vecht	-	-	-	-	-	1	-
<i>Brachygastra lecheguana</i> (Latreille)	-	-	-	-	-	-	1
<i>Brachygastra moulae</i> Richards, 1978	-	-	2	-	-	-	9
<i>Metapolybia</i> sp.	-	-	-	-	-	1	-
<i>Polybia chrysothorax</i> (Lichtenstein)	-	-	1	2	1	8	-
<i>Polybia ignobilis</i> (Haliday)	2	-	2	-	2	4	5
<i>Polybia</i> (gr. <i>occidentalis</i> ) (Oliver)	-	1	-	8	-	2	11
<i>Protonectarina silveirae</i> (Saussure)	-	-	1	-	-	-	3
<i>Protopolybia exigua</i> (Saussure)	-	-	-	-	-	-	1
<b>Mischocyttarini</b>							
<i>Mischocyttarus</i> sp. 1	-	-	-	-	-	1	-
<i>Mischocyttarus</i> sp. 2	-	-	3	-	3	1	-
<i>Mischocyttarus</i> sp. 3	-	-	-	-	-	1	1
<i>Mischocyttarus</i> sp. 4	-	-	-	-	1	-	1
<b>Polistini</b>							
<i>Polistes canadensis</i> (Linnaeus)	2	2	-	-	-	6	2
<i>Polistes ferreri</i> Saussure, 1853	-	-	-	-	-	-	4
<i>Polistes simillimus</i> Zikan	-	2	-	3	-	-	4
<i>Polistes versicolor</i> (Olivier)	-	5	-	-	-	-	1
<b>Mutillidae</b>							
<b>Sphaerophthalminae</b>							
<b>Sphaerophthalmini</b>							
<i>Atillum</i> sp.	-	-	-	-	-	1	-
<i>Hoplocrates monacha</i> (Gerstaecker)	-	1	-	-	-	-	-
<i>Hoplocrates</i> sp. 2	1	-	-	-	-	-	-
<i>Mickelia</i> sp. 2	1	-	-	-	-	-	-
<i>Ptilomutilla pennata</i> André, 1905	-	-	-	1	-	-	-

Tabela 2. Continuação...

Espécies	Expedições						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
<i>Sphinctopsis turnalia</i> (Cresson)	-	-	1	-	-	-	-
<i>Sphinctopsis</i> sp. 2	1	-	-	1	-	-	-
<i>Sphinctopsis</i> sp. 3	-	-	-	1	-	-	-
<i>Suarezilla</i> sp.	1	-	-	-	-	-	-
<i>Traumatotutilla manca</i> (Cresson)	1	-	-	-	-	1	-
<i>Traumatotutilla graphica</i> (Gerstaecker)	1	-	-	1	-	-	-
<i>Traumatotutilla</i> sp. 1	-	-	-	1	-	1	-
<i>Traumatotutilla</i> sp. 2	1	-	-	-	-	-	-
<i>Traumatotutilla</i> sp. 3	1	-	-	-	-	-	-
<i>Traumatotutilla</i> sp. 4	-	-	-	-	-	1	-
<i>Traumatotutilla</i> sp. 6	-	-	1	-	-	-	-
<i>Traumatotutilla</i> sp. 15	-	-	-	-	-	-	1
<b>Mutillinae</b>							
<b>Ephutini</b>							
<i>Ephuta</i> spp. ♂	2	1	2	2	2	-	6
<b>Mutillini</b>							
<i>Timulla</i> sp. 1	-	-	-	1	-	1	-
<i>Timulla</i> sp. 2	-	-	-	1	-	-	1
<i>Timulla</i> sp. 3	-	-	-	-	-	-	1
<i>Timulla</i> spp. ♂	-	-	1	4	-	-	1
<b>Pompilidae</b>							
<b>Pepsinae</b>							
<b>Ageniellini</b>							
<i>Ageniella</i> sp. 1	-	2	3	-	-	-	-
<i>Ageniella</i> sp. 2	-	-	-	-	-	1	-
<i>Auplopus</i> sp.	-	-	-	8	-	1	-
<i>Priocnemella</i> sp.	-	-	-	-	-	1	-
<b>Pepsini</b>							
<i>Aimatocare</i> sp. 1	-	-	1	-	-	-	-
<i>Aimatocare</i> sp. 2	-	-	-	1	-	-	-
<i>Caliadurgus</i> sp.	1	1	2	-	3	1	-
<i>Entypus</i> sp. 1	-	-	-	-	-	1	-
<i>Entypus</i> sp. 2	-	-	-	-	-	-	1
<i>Entypus</i> sp. 3	-	-	-	-	-	-	1
<i>Pepsis crassicornis</i> Mócsary, 1885	-	-	-	-	-	1	-
<b>Ctenocerinae</b>							
<i>Epipompilus aztecus</i> (Cresson)	-	-	1	-	-	-	-
<i>Epipompilus</i> sp.	-	-	1	-	-	-	-
<b>Ceropalinae</b>							
<i>Ceropales</i> sp.	-	-	-	-	-	-	1
<b>Pompilinae</b>							
<b>Aporini</b>							
<i>Aporus</i> sp.	-	-	-	-	-	1	-
<i>Euplaniceps</i> sp. 1	-	-	-	2	-	-	1
<i>Euplaniceps</i> sp. 2	-	-	-	1	-	-	-
<i>Notoplaniceps</i> sp.	-	-	-	-	-	-	1
<b>Pompilini</b>							
<i>Agenioideus</i> sp.	1	-	-	1	2	-	-
<i>Anoplius taschenbergui</i> (Brèthes)	-	-	-	1	-	-	-
<i>Anoplius</i> sp. 2	-	-	-	-	-	-	4
<i>Anoplius</i> sp. 3	-	-	-	-	-	-	1
<i>Anoplius</i> sp. 4	-	-	-	-	-	-	1
<i>Aplochares</i> sp.	-	-	-	-	-	1	-



Tabela 2. Continuação...

Espécies	Expedições						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
<i>Dicranoplius</i> sp.	-	-	-	-	-	-	1
<i>Episyron</i> sp.	-	-	-	1	-	-	-
<i>Paracyphononyx</i> sp.	-	-	-	-	-	5	-
<i>Poecilopompilus</i> sp. 1	1	-	-	-	-	-	-
<i>Poecilopompilus</i> sp. 2	-	-	-	3	-	-	-
<i>Poecilopompilus</i> sp. 3	-	-	1	-	-	-	-
<i>Poecilopompilus</i> sp. 4	-	-	1	-	-	-	-
<i>Poecilopompilus</i> sp. 5	-	-	-	-	-	1	-
<i>Priochilus</i> sp. 1	4	-	1	-	-	1	-
<i>Priochilus</i> sp. 2	-	-	1	-	-	-	-
<i>Priochilus gracillimus</i> Smith, 1855	-	-	2	-	-	1	-
<i>Notocyphus</i> sp. 1	-	-	1	-	-	-	-
<i>Notocyphus</i> sp. 2	-	-	1	-	-	-	-
<i>Notocyphus</i> sp. 3	-	-	-	-	-	-	1
<i>Tachypompilus</i> sp.	-	-	-	-	5	1	-
Pompilini sp.	-	-	-	1	-	-	-
<b>Scoliidae</b>							
<b>Campsomerinae</b>							
<i>Campsomeris terrestres</i> (Saussure)	-	-	-	-	-	-	1
<i>Campsomeris</i> sp. 1	-	-	-	-	-	1	-
<i>Campsomeris</i> sp. 2	-	-	-	-	-	-	1
<b>Tiphiidae</b>							
<b>Myzininae</b>							
<i>Myzinum</i> sp.	-	-	-	-	-	-	1
<i>Pterombrus</i> sp.	-	-	-	4	-	-	-
<b>Tiphiinae</b>							
<i>Epomidiopteron aspilata</i> (Banks)	-	-	-	-	-	-	1
<i>Tiphia</i> sp. 1	9	1	-	4	-	2	-
<i>Tiphia</i> sp. 2	1	-	-	-	-	-	-
<b>Total nº de espécies/localidade</b>	<b>31</b>	<b>18</b>	<b>39</b>	<b>65</b>	<b>25</b>	<b>60</b>	<b>93</b>

Tabela 3. Número de indivíduos amostrados pelas diferentes técnicas de coleta do grupo Vespoidea no Parque Nacional da Serra da Bodoquena no período de janeiro de 2007 a dezembro de 2008.

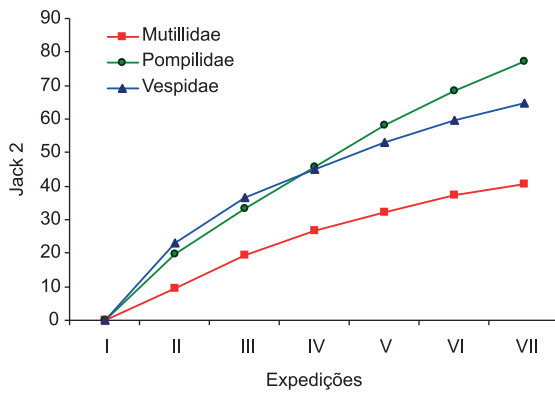
Table 3. Number of individuals sampled by different collection techniques of Vespoidea group in Serra da Bodoquena National Park from January 2007 to December 2008.

Famílias	Rede entomológica	Manual	Malaise	Möerick	Total
Vespidae	159	-	12	3	174
Pompilidae	50	-	20	43	113
Mutillidae	-	26	12	10	48
Tiphiidae	6	-	5	12	23
Scoliidae	2	-	1	-	3
Total	215	26	50	68	361

abundância de 817 exemplares, distribuídos em 76 espécies de Vespoidea (excluindo Polistinae) na Mata Atlântica. Morato et al. (2008) utilizando apenas armadilhas de Malaise amostraram 45 espécies de Vespoidea, distribuídas em 18 gêneros, com um total de 366 indivíduos coletados na região do Parque Nacional da Serra do Divisor no Acre. Mechi (1996) realizou inventário de Vespoidea em duas áreas de Cerrado em São Paulo e encontrou uma abundância de 2.200 indivíduos com uma riqueza de 105 espécies. Silveira (2002) fazendo um inventário de Polistinae na Amazônia com a utilização de Malaise e coleta ativa com rede entomológica amostrou 79 espécies

em um período de um ano, enfatizando que 2/3 da diversidade das vespas do Brasil está nessa região Amazônica e grande parte desta fauna é endêmica. No Parque Nacional Chapada dos Guimarães, no estado de Mato Grosso, Diniz & Kitayama (1998) encontraram 30 espécies em 15 gêneros da família Vespidae, com esforço de amostragem de cinco semanas.

Silveira (2002) também observou que com a coleta ativa se obtêm um maior número de espécies, porém algumas espécies são amostradas apenas nas armadilhas de Malaise. A Curva de rarefação (Jackknife 2) para as famílias Mutillidae, Pompilidae e Vespidae, nos



**Figura 2.** Curva de rarefação (Jackknife 2) para as famílias Mutillidae, Pompilidae e Vespidae, nos sete sítios amostrados no Parque Nacional da Serra da Bodoquena.

**Figure 2.** Rarefaction curve (Jackknife 2) for families Mutillidae, Pompilidae and Vespidae, in seven sampled sites in Serra da Bodoquena National Park.

sete sítios amostrados no Parque Nacional da Serra da Bodoquena, mostra que as coletas ainda não foram suficientes para estabilizar as curvas.

Nos diferentes registros por localidade observamos que existe uma diferença muito acentuada no número de espécies capturadas; isto mostra uma grande sazonalidade da fauna nesta região coberta por Floresta Estacional. O número de registros com rede entomológica indica que a experiência do coletor influencia nos resultados obtidos e que os métodos são complementares.

As fêmeas da família Mutillidae foram exclusivamente capturadas manualmente, com o auxílio de pinças e os machos foram capturados em armadilhas de Malaise e em bandejas amarelas. Em geral os Mutillidae são coletados em locais relativamente arenosos, como savanas e caatingas, que são áreas onde se encontram seus hospedeiros mais comuns (Brothers 2006).

O primeiro registro de *Epipompilus aztecus* (Pompilidae) para a América do Sul (Silvestre et al. 2010) foi obtido neste levantamento. Este inventário contempla novos registros de espécies e gêneros para a região Centro-Oeste, ampliando os registros de distribuição das espécies de vespas (Vespoidea) e gerando novas informações para estudos biogeográficos do grupo.

Nossos resultados apontam para uma alta beta diversidade de vespas para a Serra da Bodoquena, mostrando que a região tem um importante papel na distribuição desta fauna para a região Centro-Oeste.

## Agradecimentos

Ao CNPq e à FUNDECT/MS pelo apoio financeiro. Eduardo F. dos Santos, Fernando B. Noll, Bolívar Garcete-Barrett e Marcel Hermes, pela identificação das espécies. Ao Museu de Zoologia da USP, em nome do Dr. Carlos R. F. Brandão. Ao Instituto Chico Mendes de Biodiversidade de Bonito, MS, em nome de Fernando C. Villela (IBAMA - número 10674-11/09/2007).

## Referências Bibliográficas

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. 2007. Biodiversidade Brasileira: Áreas Prioritárias para a Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira. MMA, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília. <http://www.mma.gov.br> (último acesso em 25/04/2012).

BROTHERS, D.J. 2006. Família Mutillidae. In *Introducción a los Hymenoptera de la región Neotropical* (F. Fernández & M.J. Sharkey, eds.). Sociedad Colombiana de Entomología y Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, p.577-593.

BROTHERS, D.J. & CARPENTER, J.M. 1993. Phylogeny of Aculeata: Chrysoidea and Vespoidea (Hymenoptera). *J. Hymenopt. Res.* 2(1):227-304.

BROTHERS, D.J. & FINNAMORE, A.T. 1993. Superfamily Vespoidea. In *Hymenoptera of the world: An identification guide to families* (H. Goulet & J.T. Huber, eds.). Agriculture Canada, Ottawa, Canada, p.161-278.

CARPENTER, J.M. & MARQUES, O.M. 2001. Contribuição ao estudo dos vespídeos do Brasil. Universidade Federal da Bahia, Bahia, CD ROM, 2:1-147. Série: Publicações Digitais.

COLWELL, R.K. 2004. Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. version 8.0. User's Guide and application.

DINIZ, I.R. & KITAYAMA, K. 1998. Seasonality of vespid species (Hymenoptera, Vespidae) in a central Brazilian Cerrado. *Rev. Biol. Trop.* 46:109-114.

FERNÁNDEZ, F. 2000. Avispas Cazadoras de Arañas (Hymenoptera, Pompilidae) de la Región Neotropical. *Biota Colombiana* 1(1):3-24.

FERNÁNDEZ, F. 2002. Filogenia y sistemática de los himenópteros con agujón en la Región Neotropical (Hymenoptera, Vespomorpha). In *Proyecto de Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología Sistemática* (C.S. Costa, S.A. Vanin, J.M. Lobo & A. Melic, eds.). Monografías Tercer Milenio, Zaragoza, v.2, p.101-138.

FERNÁNDEZ, F. 2006. Família Scoliidae. In *Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical* (F. Fernández & M.J. Sharkey, eds.). Sociedad Colombiana de Entomología y Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, p.557-558.

KIMSEY, L.S. & BROTHERS, D.J. 2006. Família Tiphiidae. In *Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical* (F. Fernández & M.J. Sharkey, eds.). Sociedad Colombiana de Entomología y Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, p.597-608.

LELEJ, A.S. 2007. Biogeography of mutillid wasps (Hymenoptera, Mutillidae). In *Studies on Hymenopterous Insects* (A.P. Rasnitsyn & V.E. Gokhman, eds). Collection of Scientific Papers. KMK Scientific Press Ltd., Moscow, p.82-111.

LELEJ, A.S. & BROTHERS, D.J. 2008. The genus-group names of Mutillidae (Hymenoptera) and their type species, with a new genus, new name, new synonymies, new combinations and lectotypifications. *Zootaxa* 1889:1-79.

MECHI, M.R. 1996. Levantamento da fauna de vespas na vegetação de duas áreas de cerrado. Tese de doutorado, Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 237p.

MORATO, E.F., AMARANTE, S.T. & SILVEIRA, O.T. 2008. Avaliação ecológica rápida da fauna de vespas (Hymenoptera: Aculeata) do Parque Nacional da Serra do Divisor, Acre, Brasil. *Acta Amazon.* 38(4):789-798. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672008000400025>

PILGRIM, E.M., VON DOHLEN, C.D. & PITTS, J.P. 2008. Molecular phylogenetics of Vespoidea indicate paraphyly of the superfamily and novel relationships of its component families and subfamilies *Zoolog. Scrip.* 37:539-560.

POTT, A. & POTT V.J. 2003. Espécies de fragmentos florestais de Mato Grosso do Sul. In *Fragmentação Florestal e Alternativas para o desenvolvimento rural na região Centro-Oeste* (R.B. Costa, ed.). UCDB, Campo Grande, p.26-52.

SANTOS, E.F. 2008. Estrutura de assembléias de Vespoidea solitários (Insecta: Hymenoptera) ao longo de um gradiente altitudinal no Parque Estadual da Serra do Mar, São Paulo, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 75p.

## Vespas da Serra da Bodoquena

- SANTOS, G.M.M.; CRUZ, J.D.; OTTO, M.M. & GOBBI, N. 2009. Diversidade de Vespas Sociais (Hymenoptera: Vespidae) em Áreas de Cerrado na Bahia. *Neotrop. Entomol.* 38(3):317-320. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2009000300003>
- SARMIENTO, C.E. 1997. Véspidos de Colombia (Hymenoptera: Vespidae). Tesis M. Sc., Universidad Nacional de Colombia, Intituto de Ciencias Naturales, Bogotá, Colombia.
- SARMIENTO, C.E. 2006. Familia Rhopalosomatidae. In *Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical* (F. Fernández & M.J. Sharkey, eds.). Sociedad Colombiana de Entomología y Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, p.517-519.
- SILVEIRA, O.T. 2002. Surveying Neotropical social wasps. An evaluation of methods in the "Ferreira Penna" Research Station (ECFPn), in Caxiuanã, PA, Brazil (Hymenoptera, Vespidae, Polistinae). *Pap. Avulsos Zool.* 42(12): 299-323.
- SILVESTRE, R., AUKO, T.H. & CARBONARI, V. 2010. Insecta, Hymenoptera, Vespoidea, Pompilidae, *Epipompilus aztecus* (Cresson, 1869). Check list 6(3):483-484.
- SILVESTRE, R., DEMÉTRIO, M.F. & DELABIE, J.C.H. 2012. Community Structure of Leaf-Litter Ants in a Neotropical Dry Forest: A biogeographic approach to explain beta diversity. *Psyche* 2012: Article ID 306925, 15p. <http://dx.doi.org/10.1155/2012/306925>
- SIMBERLOFF, D. 1972. Properties of the rarefaction diversity measurement. *Am. Nat.* 106:414-418. <http://dx.doi.org/10.1086/282781>
- SOMAVILLA, A., KÖHLER, A. & HERMES, M.G. 2010. Contribuição aos estudos dos Vespidae ocorrentes no estado do Rio Grande do Sul (Insecta, Hymenoptera). *Rev. Bras. Bioci.* 8(3):257-263.
- TOGNI, O.C. 2009. Diversidade de Vespas Sociais (Hymenoptera, Vespidae) na Mata Atlântica do Litoral Norte do Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, São Paulo.
- 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):279-289. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032007000300030>

*Recebido em 18/08/2011*

*Versão reformulada recebida em 24/05/2012*

*Publicado em 08/03/2013*

## Predation on artificial nests in open habitats of central Brazil: effects of time and egg size

Cleyton Washington da Silva Oliveira<sup>1</sup>, Glaudson Pereira Almeida<sup>1</sup>,

Luciana Vieira de Paiva<sup>2</sup> & Leonardo Fernandes França<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Curso de Ciências Biológicas, Faculdades Integradas da Terra de Brasília – FTB, CEP 70803-100, Brasília, DF, Brasil

<sup>2</sup>Departamento de Ciências Animais, Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA, Av. Francisco Mota, 572, Costa e Silva, CEP 59625-900, Mossoró, RN, Brasil. [www.ufersa.edu.br](http://www.ufersa.edu.br)

<sup>3</sup>Corresponding author: Leonardo Fernandes França, e-mail: [franca\\_lf@ufersa.edu.br](mailto:franca_lf@ufersa.edu.br)

OLIVEIRA, C.W.S., ALMEIDA, G.P., PAIVA, L.V. & FRANÇA, L.F. **Predation on artificial nests in open habitats of central Brazil: effects of time and egg size.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?article+bn03613012013>

**Abstract:** The accuracy of artificial nests in representing natural patterns of nest predation has been widely studied in temperate regions and egg size is one of the most tested sources of bias. In the neotropics, experiments with artificial nests usually used larger than natural eggs, despite suggestions in literature that the eggs should be similar to those of the local species. Here, we tested the hypothesis of spatial-temporal variation in predation risk of artificial nests in relation to egg size. We used quail (*Coturnix coturnix*; large), Chestnut-bellied Seed-finch (*Oryzoborus angolensis*; small) and plasticine (both sizes) eggs placed in artificial nests. We analyzed daily nest survival using models in the Program MARK. The best-fit model included the effects of egg size and the reproductive period on daily survival of artificial nests. Nests with large eggs had greater Daily Survival Estimates (DSE) than nests with small eggs during two times and DSE were smaller early in the reproductive period. DSE of 0.82 (95% CI = 0.76 to 0.86) and 0.91 (0.87 to 0.93) were recorded for large eggs at the beginning and end periods compared to 0.72 (0.65 to 0.78) and 0.84 (0.79 to 0.88) for small eggs. Birds were more important predators (40% of records) than mammals and reptiles based on signs left on the plasticine eggs. Our results support the hypothesis that larger eggs are less depredated than small ones in artificial bird nests, even when main predators (birds) are different from those commonly observed in the Neotropics (mammals and reptiles). However, controlling the egg size in experiments with artificial nests may not be sufficient to obtain similar time patterns observed in natural nests studied in the *Cerrado*.

**Keywords:** bird, *Cerrado*, neotropical savanna, nest success, reproduction.

OLIVEIRA, C.W.S., ALMEIDA, G.P., PAIVA, L.V. & FRANÇA, L.F. **Predação de ninhos artificiais em habitats abertos no Brasil Central: efeito temporal e do tamanho do ovo.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?article+bn03613012013>

**Resumo:** A acurácia de ninhos artificiais em representar padrões naturais de predação de ninhos foi amplamente estudada em regiões temperadas, sendo o tamanho do ovo uma das fontes de erro mais testadas. Nos Neotrópicos, os experimentos com ninhos artificiais geralmente usaram ovos maiores que os naturais, apesar da literatura indicar a necessidade do uso de ovos semelhantes aos das espécies locais. Aqui, testamos hipóteses sobre variação espaço-temporal no risco de predação de ninhos artificiais em função do tamanho do ovo. Para isso, usamos ninhos artificiais com ovos de Codorna (*Coturnix coturnix*; grandes), Curió (*Oryzoborus angolensis*; pequenos) e plasticina (ambos tamanhos). Analisamos a sobrevivência diária dos ninhos através de modelos gerados no Programa MARK. O modelo melhor ajustado aos dados incluiu o efeito do tamanho do ovo e do período reprodutivo na sobrevivência diária dos ninhos artificiais. Ninhos com ovos grandes tiveram maiores Estimativas de Sobrevivência Diária (ESD) durante os dois períodos, além disso, as ESD foram menores no início do período reprodutivo. ESD de 0,82 (95% IC = 0,76 a 0,86) e 0,91 (0,87 a 0,93) foram registradas para ovos grandes no início e fim da estação reprodutiva, comparado com 0,72 (0,65 a 0,78) e 0,84 (0,79 a 0,88) registradas para ovos pequenos. As aves foram predadores mais importantes (40% dos registros) que os mamíferos e répteis, de acordo com as marcas deixadas nos ovos de plasticina. Nossos resultados dão suporte à hipótese de que ovos grandes são menos predados do que pequenos, mesmo os principais predadores (Aves) tendo sido diferentes do comentado observado nos Neotrópicos (Mamíferos e Répteis). No entanto, controlar o tamanho dos ovos nos experimentos com ninhos artificiais pode não ser suficiente para se obter padrões temporais similares ao observado em ninhos naturais no *Cerrado*.

**Palavras-chave:** aves, *Cerrado*, savana neotropical, sucesso de ninhos, reprodução.



## Introduction

In the last four decades, experiments with artificial bird nests have been used to test hypotheses of nest predation patterns (reviews in Major & Kendal 1996, Moore & Robinson 2004). However, artificial nests differ from natural nests in important ways, including appearance (nest shape and color), scent, egg size and parental activity (Major & Kendal 1996), which may result in biased estimates of true predation rates (Roper 1992, Haskell 1995, Maier & DeGraaf 2000). These problems have directed the use of artificial nests to test more restricted hypotheses such as to predict relative impacts between habitat types, or for comparisons between artificial and natural nests (Pärt & Wretenberg 2002, Batáry & Báldi 2005, Boyle 2008, Ryder et al. 2010). The effectiveness of artificial nest experiments depend on local and specific agents, and each characteristic of the nest must be tested before local hypotheses on conservation and ecological patterns are evaluated (Major & Kendal 1996).

Predation on natural bird nests is a frequent cause of low reproductive success in the neotropics (Stutchbury & Morton 2001). This is also true in open areas of the *Cerrado* (neotropical savanna), where predation results in 70% from 90% of nests lost (Lopes & Marini 2005, França & Marini 2009b, Borges & Marini 2010). In forests, the main nest predators appear to be mammals, snakes and lizards (Robinson & Robinson 2001, Stake et al. 2004, Robinson et al. 2005). In contrast, in some areas in the *Cerrado*, birds were the main predators (França et al. 2009). Overall, predation in the *Cerrado* habitats tended to increase throughout the reproductive period (Borges & Marini 2010), decrease during nest development (França & Marini 2009b), and differ between habitats and microhabitats (França & Marini 2009a, Borges & Marini 2010). These studies show the importance of predation for population dynamics of neotropical birds and so experiments with artificial nests may be important to understand spatial and temporal patterns of reproductive success.

The few neotropical studies with artificial nests or both natural and artificial nests were conducted in closed forested areas (Roper 2000, Robinson et al. 2005, Alvarez & Galetti 2007), where birds were not an important set of predators, or in open areas of *Cerrado*, but not controlling for egg sizes (França & Marini 2009a). As with natural nests, predation risk was influenced by habitat or nest characteristics (França & Marini 2009a, Chiarello et al. 2008, Boyle 2008, Alvarez & Galetti 2007, Robinson et al. 2005). Experiments with artificial nests in the neotropics detect spatial and temporal variation in nest predation risk, yet how these effects resemble those observed for natural nests are unknown. Furthermore, egg size, one of the most tested influences on predation rates (Haskell 1995, Maier & DeGraaf 2000, Berry & Lill 2003) was usually overlooked in neotropical studies.

In our study we used the available literature on predation of natural and artificial nests in neotropics to test hypotheses about variation in the predation risk of artificial nests. The tested hypotheses were: (1) predation on artificial nests with large eggs will be less than that on nests with small eggs (Roper 1992, Alvarez & Galetti 2007); (2) the risk of predation will increase over time during the reproductive season, as observed in some studies with natural nests in neotropical areas (Borges & Marini 2010, Duca & Marini 2005); (3) predation risk will be greater in shrubs habitat than in trees, because predation tends to be greater in savanna than in forest (see Duca & Marini 2005, Robinson et al. 2000, França & Marini 2009b, Borges & Marini 2010).

## Materials and Methods

### 1. Study area

Our study was conducted in a *Cerrado* fragment (Neotropical savanna) of central Brazil (15° 45' S, 48° 04' W). The area comprises

open-*cerrado*, gallery forests and plantations of *Eucalyptus* sp. The open-*cerrado* areas have a grass matrix with sparse Shrub and trees (Ribeiro & Walter 1998). The gallery forests are perennial closed forests which follow a stream course. The eucalyptus plantations were clear cut, but have been abandoned for at least 10 years and *cerrado* is in regeneration. In this habitat we observed the occurrence of common birds in the open-*cerrado* (pers. obs.), however we did not establish relative abundances. The open-*cerrado* and plantations had no canopy formation.

### 2. Experiment design and data sampling

We built artificial open-cup nests with clusters of local grasses and sewing thread to mimic the shape and size of Lesser Elaenia nests (*Elaenia chiriquensis*, Lawrence 1865). Nests of this elaenia are the most abundant and found in the region during the time of this study. Her nests are cups with grass stems and spider webs, at an average height of 1.5 m in shrubs and trees (Medeiros & Marini 2007). The Lesser Elaenia was also very common in the study area during the breeding season (L.F. França, pers. obs.). Our artificial nests were dipped in a mixture of water and clay and dried in the sun. Afterwards, to reduce human scent, we used latex gloves when touching the nests and eggs (Whelan et al. 1994). Quail eggs (*Coturnix coturnix*, Linnaeus 1758) were our large egg treatment (25 to 30 mm in length) and Chestnut-billed Seed-finch eggs (*Oryzoborus angolensis*, Linnaeus 1766) the small egg treatment (18 to 20 mm in length). The latter are similar in size and color to those of most local passerine eggs. Also, artificial eggs made of plasticine (white wax modeling clay, ACRILEX®) were used to identify predators based on the marks left on the eggs.

We used nests with large eggs (one quail egg and one plasticine egg of the same size, shape and colors) and nests with small eggs (one Chestnut-billed Seed-finch egg and one plasticine egg of the same size, shape and colors) to test the effects of egg size on nest predation risk. Nest and egg combinations were placed from 28 October to 12 November and 9 December to 24 December 2007, to test the temporal effects of the reproductive season. These periods were used to represent the beginning and end of the songbird breeding season. We placed the nests in two habitats, open-*cerrado* and *Eucalyptus* plantations, to test the effects of habitat type (open shrub vs. open forest) on the risk of predation. A total of 160 nests were used: 20 nests of each egg size per habitat during each time period. We use one nest transect for each habitat and the transects were separated by >700 m and were >50 m from the habitat edge. Nests were placed every 25 m alternating large egg and small egg nests. Eggs were placed in the nests 48 h after placing the nests in the field to avoid possible influence due to the researcher. The nest installation took some time, however, placing the eggs was fast and we tried to avoid pauses near the nests.

Nests were monitored every three or four days until they disappeared or 15 days, whichever came first. This time interval was based on the incubation period for many songbirds in the *Cerrado* (L. F. França, pers. comm.). We considered damaged nests, or with at least one broken or missing egg as a predation event. V-shaped marks on the plasticine eggs were considered to be made by birds. Marks showing different types of teeth, canines or incisors were attributed to mammals. Marks in an inverted U-shape, as well as uniform and sharp teeth imprinting were considered to be made by reptiles.

### 3. Data analysis

Following the information-theoretic approach (Burnham & Anderson 1998), we developed 11 *a priori* candidate models to test our initial hypotheses. These models evaluate the potential effect of egg size (large or small), period (beginning or end), or habitat type

(open-cerrado or *Eucalyptus* plantation). We considered simple linear models containing only one covariate to test the first three hypotheses independently. We used multiple linear additive models (egg + period, egg + habitat, habitat + period or egg + habitat + period) or interactive models (egg × period, egg × habitat or egg × habitat × period) to consider the association between the previous hypotheses. A constant survival model (null model) was also included.

We used the MARK Program (White & Burnham 1999) to run General Linear Models, that estimate the daily survival of artificial nests (Dinsmore et al. 2002), and to sort candidate models based on Akaike Information Criterion adjusted for small samples ( $AIC_c$ ; Burnham & Anderson 1998). The best-fit model was the one with the lowest  $AIC_c$  value and models with  $\Delta AIC_c \leq 2$  were considered to have substantial support to explain variation in the data (Burnham & Anderson 1998). We used the daily nest survival of the best-fit model to estimate nest success based on 15 days of incubation.

## Results

Two of 11 candidate models received substantial support to explain daily nest survival, both including effects of egg size and reproductive period (Table 1). All other combinations of explanatory variables resulted in models with low support ( $\Delta AIC_c > 2.00$ ) and interactive models had less support than their similar additive model. Hence, model averaging was unnecessary. The best fit model was clearly better than the null model ( $\Delta AIC_c = 22.2$ ) and about 80% weight was in the first two models (Table 1).

We used the best-fit model (egg + period) to estimate daily nest survival, since it was more parsimonious than the second model (egg × period). Daily Survival Estimate (DSE) was 0.82 (95% CI = 0.76 to 0.86) early and 0.91 (0.87 to 0.93) late for large eggs, compared to DSE of 0.72 (0.65 to 0.78) early and 0.84 (0.79 to 0.88) late for small eggs. Therefore nests with large eggs had higher success estimates during both periods, and nest success was greater at the end of the reproductive season (Figure 1). Specifically, estimates of egg success increased for both egg sizes during breeding season, but to a greater extent for large eggs. While the difference between periods for large eggs was 0.18, the difference for small eggs was 0.07.

Plasticine eggs from 98 nests (62%) were marked. Three taxa were recognized and birds were responsible for about 40% of predation events (Table 2). However, all treatments had similar predation on both egg sizes (Table 2).

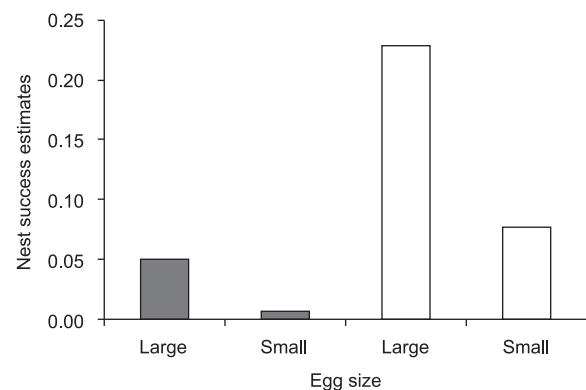
## Discussion

Small eggs were preyed on more than large eggs in our experiments with artificial nests in open habitats of Neotropics, which suggests that predators are relatively small and large quail eggs are difficult to handle and consume (Roper 1992). Similar results have been reported for temperate (Maier & DeGraaf 2000, Coppedge et al. 2007) and neotropical forests (Alvarez & Galetti 2007). Comparisons

between artificial and natural nests also revealed the importance of controlling egg size (Roper 2003, Berry & Lill 2003, Burke et al. 2004, Robinson et al. 2005). The importance of other characteristics such as egg color and scent seems marginal (review in Major & Kendal 1996). Our results also support the hypothesis that egg size influences predation estimates in experimental studies with artificial nests. Moreover, our results indicate that this effect is probably common even when top predators (birds) are different from those commonly observed in other areas (mammals, snakes and lizards).

Lower predation of large eggs indicates that some predators cannot or do not take large eggs. Studies based on evidences of predation show that some small mammals are unable to consume quail eggs (Roper 1992, Haskell 1995, DeGraaf & Maier 1996, Bayne & Hobson 1999, Maier & DeGraaf 2000). Small birds, such as the Black-capped Chickadee (*Parus atricapillus*) also seem to be unable to consume quail eggs (Maier & DeGraaf 2001). Because birds seem to be important nest predators in the *Cerrado* (França & Marini 2009a, França et al. 2009), it would be important to determine if some small *Cerrado* birds cannot consume large eggs which might explain the difference in predation rates between artificial and natural nests.

Our study found a greater survival rate of artificial nests at the end of the reproductive season, regardless of egg size. A previous study showed similar tendency for large eggs (quail eggs; França & Marini 2009a). Surprisingly, studies of natural nests in the same region found declining nest survival rates as the breeding season progressed (Borges & Marini 2010, Santos 2008). Artificial nests may be inaccurate for providing absolute nest predation rates on real nests, but may be sufficient for relative comparisons (Major & Kendal 1996, Buler & Hamilton 2000, Dion et al. 2000). However, our study showed that relative predation rates of artificial nests may not be correct for determining relative trends as compared to natural



**Figure 1.** Success estimates of nests containing large or small eggs in the beginning (dark bars) and end (light bars) of the studied reproductive season. The equation of the best-adjusted model with one standard error in parentheses was  $\text{Logit}(S_i) = 1.51(0.17) - 0.59(0.19)_{\text{egg}} + 0.75(0.19)_{\text{period}}$ . We used this model to estimate nest success based on 15 days of egg exposure.

**Table 1.** Candidate models for estimates daily survival of artificial bird nests (models with  $\Delta AIC_c \leq 10$ ).  $AIC_c$  is the Akaike's Information Criterion,  $\Delta AIC_c$  is the difference between the  $AIC_c$  of a model and the minimum  $AIC_c$  found for the models,  $k$  is the number of parameters, and  $w\text{-}AIC_c$  is the support of each model in comparison to the others.

Hypotheses	Model	$AIC_c$	$\Delta AIC_c$	$w\text{-}AIC_c$	$k$	Deviance
1, 2	egg + period	436.44	0.00	0.50	3	430.41
1, 2	egg × period	437.59	1.15	0.28	4	429.54
1, 2, 3	egg + period + habitat	438.46	2.02	0.18	4	430.41
1, 2, 3	egg × period × habitat	442.65	6.21	0.02	7	428.50
2	period	443.98	7.54	0.01	2	439.97
2, 3	period + habitat	446.00	9.56	0.00	3	439.97

**Table 2.** Percentage (and number) of plasticine eggs marked by different predators in the study area.

Predator Taxon	Percentage of Marked Eggs by Egg size	
	Large (n)	Small (n)
Bird	41 (12)	40 (10)
Reptile	21 (6)	20 (5)
Mammal	14 (4)	20 (5)
Unidentified	24 (7)	20 (5)
Total	100 (29)	100 (25)

nests. That is, if natural nests do not follow the same trends over time as experimental nests, then the experimental nests do not describe what happens at natural nests. Therefore, controlling egg size in the experiments may not resolve the bias due to experimental nests. This hypothesis requires further attention in future studies on artificial nests in the *Cerrado*.

Predation rates were similar in the two habitat types despite the large differences in their structure (open shrub vs. open forest). Spatial variation in predation rates of artificial nests has been seen in similar as those in this study (Noske et al. 2008). For some passerines of the *Cerrado*, habitat type (natural vs. anthropic) or landscape characteristics (margin vs. interior) can affect nest success (Borges & Marini 2010, França & Marini 2009a). Despite comparisons with other studies, we did not reach conclusions concerning the lack of difference between habitat types in our experiment. We cannot say whether there was a discrepancy with observed for natural nests, since one of the habitats assessed (eucalyptus plantations) has no correspondence with natural habitats of the *Cerrado*.

Controlling for egg size to make experiments more realistic does not seem to be sufficient to make nest predation experiments valid in the *Cerrado*. We suggest that new studies based on simultaneous data from natural and artificial nests be developed to test the hypotheses on temporal pattern divergence between the nests (Roper 2003). Finally, it is important for new experiments to try to identify and compare predator assemblages of artificial and natural nests. This alternative may help explain specific sources of bias for the *Cerrado*, since birds were particularly important predators.

## Acknowledgements

We would like to thank the graduate students who participated sporadically during fieldwork. We would also like to thank A. S. Mascarenhas-Filho, N. F. Macedo and R. C. Cambraia for the help in English.

## References

- ALVAREZ, A.D. & GALETTI, M. 2007. Predação de ninhos artificiais em uma ilha na Mata Atlântica: testando o local e o tipo de ovo. *Rev. Bras. Zool.* 24(4):1011-1016. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752007000400018>
- BATÁRY, P. & BÁLDI, A. 2005. Factors affecting the survival of real and artificial great reed warbler's nests. *Biol. Bratislava.* 60(2):215-219.
- BAYNE, E.M. & HOBSON, K.A. 1999. Do clay eggs attract predators to artificial nests? *J. Field Ornithol.* 70(1):1-7.
- BERRY, L. & LILL, A. 2003. Do predation rates on artificial nests accurately predict predation rates on natural nests? The effects of nest type, egg type and nest-site characteristics. *Emu.* 103(3):207-214. <http://dx.doi.org/10.1071/MU02054>
- BORGES, F.J.B. & MARINI, M.Â. 2010. Birds nesting survival in disturbed and protected Neotropical savannas. *Biodivers. Conserv.* 19(1):223-236. <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-009-9718-z>

- BOYLE, W.A. 2008. Can variation in risk of nest predation explain altitudinal migration in tropical birds? *Oecologia* 155(2):397-403. <http://dx.doi.org/10.1007/s00442-007-0897-6>
- BULER, J.J. & HAMILTON, R.B. 2000. Predation of natural and artificial nests in a southern pine forest. *Auk* 117(3): 739-747. [http://dx.doi.org/10.1642/0004-8038\(2000\)117\[0739:PONAAN\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1642/0004-8038(2000)117[0739:PONAAN]2.0.CO;2)
- BURKE, D.M., ELLIOT, K., MOORE, L., DUNFORD, W., NOL, E., PHILLIPS, J., HOLMES, S. & FREEMARK, K. 2004. Patterns of Nest Predation on Artificial and Natural Nests in Forests. *Conserv. Biol.* 18(2):381-388. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1523-1739.2004.00014.x>
- BURNHAM, K.P. & ANDERSON, D.R. 1998. Model selection and inference: a practical information-theoretic approach. Springer-Verlag, New York. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4757-2917-7>
- CHIARELLO, A.G., SRBEK-ARAUJO, A.C., DEL DUQUE JUNIOR, H.J. & COELHO, E.R. 2008. Ground nest predation might not be higher along edges of Neotropical forest remnants surrounded by pastures: evidence from the Brazilian Atlantic forest. *Biodivers. Conserv.* 17(13):3209-3221. <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-008-9422-4>
- COPPEDGE, B.R., TALENT, L.G. & ENGLE, D.M. 2007. Effects of olfactory attributes and size of egg on rates of predation of artificial ground nests in Tallgrass Prairie. *Southwest. Nat.* 52(4):453-460. [http://dx.doi.org/10.1894/0038-4909\(2007\)52\[453:EOOAS\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1894/0038-4909(2007)52[453:EOOAS]2.0.CO;2)
- DEGRAAF, R.M. & MAIER, T.J. 1996. Effect of egg size on predation by white-footed mice. *Wilson Bull.* 108(3):535-539.
- DINSMORE, S.J., WHITE, G.C. & KNOPF, F.L. 2002. Advanced techniques for modelling avian nest survival. *Ecology.* 83(12):3476-3488. [http://dx.doi.org/10.1890/0012-9658\(2002\)083\[3476:ATFMAN\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1890/0012-9658(2002)083[3476:ATFMAN]2.0.CO;2)
- DION, N., HOBSON, K.A. & LARIVIERE, S. 2000. Interactive effects of vegetation and predators on the success of natural and simulated nests of grassland songbirds. *Condor.* 102(3): 629-634.
- DUCA, C. & MARINI, M. Â. 2005. Temporal variation in the reproductive success of *Cacicus haemorrhous* (Linnaeus) (Aves, Icterinae) in an Atlantic Forest reserve in Southeast Brazil. *Rev. Bras. Zool.* 22(2): 484-489. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752005000200026>
- FRANÇA, L.C. & MARINI, M.Â. 2009a. Teste do efeito de borda na predação de ninhos naturais e artificiais no Cerrado. *Rev. Bras. Zool.* 26(2):241-250.
- FRANÇA, L.F. & MARINI, M.Â. 2009b. Low and variable reproductive success of a Neotropical tyrant-flycatcher, Chapada Flycatcher (*Suiriri islerorum*). *Emu.* 109(3):265-269. <http://dx.doi.org/10.1071/MU09052>
- FRANÇA, L.F., SOUSA, N.O., SANTOS, L.R., DUCA, C., GRESSLER, D.T., BORGES, F.J.A., LOPES, L.E., MÂNICA, L.T., PAIVA, L.V., MEDEIROS, R.C.S. & MARINI, M.Â. 2009. Passeriformes: nest predators and prey in a Neotropical Savannah in Central Brazil. *Braz. J. Zoo.* 26(4):799-802.
- HASKELL, D.G. 1995. Forest fragmentation and nest predation: Are experiments with Japanese quail eggs misleading? *Auk.* 112(3):767-770.
- LOPES, L.E. & MARINI, M.Â. 2005. Low reproductive success of Campo Suiriri (*Suiriri affinis*) and Chapada Flycatcher (*S. islerorum*) in the Central Brazilian Cerrado. *Bird Conserv. Inter.* 15(4):337-346. <http://dx.doi.org/10.1017/S0959270905000675>
- MAIER, T.J. & DEGRAAF, R.M. 2000. Predation on Japanese quail vs. House sparrow eggs in artificial nests: small eggs reveal small predators. *Condor* 102(2):325-332.
- MAIER, T.J. & DEGRAAF, R.M. 2001. Differences in depredation by small predators limit the use of plasticine and Zebra finch eggs in artificial-nest studies. *Condor* 103(1):180-183. [http://dx.doi.org/10.1650/0010-5422\(2001\)103\[0180:DIDBSP\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1650/0010-5422(2001)103[0180:DIDBSP]2.0.CO;2)
- MAJOR, R.E. & KENDAL, C.E. 1996. The contribution of artificial nest experiments to understanding avian reproductive success: a review of methods and conclusions. *Ibis* 138(2):298-307. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1474-919X.1996.tb04342.x>
- MEDEIROS, R.C.S. & MARINI, M.Â. 2007. Biologia reprodutiva de *Elaenia chiriquensis* (Lawrence) (Aves, Tyrannidae) em Cerrado do Brasil Central. *Rev. Bras. Zool.* 24(1):12-20. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752007000100002>

- MOORE, R.P. & ROBINSON, W.D. 2004. Artificial bird nests, external validity, and bias in ecological field studies. *Ecology* 85(6):1562-1567. <http://dx.doi.org/10.1890/03-0088>
- NOSKE, R.A., FISCHER, S. & BROOK, B.W. 2008. Artificial nest predation rates vary among habitats in the Australian monsoon tropics. *Ecol. Res.* 23(3):519-527. <http://dx.doi.org/10.1007/s11284-007-0403-y>
- PÄRT, T. & WRETENBERG, J. 2002. Do artificial nests reveal relative nest predation risk for real nests? *J Avian Biol.* 33(1): 39-46. <http://dx.doi.org/10.1034/j.1600-048X.2002.330107.x>
- RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. 1998. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In *Cerrado: ambiente e flora* (S.M. Sano and S.P. Almeida, eds). Embrapa, Planaltina, p.89-166.
- ROBINSON, W.D. & ROBINSON, T.R. 2001. Observations of predation events at bird nests in Central Panama. *J. Field Ornithol.* 72(1):43-48.
- ROBINSON, W.D., ROMPRE, G. & ROBINSON, T.R. 2005. Videography of Panama bird nests shows snakes are principal predators. *Ornitol. Neotrop.* 16(2):187-195.
- ROBINSON, W.D., ROBINSON, T.R., ROBINSON, S.K. & BRAWN, J.D. 2000. Nesting Success of Understory Forest Birds in Central Panama. *J. Avian Biol.* 31(2):151-164. <http://dx.doi.org/10.1034/j.1600-048X.2000.310207.x>
- ROPER, J.J. 1992. Nest Predation Experiments With Quail Eggs: Too Much To Swallow? *Oikos* 63(3):528-530. <http://dx.doi.org/10.2307/3545570>
- ROPER, J.J. 2000. Experimental analysis of nest-sites and nest predation for a neotropical bird: stuck between a rock and a hard place. *Ararajuba* 8(2):85-91.
- ROPER, J.J. 2003. Nest-sites influence predation differently at natural and experimental nests. *Ornitol. Neotrop.* 14(1):1-14.
- RYDER, T.B., REITSMA, R., EVANS, B. & MARRA, P.P. 2010. Quantifying avian nest survival along an urbanization gradient using citizen and scientist generated data. *Ecol. Appl.* 20(2):419-426. <http://dx.doi.org/10.1890/09-0040.1>
- SANTOS, L.R. 2008. *Biologia reprodutiva e comportamento cooperativo em ninhos de Cypsnagra hirundinacea*. Master Science dissertation. Brasília University.
- STAKE, M.M., FAABORG, J. & THOMPSON, F.R. 2004. Video identification of predators at Golden-cheeked Warbler nests. *J. Field Ornithol.* 75(4):337-344.
- STUTCHBURY, B.J.M. & MORTON, E.S. 2001. *Behavioral Ecology of Tropical Birds*. Academic Press, San Diego.
- WHELAN, C.J., DILGER, M.L., ROBSON, D., HALLYN, N. & DILGER, S. 1994. Effects of Olfactory Cues on Artificial-Nest Experiments. *Auk* 111(4): 945-952. <http://dx.doi.org/10.2307/4088826>
- WHITE, G.C. & BURNHAM, K.P. 1999. Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study.* 46(1):120-139. <http://dx.doi.org/10.1080/00063659909477239>

Received 09/07/2012

Revised 04/12/2012

Accepted 18/03/2013



## Galhas de insetos em restingas da região sudeste do Brasil com novos registros

Valéria Cid Maia<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Entomologia, Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Quinta da Boa Vista, São Cristóvão, CEP 20940-040, Rio de Janeiro, RJ, Brazil

<sup>2</sup>Autor para correspondência: Valéria Cid Maia, e-mail: maiavcid@acd.ufrj.br

MAIA, V.C. **Insect galls from restingas of Southeastern Brazil, with new records.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?inventory+bn01613012013>

**Abstract:** The restingas of the Southeastern region of Brazil present 476 morphotypes of insect galls found on 60 families, 131 genera, and 229 plant species. Myrtaceae, Asteraceae, and Fabaceae are the plant families with the greatest richness of galls and number of galled species. The superhost genera are *Eugenia* (Myrtaceae), *Mikania* (Asteraceae), and *Myrcia* (Myrtaceae). The superhost species are *Guapira opposita* (Nyctaginaceae), *Mikania* cf. *biformis* (Asteraceae), and six species of (Myrtaceae); *Eugenia adstringens*, *Eugenia multiflora*, *Eugenia copacabanensis*, *Myrcia fallax*, *Myrciaria floribunda* and *Psidium cattleyanum*. The galls occur on all vegetative and reproductive plant organs, being more common on leaves. The gallers belong to Diptera, Lepidoptera, Hemiptera, Coleoptera, Thysanoptera, and Hymenoptera. Cecidomyiidae (Diptera) are the most frequent galling insects and the single group that produces galls on all plant organs, showing a strong preference for leaves. Lepidoptera are in the second place and the gallers attack leaves, stems, buds and fruits, with a strong preference for stems. Little is known about the taxonomical knowledge of galling species (21% are identified at species level and 14% at genus level). The other records are in suprageneric categories. Cecidomyiidae are represented by 43 genera (about 49% of the Brazilian fauna) with 156 species (84 determined and 72 not determined), showing a good representativeness in the Southeastern region of Brazil. The most diversified genera are *Clinodiplosis* (31 spp.), *Neolasioptera* (17 spp.), *Asphondylia* (15 spp.), *Lopesia* (15 spp.), and *Dasineura* (13 spp.). Fifteen new gall occurrences are recorded from Cabo Frio and Paraty (RJ), and a new record of host plant is presented. **Keywords:** diversity, insect galls, host plant.

MAIA, V.C. **Galhas de insetos em restingas da região sudeste do Brasil com novos registros.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?inventory+bn01613012013>

**Resumo:** As restingas da região sudeste do Brasil apresentam 476 morfotipos de galhas de insetos distribuídos em 60 famílias, 131 gêneros e 229 espécies de plantas. As Myrtaceae, Asteraceae e Fabaceae destacam-se por apresentar maior riqueza de galhas e maior número de espécies galhadas. Os gêneros super-hospedeiros são *Eugenia* (Myrtaceae), *Mikania* (Asteraceae) e *Myrcia* (Myrtaceae). As espécies super-hospedeiras são: *Guapira opposita* (Nyctaginaceae), *Mikania* cf. *biformis* (Asteraceae) e seis espécies de Myrtaceae: *Eugenia adstringens*, *Eugenia multiflora*, *Eugenia copacabanensis*, *Myrcia fallax*, *Myrciaria floribunda* e *Psidium cattleyanum*. As galhas ocorrem em todos os órgãos vegetativos e reprodutivos, predominando nas folhas. Os indutores pertencem às ordens Diptera, Lepidoptera, Hemiptera, Coleoptera, Thysanoptera e Hymenoptera. Os Cecidomyiidae (Diptera) destacam-se como o principal grupo galhador e são os únicos insetos a induzir galhas em todos os órgãos vegetais, mostrando uma forte preferência por folhas. Os Lepidoptera representam o segundo grupo galhador mais diversificado em relação ao órgão vegetal atacado, induzindo galhas em folhas, caules, gemas e frutos, com forte preferência por caule. O conhecimento taxonômico das espécies galhadoras ainda é incipiente. Apenas 35% das espécies galhadoras estão identificadas (21% em nível de espécie e 14% em nível de gênero). Os demais registros estão em categorias taxonômicas supragenéricas. Os Cecidomyiidae estão representados por 43 gêneros (cerca de 49% da fauna brasileira desta família) com 156 espécies (84 determinadas e 72 não determinadas), mostrando uma boa representatividade do grupo na região sudeste. Os gêneros mais diversificados são: *Clinodiplosis* (31 spp.), *Neolasioptera* (17 spp.), *Asphondylia* (15 spp.), *Lopesia* (15 spp.) e *Dasineura* (13 spp.). Quinze novas ocorrências de galhas são assinaladas para os municípios de Cabo Frio e Paraty (RJ), e uma nova espécie de planta hospedeira é registrada.

**Palavras-chave:** diversidade, galhas de inseto, plantas hospedeiras.

## Introdução

Galhas de insetos em restingas na região sudeste do Brasil vêm sendo investigadas desde 1985 (Monteiro et al. 1994). Trabalhos de levantamento são conhecidos para cinco municípios no estado do Rio de Janeiro (Angra dos Reis, Arraial do Cabo, Carapebus, Maricá e Rio de Janeiro), um no estado de São Paulo (Bertioga) e um no Espírito Santo (Guarapari). Em decorrência desses estudos, diversas espécies e gêneros novos de insetos galhadores vêm sendo descritos, desde então, desse ecossistema (Maia et al. 1992, Maia 1993a, 1994, 1995, 1996a, b, 2001b, 2005, 2007, 2010, Maia & Fonseca, 2011).

Inseridas na Mata Atlântica, as restingas originalmente estendiam-se desde o norte até o sul do país, por aproximadamente cinco mil quilômetros, mas atualmente encontram-se muito fragmentadas, devido principalmente à ação antrópica (Araujo & Maciel, 1998). No estado do Rio de Janeiro, as restingas ocupam uma área de 1.200 km<sup>2</sup> (cerca de 2,8% do território estadual); em São Paulo, 90 km<sup>2</sup>, sendo que 88 km<sup>2</sup> desse total situam-se em uma mancha praticamente contínua na porção setentrional da Planície de Bertioga. No Espírito Santo, estendem-se por 411 km, desde a divisa do estado com a Bahia até a divisa com o Rio de Janeiro, ocupando uma área de cerca de 31 mil hectares (Araujo & Maciel 1998, Martins et al. 2008).

A riqueza de galhas de inseto em restingas da região sudeste vem sendo evidenciada em diversas publicações (Lima et al. 2000, Maia 2001a, Maia et al. 2008, Monteiro et al. 2004, Bregonci et al. 2010). Para o restante do litoral do Brasil, não há trabalhos de levantamento de galhas de insetos desse ecossistema. Como o conhecimento disponível encontra-se disperso na literatura, perguntas básicas sobre esse assunto carecem de respostas, tais como: 1) quantas galhas de insetos são conhecidas nas restingas da região sudeste do Brasil? 2) quantas espécies, gêneros e famílias botânicas são hospedeiras dessas galhas? 3) quais famílias de plantas comportam maior riqueza de galhas? 4) quais são os órgãos vegetais mais atacados por insetos galhadores? 5) quais ordens de insetos destacam-se como indutores de galhas? 6) existe alguma preferência pelas diferentes ordens de insetos galhadores em relação ao órgão vegetal de ocorrência da galha?

Esse trabalho se propõe a responder essas perguntas, registrando a ocorrência de galhas em outras localidades, aumentando dessa

forma as informações sobre as áreas de distribuição dessas espécies indutoras, como também registrando novas associações entre galhadores e plantas hospedeiras e contribuindo para o conhecimento das galhas de insetos nas restingas da região sudeste do Brasil.

## Material e Métodos

Foi realizado um levantamento bibliográfico dos artigos publicados em revistas científicas com enfoque em diversidade de galhas de insetos para a região sudeste do Brasil, bem como trabalhos de taxonomia dessas espécies galhadoras. Além dos dados retirados da literatura, a coleção de galhas do Museu Nacional/UFRJ foi examinada em busca de novos registros de localidades e de espécies de plantas hospedeiras.

Foi elaborada uma listagem por ordem alfabética das famílias botânicas com galhas, e dentro de cada família, os gêneros e espécies hospedeiras são apresentados também em ordem alfabética. As espécies não determinadas seguem após as identificadas. O número de morfotipos de galhas é indicado entre parêntesis após o nome de cada família e espécie botânica. Informações sobre a morfologia das galhas, o inseto indutor, as localidades de ocorrência e as referências são fornecidas, e os novos registros são assinalados.

Não foi possível padronizar a caracterização das galhas, em função das descrições originais não seguirem um padrão uniforme. A única informação em comum para todos os morfotipos restringe-se ao órgão vegetal atacado.

As seguintes abreviaturas de localidades foram adotadas: AC = Arraial do Cabo (RJ), BER = Bertioga (SP), CAR = Carapebus (RJ), CF = Cabo Frio (RJ), GRU = Grumari (RJ), GUA = Guarapari (ES), IG = Ilha Grande (RJ), JU = Jurubatiba (RJ), MAR = Maricá (RJ), PA = Paraty (RJ).

## Resultados

As restingas da região sudeste do Brasil apresentam 476 morfotipos de galhas de insetos distribuídos em 60 famílias, 131 gêneros e 229 espécies de plantas. As Myrtaceae, Asteraceae e Fabaceae destacam-se por apresentar maior riqueza de galhas, com 97, 42 e 31 morfotipos, respectivamente (Tabela 1). Estas também

**Tabela 1.** Distribuição do número de morfotipos de galhas de insetos, de gêneros e de espécies com galhas por família de planta hospedeira em restingas da região sudeste do Brasil.

**Table 1.** Distribution of the number of insect gall morphotypes, galled plant genera and species by plant families in restingas of the southeastern region of Brazil.

Famílias de planta hospedeira	Nº de morfotipos de galhas	Nº de gêneros com galha	Nº de espécies com galha
ACANTHACEAE	1	1	1
ANACARDIACEAE	4	3	3
ANNONACEAE	7	3	3
APOCYNACEAE	5	1	3
AQUIFOLIACEAE	7	1	3
ARACEAE	2	1	1
ASCLEPIADACEAE	3	2	2
<b>ASTERACEAE</b>	<b>42</b>	<b>5</b>	<b>18</b>
BIGNONIACEAE	9	5	5
BORAGINACEAE	6	1	2
BURSERACEAE	12	1	3
CACTACEAE	1	1	1
CELASTRACEAE	4	2	3
CHRYSOBALANACEAE	4	2	2
CLETHRACEAE	2	1	1

Tabela 1. Continuação...

Famílias de planta hospedeira	Nº de morfotipos de galhas	Nº de gêneros com galha	Nº de espécies com galha
CLUSIACEAE	12	3	6
COMMELINACEAE	1	1	1
CONNARACEAE	1	1	1
CONVOLVULACEAE	1	1	1
CYATHEACEAE	1	1	1
DILLENIAEAE	1	1	1
DIOSCOREACEAE	1	1	1
EBENACEAE	1	1	1
ELAEOCARPACEAE	3	1	1
ERYTHROXYLACEAE	6	1	2
EUPHORBIACEAE	15	8	8
<b>FABACEAE</b>	<b>31</b>	<b>11</b>	<b>20</b>
GESNERIACEAE	6	2	2
HIPPOCRATEACEAE	1	1	1
LAMIACEAE	4	3	4
LAURACEAE	21	3	8
LORANTHACEAE	5	3	4
MALPIGHIACEAE	10	4	5
MELASTOMATAEAE	28	7	15
MELIACEAE	3	1	1
MORACEAE	2	1	2
MYRSINACEAE	5	1	3
<b>MYRTACEAE</b>	<b>97</b>	<b>8</b>	<b>26</b>
NYCTAGINACEAE	15	1	4
OCHNACEAE	3	1	1
OLACACEAE	1	1	1
ONAGRACEAE	1	1	1
ORCHIDACEAE	1	1	1
PASSIFLORACEAE	1	1	1
PHYTOLACCACEAE	1	1	1
PICRAMNIACEAE	1	1	1
PIPERACEAE	6	2	4
POACEAE	1	1	1
POLYGONACEAE	5	2	4
POLYPODIACEAE	1	1	1
RUBIACEAE	13	6	12
SAPINDACEAE	20	4	7
SAPOTACEAE	12	3	6
SMILACACEAE	9	1	2
SOLANACEAE	12	3	8
STYRACACEAE	1	1	1
THEACEAE	2	1	1
THYMELAEACEAE	1	1	1
URTICACEAE	1	1	1
VERBENACEAE	3	2	3
Total	480	132	230

são as famílias botânicas com maior número de espécies galhadas (26, 18 e 20, respectivamente). Os gêneros super-hospedeiros são *Eugenia* L., (Myrtaceae), *Mikania* Willd. (Asteraceae) e *Myrcia* DC. ex Guill (Myrtaceae) com 45, 29 e 21 morfotipos de galhas, respectivamente. Estes gêneros são bem diversificados, com cerca de 500, 450 e 360 espécies descritas (Oliveira et al. 2005, Govaerts et al. 2008, Bremer 1994) e estão bem representados em áreas de restinga.

As espécies super-hospedeiras são: *Guapira opposita* (Vell.) Reitz (Nyctaginaceae) com 10 morfotipos de galha, *Mikania* cf. *biformis* DC. (Asteraceae) com oito morfotipos de galhas e seis espécies de Myrtaceae, *Eugenia adstringens* Cambess., *E. copacabanensis* Kiaersk., *E. multiflora* (Lam.) DC., *Myrcia fallax* (Rich.) DC., *Myrciaria floribunda* (West. ex Willdenov) Berg. e *Psidium cattleyanum* Sabine, com 7 morfotipos cada.

As galhas ocorrem nos órgãos vegetativos (folhas, caules, gemas, raízes adventícias e gavinha) e reprodutivos (flores e frutos). As galhas foliares desenvolvem-se principalmente no limbo, mas também nas nervuras e pecíolo. As galhas de flor ocorrem mais frequentemente nos botões florais, mas também na inflorescência, pedúnculo e ovário. A maioria das galhas desenvolve-se em um único órgão vegetal, mas 33 morfotipos desenvolvem-se em mais de um órgão. As galhas foliares predominam com 57% do total, seguidas pelas caulinares (com cerca de 18%) e das gemas (com aproximadamente 12%) (Tabela 2).

Os indutores pertencem a seis ordens de insetos: Diptera, Lepidoptera, Hemiptera, Coleoptera, Thysanoptera e Hymenoptera. Os Cecidomyiidae (Diptera) destacam-se como o principal grupo galhador, sendo responsáveis pela indução de 288 morfotipos (61% do total). Ainda na ordem Diptera, tem-se registro de um único morfotipo de galha induzido por Tephritidae. Os Lepidoptera aparecem em segundo lugar, com uma porcentagem muito inferior a dos Cecidomyiidae (3%), seguidos pelos Hemiptera, com 2,7% do total (Tabela 3).

Os cecidomídeos são os únicos insetos a induzir galhas em todos os órgãos vegetais, e mostram uma forte preferência por folhas (cerca de 60% do total dos morfotipos). A ordem Lepidoptera representa o segundo grupo galhador mais diversificado em relação ao órgão vegetal atacado, induzindo galhas em folhas, caules, gemas e frutos, com forte preferência por caule (cerca de 60%). Coleoptera e Hymenoptera induzem galhas apenas em dois órgãos: folhas e caules, mas como o número de morfotipos é muito baixo (4 para cada ordem),

**Tabela 2.** Distribuição do número de morfotipos de galhas de insetos por órgão vegetal em restingas da região sudeste do Brasil.

**Table 2.** Distribution of the number of insect gall morphotypes by plant organs in restingas of the southeastern region of Brazil.

Órgão vegetal	Nº. de galhas
folha	273
limbo	235
nervura	29
pecíolo	09
caule	85
gema	58
flor	20
botão floral	11
ovário	02
inflorescência	05
pedúnculo floral	02
fruto	08
raiz adventícia	02
gavinha	02
caule e gema	06
caule e nervura	03
caule e folha	08
gema e folha	02
caule, gema e nervura	01
caule, gema, pecíolo	01
caule, pecíolo e nervura	06
caule, nervura e gavinha	01
nervura, pecíolo e gavinha	01

a preferência dessas ordens não é discutida, bem como para Hemiptera e Thysanoptera, que induzem galhas apenas em folhas (Tabela 4).

A família Cecidomyiidae ocorre em 49 famílias de plantas hospedeiras (cerca de 81% do total de famílias atacadas); Lepidoptera em 11, Hemiptera em 7, Coleoptera e igualmente Hymenoptera em 3, e Thysanoptera em apenas uma única família (Tabela 5). Sabe-se que na região Neotropical, galhas de Lepidoptera, Hemiptera, Coleoptera, Thysanoptera ocorrem em 22, 37, 14 e 7 famílias botânicas, respectivamente (Maia & Oliveira 2004, Maia 2006). Para Cecidomyiidae e Hymenoptera, não há dados compilados em relação às famílias de plantas hospedeiras nesta região zoogeográfica.

O conhecimento taxonômico das espécies galhadoras ainda é rudimentar. Apenas 100 morfotipos de galhas (21% do total dos morfotipos registrados) têm a espécie galhadora identificada. Desse montante, 98 espécies pertencem à família Cecidomyiidae (Diptera), uma espécie pertence a Psyllidae (Hemiptera) e uma a Curculionidae (Coleoptera). Para Lepidoptera, Hymenoptera e Thysanoptera, não há registros em nível de espécie. Sessenta e seis morfotipos têm o galhador identificado em nível de gênero (cerca de 14%), todos incluídos na família Cecidomyiidae. Para os demais morfotipos, a identificação do indutor está em categorias taxonômicas supragenéricas. Esses dados evidenciam como o conhecimento das espécies galhadoras ainda é escasso, e como se faz necessária a atuação de mais taxonomistas nessa área.

Os cecidomídeos estão representados nas restingas da região sudeste do Brasil por 43 gêneros (em todo o Brasil por 88 gêneros), o que equivale a cerca de 49% da fauna brasileira. Ao todo, somam-se 156 espécies (84 determinadas e 72 não determinadas), mostrando uma boa representatividade da família nesta região. Os gêneros mais diversificados nesse ecossistema são: *Clinodiplosis* Kieffer, 1894 (com 31 espécies), *Neolasioptera* Felt, 1908 (com 17 espécies), *Asphondylia* Loew, 1850 e *Lopesia* Rübisaamen, 1908, (ambos com 15 espécies) e *Dasineura* Rondani, 1840 (com 13 espécies), como pode ser verificado na Tabela 6.

*Clinodiplosis* é um gênero cosmopolita bastante diversificado, com 102 espécies descritas, 17 das quais assinaladas para o Brasil (Toma & Maia 2012). Em restingas, está representado por 31 espécies, mas a maioria delas (25) não está determinada. Segundo Gagné (2010), na Europa, grande parte das espécies deste gênero são micófagas, já no Novo Mundo muitas são fitófagas e algumas na região Neotropical causam galhas complexas. Nas restingas investigadas, as espécies de *Clinodiplosis* também apresentam hábito variado, incluindo fitófagos de vida livre (três espécies), inquilinos de galhas (uma espécie), indutores de galhas simples (17 espécies) e

**Tabela 3.** Distribuição do número de morfotipos de galhas de insetos por ordem de insetos em restingas da região sudeste do Brasil.

**Table 3.** Distribution of the number of insect gall morphotypes by insect orders in restingas of the southeastern region of Brazil.

Ordem do inseto galhador	No. de morfotipos de galhas (n = 476)
Diptera	289
Cecidomyiidae	288
Tephritidae	01
Lepidoptera	16
Hemiptera	13
Coleoptera	06
Thysanoptera	04
Hymenoptera	04
Não determinada	144



**Tabela 4.** Distribuição do número de morfotipos de galhas por ordem de inseto galhador e órgão vegetal atacado em restingas da região sudeste do Brasil.**Table 4.** Distribution of the number of gall morphotypes by plant organs and insect orders in restingas of the southeastern region of Brazil.

Órgão vegetal	Ordem de inseto galhador					
	Diptera (n = 289)	Lepidoptera_ (n = 16)	Coleoptera (n = 6)	Hemiptera (n = 13)	Thysanoptera (n = 4)	Hymenoptera (n = 4)
Caule	30	10	03	0	0	03
Folha	170	02	03	13	04	01
Gema	42	01	0	0	0	0
Flor	18	0	0	0	0	0
Fruto	05	01	0	0	0	0
Raiz	02	0	0	0	0	0
Gavinha	01	0	0	0	0	0
Caule e folha	13	01	0	0	0	0
Caule e gema	05	01	0	0	0	0
Caule, gema e folha	02	0	0	0	0	0
Caule, gavinha e folha	01	0	0	0	0	0

de galhas complexas (10 espécies). A maioria (cerca de 55%) induz a formação de galhas simples caracterizadas pelo dobramento da folha inteira ou pelo enrolamento total ou marginal da folha, ou ainda por um espessamento do pecíolo, nervura ou caule, concordando com as informações de Gagné (2010). As galhas complexas por sua vez são induzidas nas folhas (n = 3) ou nas gemas (n = 7).

*Neolasioptera* é um gênero de distribuição mundial bastante diversificado, com 134 espécies conhecidas, das quais apenas sete são registradas para o Brasil. Nesse estudo, verificou-se a ocorrência de 17 espécies desse gênero, duas determinadas e 15 não determinadas (Tabela 6), 16 induzindo galhas simples e apenas uma induzindo galhas complexas. A maioria das galhas simples (n = 12) ocorre em caule, nervura, pecíolo, gavinha ou raiz adventícia, corroborando o que já foi observado para o gênero nas outras regiões zoogeográficas (Gagné 2010).

*Asphondylia* também é um gênero amplamente distribuído e muito diversificado, com 289 espécies descritas no mundo, 22 das quais com registro no Brasil. Nesse estudo, foi verificada a ocorrência de 15 espécies, sendo oito determinadas e sete não. Muitas espécies de *Asphondylia* induzem galhas em flores ou botões florais, essa alta frequência foi enfatizada por Gagné (2010), e é confirmada nesse estudo, onde seis espécies ocorrem nesse órgão, cinco em folhas, quatro em caule e uma única nas gemas.

O gênero *Lopesia* possui ampla distribuição geográfica, ocorrendo nas regiões Neártica, Neotropical, Afrotropical e Australásia, mas é um gênero bem menos diversificado comparativamente aos supracitados, com apenas 18 espécies conhecidas e distribuição principalmente Neotropical (Maia & Silva 2011). No Brasil, tem-se registro de 15 espécies, o mesmo número encontrado nesse estudo, porém dessas 15 espécies, quatro permanecem não identificadas. Nenhuma preferência por órgão vegetal é referida em literatura. Nesse estudo, observa-se uma forte preferência por folhas (73%), com 12 espécies induzindo galhas nesse órgão, duas nas gemas e apenas uma em caule.

*Dasineura* é o gênero mais diversificado de Cecidomyiidae com mais de 460 espécies e também cosmopolita, no Brasil representado por apenas nove espécies descritas (Gagné 2010). Nas restingas, 13 espécies estão assinaladas, seis delas não determinadas. A maioria das espécies desse gênero, segundo Gagné (2010), vive livremente em flores ou induz galhas caracterizadas pelo enrolamento da

margem foliar. Esse padrão não é observado nas restingas do sudeste do Brasil. Nesse estudo, nove espécies induzem galhas simples e quatro galhas complexas. Apenas três enrolamentos marginais são registrados (cerca de 23% do total). Com relação ao órgão vegetal, nota-se uma acentuada preferência por folhas (cerca de 85%); os demais morfotipos ocorrem em gemas.

Os gêneros *Bruggmannia* Tavares 1906 e *Stephomyia* Tavares 1916 também apresentam uma boa representatividade nas restingas investigadas. *Bruggmannia* é conhecido por 19 espécies, todas neotropicais e indutoras de galhas principalmente em Nyctaginaceae (Gagné 2010). Nesse estudo, *Bruggmannia* está representado por sete espécies (quatro determinadas e três não determinadas), todas induzindo galhas em Nyctaginaceae, corroborando o conhecimento prévio do gênero.

*Stephomyia* também é um gênero exclusivamente Neotropical, com sete espécies descritas indutoras de galhas em Myrtaceae (Gagné 2010). Nas restingas do sudeste do Brasil, tem-se registro de seis espécies de *Stephomyia* (5 determinadas e 1 não determinada), igualmente associadas a Myrtaceae.

Seis outros gêneros (*Alycaulus* Rübsaamen, 1916; *Bruggmanniella* Tavares, 1909; *Contarinia* Rondani, 1860; *Meunieriella* Kieffer, 1909; *Resseliella* Seitner, 1906 e *Schizomyia* Kieffer, 1889) de Cecidomyiidae incluem espécies não determinadas, totalizando 72. Essas espécies não puderam ser identificadas por estarem representadas por apenas uma fase do ciclo evolutivo e/ou sexo (feminino/masculino). Considerando-se a alta especificidade dos Cecidomyiidae em relação ao morfotipo de galha e espécie de planta hospedeira, pode-se afirmar que as espécies não determinadas são provavelmente novas. Chama ainda a atenção a grande quantidade de espécies que já foram descritas para restinga (n = 71), mostrando como o conhecimento da fauna desse ecossistema é importante para o conhecimento da fauna do Brasil.

Quinze novos registros de ocorrência de galhas são assinalados para os municípios de Cabo Frio e Paraty, ambos situados no estado do Rio de Janeiro, ampliando a distribuição geográfica das espécies indutoras e uma nova espécie de planta hospedeira, *Croton compressus* Lam., é registrada.

Como as restingas do estado do Rio de Janeiro vêm sendo mais intensamente investigadas que comparativamente com as de São Paulo e do Espírito Santo, tanto espacialmente como temporalmente,

**Tabela 5.** Distribuição do número de morfotipos de galhas por ordem de inseto galhador e família de planta em restingas da região sudeste do Brasil.**Table 5.** Distribution of the number of insect gall morphotypes by insect orders and plant families in restingas of the southeastern region of Brazil.

	<b>Diptera</b> (n = 289)	<b>Lepidoptera</b> (n = 16)	<b>Hemiptera</b> (n = 13)	<b>Coleoptera</b> (n = 6)	<b>Hymenoptera.</b> (n = 4)	<b>Thysanoptera</b> (n = 4)
Acanthaceae	01	0	0	0	0	0
Anacardiaceae	01	01	02	0	0	0
Annonaceae	02	0	0	0	0	0
Apocynaceae	01	0	02	0	0	0
Aquifoliaceae	07	0	0	0	0	0
Araceae	01	0	0	0	01	0
Asclepiadaceae	03	0	0	0	0	0
Asteraceae	31	01	0	0	0	0
Bignoniaceae	07	0	0	0	0	0
Boraginaceae	04	01	0	0	0	0
Burseraceae	10	0	02	0	0	0
Cactaceae	01	0	0	0	0	0
Celastraceae	04	0	0	0	0	0
Chrysobalanaceae	03	0	0	0	0	0
Clethraceae	02	0	0	0	0	0
Clusiaceae	08	02	0	0	0	0
Commelinaceae	01	0	0	0	0	0
Convolvulaceae	01	0	0	0	0	0
Ebenaceae	01	0	0	01	0	0
Elaeocarpaceae	02	0	0	0	0	0
Erythroxylaceae	06	0	0	0	0	0
Euphorbiaceae	08	1	01	0	0	0
Fabaceae	23	0	0	01	0	0
Gesneriaceae	01	01	0	0	0	0
Hippocrateaceae	0	0	0	01	0	0
Lamiaceae	02	0	0	0	0	0
Lauraceae	05	0	03	0	0	0
Loranthaceae	04	0	0	0	0	0
Malpighiaceae	05	02	0	0	0	0
Melastomataceae	09	03	0	01	0	0
Meliaceae	03	0	0	0	0	0
Moraceae	02	0	0	0	0	0
Myrsinaceae	02	03	0	0	0	0
Myrtaceae	60	0	01	02	02	04
Nyctaginaceae	10	0	0	0	01	0
Ochnaceae	02	0	0	0	0	0
Olacaceae	01	0	0	0	0	0
Onagraceae	01	0	0	0	0	0
Passifloraceae	01	0	0	0	0	0
Phytolaccaceae	01	0	0	0	0	0
Piperaceae	03	0	0	0	0	0
Polygonaceae	02	0	0	0	0	0
Polypodiaceae	01	0	0	0	0	0
Rubiaceae	07	0	0	0	0	0
Sapindaceae	14	01	0	0	0	0
Sapotaceae	08	0	0	0	0	0
Smilacaceae	05	0	02	0	0	0
Solanaceae	08	0	0	0	0	0
Theaceae	02	0	0	0	0	0
Verbenaceae	02	0	0	0	0	0

**Tabela 6.** Distribuição do número de espécies de Cecidomyiidae (Diptera) no mundo, no Brasil e em restingas da região sudeste do Brasil por gêneros.**Table 6.** Distribution of the species number of Cecidomyiidae (Diptera) in the world, Brazil and restingas of the Southeastern region of Brazil per genus.

Gênero de Cecidomyiidae	No. de spp. Mundo	No. de spp. Brasil	No. de spp. Restingas (n = 156)	
			Det. (n = 83)	Não det. (n = 73)
<i>Alycaulus</i> Rübsaamen, 1916	03	02	1	2
<i>Arrabidaemyia</i> Maia, 2001	1	1	1	0
<i>Asphondylia</i> Loew, 1850	289	22	8	7
<i>Bruggmannia</i> Tavares, 1906	19	13	4	3
<i>Bruggmanniella</i> Tavares, 1909	10	6	2	1
<i>Burseramyia</i> Möhn, 1960	2	1	1	0
<i>Clinodiplosis</i> Kieffer, 1894	102	17	6	25
<i>Clusiamyia</i> Maia, 1997	2	2	2	0
<i>Contarinia</i> Rondani, 1860	311	2	1	2
<i>Cordiamyia</i> Maia, 1996	1	1	1	0
<i>Costadiplosis</i> Viceconte & Maia, 2009	1	1	1	0
<i>Dactylodiplosis</i> Rübsaamen, 1916	3	2	2	0
<i>Dasineura</i> Rondani, 1840	467	9	7	6
<i>Epihormomyia</i> Felt, 1915	1	1	1	0
<i>Eugeniomyia</i> Maia, Mendonça & Romanowski 1997	1	1	1	0
<i>Guareamyia</i> Maia, 2007	1	1	1	0
<i>Iatrophobia</i> Rübsaamen, 1916	1	1	1	0
<i>Jorgenseniella</i> Maia, 2005	1	1	1	0
<i>Lestodiplosis</i> Kieffer, 1894	182	2	1	0
<i>Liodiplosis</i> Gagné, 2001	3	3	3	0
<i>Lopesia</i> Rübsaamen, 1908	18	15	11	4
<i>Manilkaramyia</i> Maia, 2001	1	1	1	0
<i>Mayteniella</i> Maia, 2001	1	1	1	0
<i>Meunieriella</i> Kieffer, 1909	21	3	0	1
<i>Mikaniadiplosis</i> Gagné, 2001	1	1	1	0
<i>Myrciamyia</i> Maia, 1996	1	1	1	0
<i>Myrciariamyia</i> Maia, 1995	1	1	1	0
<i>Neolasioptera</i> Felt, 1908	134	7	2	15
<i>Neomitranthella</i> Maia, 1996	1	1	1	0
<i>Parazalepidota</i> Maia, 2001	1	1	1	0
<i>Paulliniamyia</i> Maia, 2001	1	1	1	0
<i>Perasphondylia</i> Möhn, 1960	2	2	1	0
<i>Pisphondylia</i> Möhn, 1960	2	1	1	0
<i>Primadiplosis</i> Maia, 2011	1	1	1	0
<i>Proasphondylia</i> Felt, 1915	3	3	2	0
<i>Resseliella</i> Seitner, 1906	53	0	0	1
<i>Schismatodiplosis</i> Rübsaamen, 1916	1	1	1	0
<i>Schizomyia</i> Kieffer, 1889	53	6	3	1
<i>Smilasioptera</i> Möhn, 1975	1	1	1	0
<i>Sphaeramyia</i> Maia, 2007	1	1	1	0
<i>Stephomyia</i> Tavares, 1916	7	6	5	1
<i>Trotteria</i> Kieffer, 1902	23	1	1	2
<i>Youngomyia</i> Felt, 1908	6	1	1	0

não serão feitas comparações entre a diversidade e composição da guilda dos galhadores e das galhas dessas localidades.

Abaixo segue a listagem das plantas hospedeiras e caracterização das galhas de insetos:

Acanthaceae (n = 1)

*Avicennia schaueriana* Stapf & Leechm. ex Moldenke (n = 1)

Folha. Galha globóide. Indutor: Cecidomyiidae. Localidades: BER e CF (novo registro). Referência: Maia et al. (2008).

Anacardiaceae (n = 4)

*Atronium* sp. (n = 1)

Folha. Galha ovóide, Indutor: Hemiptera. Inquilino: *Clinodiplosis* sp. (Cecidomyiidae), Localidade: MAR. Referência: Maia (2001a).

*Schinus terebinthifolius* Raddi (n = 2)

Folha. Galha: concavidade. Indutor: *Calophya terebinthifolii* Burckhardt & Basset, 2000 (Psyllidae, Hemiptera). Localidades: PA (novo registro), IG e MAR. Referências: Maia & Oliveira (2010) e Monteiro et al. (1994).

Caule. Galha: espessamento. Indutor: Lepidoptera. Localidades: BER, GRU e CF (novo registro). Referências: Oliveira & Maia (2005) e Maia et al. (2008).

*Tapirira guianensis* Aubl. (n = 1)

Folha. Galha cônica. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Annonaceae (n = 7)

*Guatteria hilariana* Schldl. (n = 2)

Caule. Galha: espessamento fusiforme multilocular. Indutor: não determinado Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Folha. Galha globóide. Indutor: não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Rollinia sericea* R. E. Fr. (n = 3)

Folha. Galha parenquimática. Indutor: não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Pecíolo. Galha: espessamento fusiforme. Indutor: não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Botão floral. Galha ovóide. Indutor: *Clinodiplosis* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Forsteronia leptocarpa* (Hook. & Arn.) A. DC (n = 2)

Folha. Galha cônica. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Nervura central. Galha: espessamento fusiforme. Indutor: não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Apocynaceae (n = 5)

*Aspidosperma parvifolium* A. CD. (n = 2)

Folha. Galha parenquimática, circular, verde. Indutor: Psyllidae (Hemiptera). Localidade: GRU. Referência: Oliveira & Maia (2005).

Botão floral. Galha ovóide, verde. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: GRU. Referência: Oliveira & Maia (2005).

*Aspidosperma pyricollum* Muell. Arg. (n = 1)

Folha. Galha circular. Indutor: Psyllidae (Hemiptera). Localidades: IG e MAR. Referências: Maia & Oliveira (2010) e Monteiro et al. (1994).

Apocynaceae não determinada (n = 2)

Folha. Galha cônica, verde. Indutor não determinado. Localidade: GUA. Referência: Bregonci et al. (2010).

Folha. Galha: enrolamento da borda, verde. Indutor não determinado. Localidade: GUA. Referência: Bregonci et al. (2010).

Aquifoliaceae (n = 7)

*Ilex pseudobuxus* Reissek (n = 2)

Gema. Galha achatada, verde. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Caule. Galha: espessamento globoso. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Ilex theezans* Mart. (n = 3)

Folha. Galha parenquimática, verde, unilocular. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Folha. Galha bursiforme, verde. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Caule. Galha: espessamento globóide. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Ilex* sp. (n = 2)

Gema. Galha esférica, verde, glabra. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: IG. Referência: Maia & Oliveira (2010).

Folha. Galha redonda, verde, glabra. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: GUA. Referência: Bregonci et al. (2010).

Araceae (n = 2)

*Philodendron appendiculatum* Nadriz & Mayo (n = 2)

Folha. Galha elíptica, amarelada, unilocular. Indutor: Hymenoptera. Localidades: BER e PA (novo registro). Referência: Maia et al. (2008).

Raiz. Galha ovóide, unilocular. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Asclepiadaceae (n = 3)

*Peplonia asteria* (Veil.) Font. & Schw. (n = 2)

Botão floral. Galha ovóide. Indutor: *Asphondylia peploniae* Maia 2001 (Cecidomyiidae). Localidades: CAR e JU. Referências: Maia (2001a, b) e Monteiro et al. (2004).

Folha. Galha: borda enrolada Indutor: *Clinodiplosis* sp. (Cecidomyiidae). Localidades: CAR e JU. Referências: Maia (2001a, b) e Monteiro et al. (2004).

*Oxypetalum banksii* (n = 1)

Botão floral. Galha ovóide. Indutor: *Asphondylia* sp. (Cecidomyiidae). Localidades: MAR, AC e JU Referências: Monteiro et al. (1994, 2004).

Asteraceae (n = 42)

*Achyrocline satureioides* (Lam.) DC. (n = 1)

Caule ou gema. Galha: espessamento fusiforme. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Baccharis conyzoides* DC. (n = 1)

Folha. Galha preta, globosa, unilocular. Indutor: *Asphondylia* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Baccharis dracunculifolia* DC. (n = 1)

Botão floral. Galha ovóide. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Baccharis singularis* (Vell.) G. M. Barroso (n = 2)



Gema. Galha verde, ovóide com folha saindo apicalmente. Indutor: *Neolasioptera* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Nervura ou caule. Galha: espessamento fusiforme. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Baccharis speciosa* DC. (n = 2)

Caule. Galha globóide, unilocular, lateral. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Caule ou gema. Galha: espessamento fusiforme. Indutor: *Alycauliini* (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Baccharis* sp. (n = 1)

Folha. Galha fusiforme, verde, glabra. Indutor não determinado. Localidade: IG. Referência: Maia & Oliveira (2010).

*Mikania argyreiae* DC. (n = 2)

Caule. Galha: espessamento fusiforme. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Folha. Galha globóide. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Mikania* cf. *biformis* DC. (n = 8)

Folha ou caule. Galha globosa succulenta. Indutor: *Liodyplosis spherica* Gagné, 2001 (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Caule, pecíolo ou nervura. Galha: espessamento fusiforme. Indutor: *Mikaniadiplosis annulipes* Gagné, 2001 (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Caule. Galha: espessamento fusiforme. Indutor: *Asphondylia moehni* Skuhřavá, 1989 (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Folha ou caule. Galha cônica. Indutor: *Liodyplosis conica* Gagné, 2001 (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Nervura central. Galha: espessamento discreto. Indutor: *Alycaulus globulus* Gagné, 2001 (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Nervura ou pecíolo. Galha: espessamento acentuado. Indutor: *Asphondylia glomeratae* Gagné, 2001 (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Folha. Galha cilíndrica, delgada. Indutor: *Liodyplosis cylindrica* Gagné, 2001 (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Gema. Galha ovóide. Indutor: *Perasphondylia mikaniae* Gagné, 2001 (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Mikania* cf. *glomerata* Spreng. (n = 2)

Pecíolo. Galha: espessamento fusiforme. Indutor: *Clinodiplosis* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Folha. Galha globosa. Indutor: *Liodyplosis spherica* (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Mikania glomerata* Spreng. (n = 6)

Nervura central. Galha: espessamento discreto. Indutor: *Alycaulus globulus* Gagné, 2001 (Cecidomyiidae). Localidade: GRU. Referência: Oliveira & Maia (2005).

Caule. Galha: espessamento fusiforme. Indutor: *Asphondylia moehni* Skuhřavá, 1989 (Cecidomyiidae). Localidade: GRU. Referência: Oliveira & Maia (2005).

Folha ou caule. Galha cônica. Indutor: *Liodyplosis conica* Gagné, 2001 (Cecidomyiidae). Localidade: GRU. Referência: Oliveira & Maia (2005).

Folha. Galha globosa. Indutor: *Liodyplosis spherica* (Cecidomyiidae). Localidade: PA (novo registro).

Folha. Galha cilíndrica, delgada. Indutor: *Liodyplosis cylindrica* Gagné, 2001 (Cecidomyiidae). Localidade: PA (novo registro).

Gema. Galha ovóide. Indutor: *Perasphondylia mikaniae* Gagné, 2001 (Cecidomyiidae). Localidade: PA (novo registro).

*Mikania hoehnei* Robinson (n = 2)

Folha. Galha: dobramento ao longo da nervura central, verde. Indutor: *Clinodiplosis* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: MAR. Referência: Maia (2001a).

Caule. Galha: espessamento ovóide. Indutor: *Alycaulus* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: MAR.e AC. Referências: Maia (2001a) e Monteiro et al. (1994).

*Mikania involucrata* Hook. & Arn. (n = 2)

Caule. Galha: espessamento irregular. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Nervura. Galha: espessamento fusiforme. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Mikania* cf. *micrantha* Kunth. (n = 1)

Nervura central ou pecíolo. Galha: espessamento fusiforme. Indutor: *Alycaulus trilobatus* Möhn, 1964 (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Mikania ternata* (Vell.) B. L. Rob. (n = 2)

Gema. Galha esférica. Indutor: Lopesiini (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Caule. Galha: espessamento fusiforme. Indutor: Lepidoptera. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Mikania* sp. (n = 4)

Folha ou caule. Galha globosa succulenta. Indutor: *Liodyplosis spherica* Gagné, 2001 (Cecidomyiidae). Localidade: IG. Referência: Maia & Oliveira (2010).

Folha. Galha cilíndrica, delgada. Indutor: *Liodyplosis cylindrica* Gagné, 2001 (Cecidomyiidae). Localidade: IG. Referência: Maia & Oliveira (2010).

Folha ou caule. Galha cônica. Indutor: *Liodyplosis conica* Gagné, 2001 (Cecidomyiidae). Localidade: IG. Referência: Maia & Oliveira (2010).

Caule, pecíolo ou nervura. Galha: espessamento fusiforme. Indutor: *Mikaniadiplosis annulipes* Gagné, 2001 (Cecidomyiidae). Localidade: IG. Referência: Oliveira & Maia (2008).

*Piptocarpha* cf. *cinerea* Baker (n = 2)

Caule, gema ou nervura. Galha ovóide, unilocular. Indutor: Cecidomyiidae (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Pecíolo, gema ou caule. Galha globosa. Indutor: *Asphondylia* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Vernonia beyrichii* Less. (n = 1)

Caule ou gema. Galha: espessamento ovóide. Indutor: Tephritidae (Diptera). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Vernonia rufogrisea* St. Hill. (n = 2)

Peciolo. Galha esférica. Indutor: *Asphondylia* sp. (Cecidomyiidae). Localidades: CAR e JU. Referência: Monteiro et al. (2004).

Gema. Galha esférica, pubescente, amarelada. Indutor: *Asphondylia* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: CAR. Referência: Maia (2001a).

#### Bignoniaceae (n = 9)

*Anemopaegma chamberlaynii* (Sims) Bureau & K. Schum. (n = 1)

Caule, peciolo ou nervura. Galha: espessamento fusiforme. Indutor: *Neolasioptera* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Fridericia conjugata* (Veil.) Mart. (n = 3) (= *Arrabidaea conjugata*)

Folha. Galha cônica. Indutor: *Arrabidaeamyia serrata* Maia 2001 (Cecidomyiidae). Localidades: GRU, MAR, AC, CAR e JU. Referências: Maia 2001a, b, Monteiro et al. (1994, 2004) e Oliveira & Maia (2005).

Caule, nervura central e gavinha. Galha: espessamento fusiforme. Indutor: *Neolasioptera* sp. (Cecidomyiidae). Localidades: GRU, AR, CAR e JU. Referências: Maia (2001a), Monteiro et al. (1994, 2004) e Oliveira & Maia (2005).

Ovário. Galha esférica, glabra, roxa. Indutor: Cecidomyiinae. Localidade: MAR. Referência: Maia (2001a).

*Lundia virginalis* DC. var. *nitidula* (DC.) A. H. Gentry (n = 1)

Larvas livres no caule. *Clinodiplosis* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Parabignonia unguiculata* (Vell.) A. H. Gentry (n = 3)

Folha. Galha parenquimática, unilocular. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Caule. Galha: espessamento fusiforme. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Gavinha. Galha: espessamento fusiforme. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Tabebuia* sp. (n = 1)

Folha. Galha: intumescimento e enrolamento da folha. Indutor: *Clinodiplosis* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

#### Boraginaceae (n = 6)

*Cordia curassavica* (Jacq.) Roem. & Schult. (n = 4)

Folha. Galha globosa, pilosa. Indutor: *Cordiamyia globosa* Maia, 1996 (Cecidomyiidae). Localidades: BER, MAR, AC, CAR, JU e GUA. Referências: Bregonci et al. (2010), Maia (1996a, 2001a), Maia et al. (2008) e Monteiro et al. (1994, 2004).

Botão floral. Galha ovóide, pilosa. Indutor: *Asphondylia* cf. *cordiae* Möhn, 1959 (Cecidomyiidae). Localidades: BER, MAR, CF (novo registro), CAR e JU. Referências: Maia (2001a), Maia et al. (2008) e Monteiro et al. (2004).

Caule. Galha: espessamento fusiforme, unilocular. Indutor: Lepidoptera. Localidades: BER e CF (novo registro). Referência: Maia et al. (2008).

Folha. Galha alongada, irregular na largura, unilocular. Indutor: Lopesiini (Cecidomyiidae). Localidades: BER, MAR e CF (novo registro). Referências: Maia (2001a) e Maia et al. (2008).

*Cordia sellowiana* Cham. (n = 2)

Folha. Galha esférica, pilosa, marrom, unilocular. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Folha. Galha parenquimática. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

#### Burseraceae (n = 12)

*Protium brasiliense* (Spr.) Engl. (n = 2)

Folha. Galha cônica, glabra. Indutor: Cecidomyiidi (Cecidomyiidae). Localidade: MAR. Referência: Maia (2001a).

Folha. Enrolamento da borda. Indutor: *Lopesia maricaensis* Rodrigues & Maia (2009) (Cecidomyiidae). Localidade: MAR. Referências: Maia (2001a) e Rodrigues & Maia (2010).

*Protium heptaphyllum* (Aublet.) March (n = 5)

Folha. Galha epidérmica. Indutor: Psyllidae (Hemiptera). Localidades: MAR, AC e JU. Referência: Monteiro et al. (1994, 2004).

Folha. Galha: enrolamento da borda. Indutor: *Lopesia similis* Maia, 2004 (Cecidomyiidae). Localidades: CAR e JU. Referências: Maia (2001a), Narahara et al. (2004) e Monteiro et al. (2004).

Folha. Galha esférica. Indutor: *Dactylodiplosis heptaphylli* Maia, 2004 (Cecidomyiidae). Localidades: CAR e JU. Referências: Maia (2001a), Narahara et al. (2004) e Monteiro et al. (2004).

Folha. Galha ovóide. Indutor: Cecidomyiidi (Cecidomyiidae). Localidade: CAR. Referência: Maia (2001a).

Folha. Galha: enrolamento da borda. Indutor: Cecidomyiidi (Cecidomyiidae). Localidade: CAR. Referência: Maia (2001a).

*Protium icariba* (DC.) March. (n = 5)

Folha. Galha cônica. Indutor: *Dactylodiplosis icaribae* Maia, 2002 (Cecidomyiidae). Localidades: CAR e JU. Referências: Maia (2001a), Maia et al. (2002a, 2004) e Monteiro et al. (2004).

Folha. Galha: enrolamento da borda. Indutor: *Lopesia simplex* Maia, 2002 (Cecidomyiidae). Localidades: CAR, JU e GUA. Referências: Bregonci et al. (2010), Maia (2001a), Maia et al. (2002a) e Monteiro et al. (2004).

Folha. Galha epidérmica. Indutor: Psyllidae (Hemiptera). Localidades: JU e GUA. Referências: Bregonci et al. (2010) e Monteiro et al. (2004).

Fruto. Galha não perceptível. Indutor: Cecidomyiinae. Localidades: CAR e JU. Referências: Maia (2001a), Monteiro et al. (2004).

Folha. Galha ovóide. Indutor: Cecidomyiinae. Localidade: CAR. Referência: Maia (2001a).

#### Cactaceae (n = 1)

*Selenicereus setaceus* (SO) Berg (= *Cereus setaceus*) (n = 1)

Caule. Espessamento ovóide. Indutor: *Neolasioptera cerei* Rübсаamen, 1905 (Cecidomyiidae). Localidades: IG, CAR e JU. Referências: Maia (2001a), Maia & Oliveira (2010) e Monteiro et al. (2004).

#### Celastraceae (n = 4)

*Elachyptera micrantha* (Cambess.) A. C. Sm. (n = 1)

Gema ou folha. Galha sulcada. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Maytenus obtusifolia* Mart. var. *obovata* Mart. (n = 2)

Folha. Galha circular. Indutor: *Mayeniella distincta* Maia, 2001 (Cecidomyiidae). Localidades: GRU, MAR e AC. Referências: Maia (2001a, b), Monteiro et al. (1994, 2004) e Oliveira & Maia (2005).

Fruto. Galha externamente não perceptível. Indutor: *Bruggmanniella maytenuse* (Maia & Couri, 1992) (Cecidomyiidae). Localidade: MAR. Referências: Maia et al. (1992), Maia (1999, 2001a) e Monteiro et al. (1994, 2004).

- Maytenus robusta* Reissek (n = 1)  
Folha. Galha globóide, unilocular. Indutor: Cecidomyiidae.  
Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Chrysobalanaceae (n = 4)
- Couepia ovalifolia* (Schott) Benth. (n = 2)  
Folha. Galha circular. Indutor: *Dasineura couepiae* Maia, 2001 (Cecidomyiidae). Localidades: MAR e GUA. Referências: Bregonci et al. (2010) e Maia (2001a, b).  
Folha. Galha: enrolamento da borda. Indutor: *Lopesia marginalis* Maia, 2001 (Cecidomyiidae). Localidade: MAR. Referência: (Maia 2001a, b).
- Licania nitida* Hook. f. (n = 2)  
Caule. Galha: espessamento fusiforme. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Nervuras laterais. Galha: espessamento discreto na superfície na superior e protuberante na superfície inferior. Indutor: *Lopesia* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Clethraceae (n = 2)
- Clethra scabra* Pers. var. *laevigata* (Meisn.) Sleumer (n = 2)  
Caule. Galha: espessamento irregular, unilocular. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Gema. Galha lenhosa, verde, estriada, com uma folha projetando-se do ápice. Indutor: *Clinodiplosis* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Clusiaceae (n = 12)
- Calophyllum brasiliense* Cambess. (n = 5)  
Folha. Galha globosa. Indutor: *Lopesia conspiciua* Maia, 2003 (Cecidomyiidae). Localidade: JU. Referências: Madeira et al. (2002) e Monteiro et al. (2004).  
Folha. Galha parenquimática, elíptica, unilocular. Indutor: *Lopesia elliptica* Maia, 2003 (Cecidomyiidae). Localidades: BER e JU. Referências: Madeira et al. (2002), Maia et al. (2008) e Monteiro et al. (2004).  
Folha. Galha linear, projetando-se verticalmente, unilocular. Indutor: *Lopesia linearis* Maia, 2003 (Cecidomyiidae). Localidades: BER e JU. Referências: Madeira et al. (2002), Maia et al. (2008) e Monteiro et al. (2004).  
Caule. Galha: espessamento globoso, unilocular. Indutor: *Lopesia caulinaris* Maia, 2003 (Cecidomyiidae). Localidades: BER e JU. Referências: Madeira et al. (2002), Maia et al. (2008) e Monteiro et al. (2004).  
Gema apical. Galha globóide, unilocular. Indutor: *Contarinia gemmae* Maia, 2003 (Cecidomyiidae). Localidades: BER e JU. Referências: Madeira et al. (2002), Maia et al. (2008) e Monteiro et al. (2004).
- Clusia criuva* Cambess. subsp. *parviflora* Vesque (n = 1)  
Folha. Galha parenquimática, elíptica, unilocular. Indutor: Lepidoptera. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).
- Clusia hilariana* Schltld. (n = 2)  
Folha. Galha circular Indutor: *Clusiamyia granulosa* Maia, 2001 (Cecidomyiidae) Localidades: CAR, JU e SET. Referências: Bregonci et al. (2010), Maia (2001a, b) e Monteiro et al. (2004).  
Folha. Galha: enrolamento da borda. Indutor não determinado. Localidade: GUA. Referência: Bregonci et al. (2010).
- Clusia fluminensis* Tr. & Pl. (n = 2)  
Folha. Galha circular. Indutor: *Parazalepidota clusiae* Maia 2001 (Cecidomyiidae). Localidades: GRU e MAR. Referências: (Maia 2001a, b) e Oliveira & Maia (2005).  
Folha. Galha parenquimática, linear. Indutor: Lepidoptera. Localidade: MAR. Referência: Monteiro et al. (1994).
- Clusia lanceolata* Camb. (n = 1)  
Folha. Galha esférica, suculenta. Indutor: *Clusiamyia nitida* Maia, 1996 (Cecidomyiidae). Localidades: MAR e AC. Referências: Maia (1996b, 2001a) e Monteiro et al. (1994).
- Garcinia gardneriana* (Planch. & Triana) Zappi (n = 1)  
Caule. Galha gongilóide, castanha, rígida e glabra. Indutor não determinado. Localidade: BERT. Referência: Lima et al. (2000).  
Commelinaceae (n = 1)
- Commelina diffusa* Burm. f. (n = 1)  
Caule. Galha: espessamento fusiforme. Indutor: *Clinodiplosis* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Connaraceae (n = 1)
- Connarus rostratus* (Vell.) L. B. SM. (n = 1)  
Gema. Galha botuliforme, castanha, rígida, glabra. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Lima et al. (2000).  
Convolvulaceae (n = 1)
- Jacquemontia holosericea* (Weinman) O'Donell (n = 1)  
Botão floral. Galha externamente não perceptível. Indutor: *Schizomyia santosi* Maia & Araújo, 2009 (Cecidomyiidae). Localidade: MAR. Referências: Maia & Araújo (2009) e Maia (2001a).  
Cyatheaceae (Pterydophyta) (n = 1)
- Cyathea* sp. (n = 1)  
Folha. Galha parenquimática, verde. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Dilleniaceae (n = 1)
- Doliocarpus glomeratus* Eichler (n = 1)  
Caule. Galha: espessamento fusiforme. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Dioscoreaceae (n = 1)
- Dioscorea monadelphica* (Kunth) Griseb. (n = 1)  
Peciolo. Galha: espessamento fusiforme. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Ebenaceae (n = 1)
- Diospyros brasiliensis* Mart. ex. Miq. (n = 1)  
Folha. Galha: intumescimento e enrolamento da borda. Indutor: Curculionidae (Coleoptera). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Elaeocarpaceae (n = 3)
- Sloanea guianensis* (Aubl.) Benth. (n = 3)  
Folha. Galha parenquimática, unilocular. Indutor: Lasipteridi (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Folha. Galha: borda enrolada. Indutor: *Clinodiplosis* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Gemas laterais. Galha cônica, unilocular. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Erythroxylaceae (n = 6)



*Erythroxylum amplifolium* (Mart.) O. E. Schulz (n = 1)

Gema. Galha cônica, unilocular. Indutor: *Lopesia* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Erythroxylum ovalifolium* Peyr. (n = 5)

Folha. Galha triangular. Indutor: *Dasineura ovalifoliae* Maia & Fernandes, 2011 (Cecidomyiidae). Localidades: GRU, MAR, CAR e JU. Referências: Maia (2001a), Oliveira & Maia (2005), Maia & Fernandes (2011) e Monteiro et al. (1994, 2004).

Folha. Galha: enrolamento da folha jovem. Indutor: *Clinodiplosis* sp. (Cecidomyiidae). Localidades: IG, MAR, CAR e JU. Referências: Maia (2001a), Maia & Oliveira (2010) e Monteiro et al. (2004).

Gema. Galha cônica. Indutor: *Lopesia erythroxyli* Rodrigues & Maia (2010) (Cecidomyiidae). Localidades: IG, GRU, MAR, AC, CAR e JU. Referências: Maia (2001a), Maia & Oliveira 2010, Monteiro et al. (1994, 2004), Oliveira & Maia (2005) e Rodrigues & Maia (2010).

Botão floral. Galha externamente não perceptível. Indutor: *Asphondylia* sp. (Cecidomyiidae). Localidades: GRU, MAR, CAR e JU. Referências: Maia (2001a), Oliveira & Maia (2005) e Monteiro et al. (2004).

Fruto. Galha ovóide, marrom. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: GRU. Referência: Oliveira & Maia (2005).

Euphorbiaceae (n = 15)

*Alchornea triplinervia* (Spreng.) Müll. Arg. (n = 1)

Caule. Galha: espessamento fusiforme, plurilocular. Indutor: Cecidomyiidae (Diptera). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Chaetocarpus myrsinites* (n = 2)

Folha. Galha redonda, verde ou marrom, glabra. Indutor não determinado. Localidade: GUA. Referência: Bregonci et al. (2010).

Folha. Galha: enrolamento da borda, marrom, glabro. Indutor: Hemiptera. Localidade: GUA. Referência: Bregonci et al. (2010).

*Croton compressus* Lam. (n = 1)

Caule. Galha: espessamento caulinar, fusiforme, verde-amarelado, glabro e unilocular. Indutor: Lepidoptera. Localidade: CF. Novo registro de planta hospedeira.

*Dalechampia leandrii* Baill. (n = 1)

Gema. Galha complexa, formando um emaranhado. Indutor: Schizomyiina (Cecidomyiidae). Localidades: GRU e BER. Referências: Maia et al. (2008) e Maia & Oliveira (2010).

*Maprounea guianensis* Aubl. (n = 1)

Folha. Galha globóide, verde, crassa e glabra. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Lima et al. (2000).

*Manihot* sp. (n = 1)

Folha. Galha cilíndrica, unilocular. Indutor: *Iatrophobia brasiliensis* Rübsaamen, 1916 (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Pera glabrata* (Schott) Poepp. ex Baill. (n = 5)

Nervura central ou caule. Galha: espessamento fusiforme. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Gemas apicais e laterais. Galha ovóide com projeções apicais filiformes, unilocular. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Gema. Galha ovóide, agregada. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Gema. Galha globóide, lenhosa. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Folha. Galha cônica, unilocular. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Sebastiania glandulosa* (Mart.) Pax. (n = 3)

Gema. Galha cônica. Indutor: *Clinodiplosis conica* Oliveira & Maia, 2008 (Cecidomyiidae). Localidades: MAR, CAR e JU. Referências: Maia (2001a), Monteiro et al. (2004) e Oliveira & Maia (2008).

Gema. Galha esférica. Indutor: *Schizomyia spherica* Maia & Oliveira, 2007 (Cecidomyiidae). Localidades: MAR, CAR e JU. Referências: Maia (2001a), Monteiro et al. (2004) e Maia & Oliveira (2007).

Folha. Galha: enrolamento da borda. Indutor: *Dasineura* sp. (Cecidomyiidae). Localidades: MAR, CAR e JU. Referências: Maia (2001a) e Monteiro et al. (2004).

Fabaceae (n = 31)

*Abarema brachystachya* (DC.) Barneby & J. W. Grimes (n = 1)

Folha. Galha formada por intumescimento e enrolamento da borda. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Andira fraxinifolia* Benth. (n = 3)

Folha. Galha vermiforme, unilocular. Indutor: Cecidomyiidi. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Folha. Galha globosa. Indutor: *Asphondyliina* (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Caule. Galha: espessamento. Indutor: Curculionidae (Coleoptera). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Andira nitida* Mart. (n = 3)

Folha. Galha globosa, verde, glabra. Indutor não determinado. Localidade: GUA. Referência: Bregonci et al. (2010).

Folha. Galha circular, verde, glabra. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: GUA. Referência: Bregonci et al. (2010).

Folha. Galha: enrolamento marginal, verde, glabra. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: GUA. Referência: Bregonci et al. (2010).

*Dalbergia ecastophylla* L. Taub. (n = 1)

Folha. Galha discóide. Indutor: *Lopesia grandis* Maia, 2001 (Cecidomyiidae). Localidades: IG, MAR, CAR e JU. Referências: Maia (2001a, b), Maia & Oliveira (2010) e Monteiro et al. (2004).

*Dalbergia frutescens* (Vell.) Britton (n = 1)

Folha. Galha discóide, unilocular. Indutor: *Lopesia grandis* Maia, 2001 (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Dalbergia sampaioana* Kuhl. & Hoehne (n = 1)

Caule. Galha: espessamento fusiforme. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Dalbergia* sp. (n = 1)

Caule. Galha: espessamento espiralado. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Desmodium adscendens* (Sw.) DC. (n = 1)



- Caule. Galha: espessamento fusiforme. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).
- Inga edulis* Mart. (n = 4)  
Nervura foliar. Galha globóide. Indutor: *Neolasioptera* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Folha. Galha elíptica, amarela. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Nervura foliar. Galha espessamento conspicuo. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Nervura foliar. Espessamento discreto, parenquimóide. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).
- Inga laurina* (Sw.) Willd (n = 2)  
Nervura central da folha. Galha espessamento fusiforme. Indutor: *Neolasioptera* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: MAR. Referência: Maia et al. (2002b).  
Folha. Galha cilíndrica. Indutor: *Meunieriella* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: MAR. Referência: Maia et al. (2002b).
- Inga maritima* Benth. (n = 1)  
Caule, pecíolo e nervura central. Galha: espessamento fusiforme. Indutor: *Neolasioptera* sp. (Cecidomyiidae). Localidades: GRU e MAR. Referências: Maia (2001a) e Oliveira & Maia (2005).
- Inga sellowiana* Benth. (n = 2)  
Nervura foliar. Galha: espessamento fusiforme. Indutor: Lasioteridi (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Folha. Galha: dobramento ao longo da nervura mediana. Indutor: *Clinodiplosis* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).
- Inga* sp. (n = 2)  
Folha. Galha esférica, verde. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: IG. Referência: Maia & Oliveira (2010).  
Folha. Galha: enrolamento e intumescência da borda foliar, verde, glabra, unilocular. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: PA (novo registro).
- Machaerium uncinatum* (Vell.) Benth. (n = 2)  
Nervura foliar. Galha: dobramento ao longo da nervura central. Indutor: *Clinodiplosis* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Folha. Galha globosa amarela. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).
- Mimosa bimucronata* (n = 1)  
Gema. Galha fusiforme, marrom. Indutor: *Contarinia* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: GRU. Referência: Oliveira & Maia (2005).
- Ormosia arborea* (Vell.) Harms (n = 1)  
Folha. Galha circular. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: JU. Referência: Monteiro et al. (2004).
- Senna bicapsularis* (L.) Roxb (n = 1)  
Ovário. Galha: dilatação esférica acentuada. Indutor: *Asphondylia sennae* Maia & Couri, 1992 (Cecidomyiidae). Localidade: MAR. Referências: Maia et al. (1992) e Monteiro et al. (1994).
- Stylosanthes guianensis* Sw. (n = 1)  
Larvas predadoras na inflorescência, *Lestodiplosis maricaensis* Santos & Maia, 2008 (Cecidomyiidae). Localidades: MAR, CAR e JU. Referências: Maia (2001a), Monteiro et al., (2004) e Santos & Maia (2008).
- Swartzia langsdorffii* Raddi (n = 1)  
Folha. Galha: lâmina foliar coalescente. Indutor: *Burseramyia braziliensis* Maia & Fonseca, 2011 (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008) (indutor identificado como *Schizomyiina*) e Maia & Fonseca (2011).
- Fabaceae não determinada (n = 1)  
Folha. Galha linear, verde. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: IG. Referência: Maia & Oliveira (2010).  
Gesneriaceae (n = 6)
- Codonanthe gracilis* (Mart.) Hanst. (n = 4)  
Folha. Galha globosa, unilocular. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Inflorescência. Galha: espessamento do pedúnculo. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Nervura central. Galha espessamento fusiforme. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Raiz. Galha: espessamento fusiforme. Indutor: *Neolasioptera* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).
- Nematanthus fritschii* Hoehne (n = 2)  
Caule, pecíolo ou nervura Galha: espessamento fusiforme. Indutor: Lepidoptera. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Gema, Galha gongilóide, verde, crassa, pilosa. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Lima et al. (2000).  
Hippocrateaceae (n = 1)
- Hippocratea volubilis* L. (n = 1)  
Pecíolo. Espessamento fusiforme. Indutor: Coleoptera. Localidade: GRU. Referência: Oliveira & Maia (2005).  
Lamiaceae (n = 4)
- Hyptis fasciculata* Benth. subsp. *fasciculata* (n = 1)  
Caule, pecíolo ou nervura. Galha: espessamento fusiforme. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).
- Hyptis lacustris* A. St.-Hil. ex. Benth. (n = 1)  
Caule. Galha: espessamento fusiforme. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).
- Marsypianthes chamaedrys* (Vahl) Kuntze (n = 1)  
Caule. Galha: espessamento fusiforme. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).
- Melissa officinalis* L. (n = 1)  
Folha. Galha globosa, pilosa, verde. Indutor: *Clinodiplosis melissae* Maia, 1993 (Cecidomyiidae). Localidade: MAR. Referência: Maia (1993e).  
Lauraceae (n = 21)
- Aniba viridis* Mez

- Folha. Galha piriforme, ferrugínea, crassa, pilosa. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Lima et al. (2000).
- Nectandra oppositifolia* Nees (n = 3)  
Folha. Galha cilíndrica, avermelhada, agregada. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Folha. Galha pilosa, marrom. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Folha ou caule. Galha ovóide ou globóide, avermelhada. Indutor: *Neolasioptera* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).
- Ocotea aciphylla* (Ness) Mez (n = 3)  
Caule. Galha fusiforme, no entrenó, castanha, rígida e glabra. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Lima et al. (2000).  
Peciolo. Galha fusiforme, castanha, rígida e glabra. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Lima et al. (2000).  
Caule. Galha fusiforme, no nó, castanha, rígida e glabra. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Lima et al. (2000).
- Ocotea lobbii* (Meisn.) Rohwer (n = 2)  
Folha. Galha protuberante, aberta. Indutor: Coccidae (Hemiptera). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Caule. Galha: espessamento fusiforme. Indutor: não determinado. Inquilino: *Trotteria* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).
- Ocolea notata* (Ness) Mez. (n = 4)  
Caule. Galha: espessamento fusiforme. Indutor não determinado. Localidade: JU. Referências: Monteiro et al. (1994, 2004).  
Folha. Galha epidérmica. Indutor: Hemiptera. Localidades: MAR, AC, JU e GUA. Referências: Bregonci et al. (2010) e Monteiro et al. (1994, 2004).  
Gema. Galha ovóide com uma projeção apical espiniforme. Indutor: Cecidomyiidi (Cecidomyiidae). Localidades: MAR, CAR e JU. Referências: Monteiro et al. (1994) e Maia (2001a).  
Nervura foliar. Galha: espessamento fusiforme. Indutor não determinado. Localidade: JU Referência: Monteiro et al. (2004).
- Ocotea pulchella* (Nees) Mez (n = 6)  
Folha. Galha: concavidade aberta. Indutor: Coccidae (Hemiptera). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Folha. Galha globosa, verde, pilosa. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Nervura foliar. Galha: espessamento fusiforme. Indutor: *Neolasioptera* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Gema. Galha semelhante a um botão floral. Indutor: *Clinodiplosis* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Gema ou caule. Galha fusiforme. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Caule. Galha: espessamento fusiforme. Indutor: não determinado. Inquilino: *Trotteria* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Caule. Galha cilíndrica, vertical. Indutor: não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).
- Ocotea teleiandra* (Meisn) Mez (n = 1)  
Gema. Galha piriforme, castanha, rígida e glabra. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Lima et al. (2000).
- Lauraceae não determinada (n = 1)  
Folha. Galha piriforme, verde, crassa e glabra. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Lima et al. (2000).  
Loranthaceae (n = 5)
- Phoradendron piperoides* (H. B. & K.) (n = 1)  
Folha. Galha parenquimática, circular. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: MAR. Referência: Monteiro et al. (1994).
- Psittacanthus dichrous* (Mart.) Mart. (n = 1)  
Folha. Galha parenquimática circular. Indutor: *Costadiplosis maricaensis* Viceconte & Maia, 2009 (Cecidomyiidae). Localidade: MAR. Referências: Maia et al. (2001a), Monteiro et al. (1994) e Viceconte & Maia (2009).
- Struthanthus concinnus* Mart. (n = 2)  
Gemas laterais e apicais. Galha ovóide, com projeções apicais filiformes, bilocular. Indutor: *Schizomyia* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Folha ou caule. Galha suculenta, gotiforme. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).
- Struthanthus maricensis* Rizz. (= 1)  
Nervura central. Galha: espessamento ovóide. Indutor: *Asphondylia maricensis* Maia & Couri, 1992 (Cecidomyiidae). Localidade: MAR. Referências: Maia et al. (1992), Maia (2001a) e Monteiro et al. (1994).  
Malpighiaceae (n = 10)
- Byrsonima sericea* DC. (n = 4)  
Caule. Espessamento ovóide. Indutor: Cecidomyiidae. Localidades: IG, GRU, MAR, AC CAR e GUA. Referências: Bregonci et al. (2010), Maia (2001a), Maia & Oliveira (2010), Monteiro et al. (1994, 2004) e Oliveira & Maia (2005).  
Fruto. Galha ovóide, verde. Indutor: Lepidoptera. Localidades: MAR e AC. Referência: Monteiro et al. (1994, 2004).  
Botão floral. Galha ovóide, marrom. Indutor: *Bruggmanniella byrsonimae* (Maia & Couri, 1992) (Cecidomyiidae). Localidades: MAR, CAR e JU. Referências: Maia (1999, 2001a) e Monteiro et al. (1994, 2004).  
Folha. Galha parenquimática, circular. Indutor: *Dasineura byrsonimae* Maia, 2010 (Cecidomyiidae). Localidades: IG, GRU MAR, CAR, JU e GUA. Referências: Bregonci et al. (2010), Maia (2001a, 2010), Maia & Oliveira (2010), Monteiro et al. (2004) e Oliveira & Maia (2005).
- Heteropteris nitida* (Lam.) Kunth (n = 3)  
Folha. Galha parenquimática. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Folha. Galha epidérmica. Indutor não determinado. Localidade: JU. Referência: Monteiro et al. (2004).  
Botão floral. Larvas livres nos botões. *Clinodiplosis floricola* Novo-Guedes & Maia 2008 (Cecidomyiidae). Localidade: MAR. Referências: Maia (2001a), Novo-Guedes & Maia (2008).
- Stigmaphyllon arenicola* C. E. Anderson (n = 1)  
Caule. Galha: espessamento fusiforme, unilocular. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).
- Stigmaphyllon paralias* A. Juss. (n = 1)  
Caule. Galha: espessamento fusiforme. Indutor: Lepidoptera. Localidade: MAR. Referência: Monteiro et al. (1994).
- Tetrapteris phlomoides* (Spr.) Nied. (n = 1)

Gema. Galha: roseta de folhas. Indutor: *Schizomyia maricaensis* (Cecidomyiidae). Localidade: MAR. Referências: Maia (2001a), Sousa & Maia (2007).

Melastomataceae (n = 28)

*Clidemia blepharodes* DC. (n = 3)

Gema. Galha globóide, vermelha, crassa e pilosa. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Lima et al. (2000).

Peciolo. Galha fusiforme, vermelha, crassa e pilosa. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Lima et al. (2000).

Folha. Galha fusiforme, vermelha, crassa e pilosa. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Lima et al. (2000).

*Clidemia neglecta* D. Don (n = 1)

Folha. Galha globosa, verde e pilosa. Indutor: Cecidomyiidae. Localidades: BER e PA (novo registro). Referência: Maia et al. (2008).

*Huberia ovalifolia* DC. (n = 2)

Caule. Galha: espessamento fusiforme. Indutor: Lepidoptera. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Gemas laterais. Galha cilíndrica, unilocular. Indutor: *Clinodiplosis* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Leandra* cf. *ionopogon* (Mart.) Cogn. (n = 1)

Folha. Galha globosa, vermelha, pilosa. Indutor: *Lopesia* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Miconia cinnamomifolia* (DC.) Naudin. (n = 1)

Caule espessamento ovóide. Indutor: *Epihormomyia miconiae* Maia 2001 (Cecidomyiidae). Inquilino: *Resseliella* sp. (Cecidomyiidae). Localidades: CAR e JU. Referências: Maia (2001a, b) e Monteiro et al. (2004).

*Miconia fasciculata* Gardner (n = 1)

Folha. Galha marrom fendida. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Miconia hymenonervia* (Raddi) Cogn. (n = 1)

Folha. Galha semelhante a um carapicho. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Miconia pusilliflora* (DC.) Naudin (n = 1)

Folha. Galha semelhante a um carapicho. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Miconia rigidiuscula* Cogn. (n = 1)

Nervura foliar. Galha: espessamento fusiforme, unilocular. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Miconia saldanhae* Cogn. (n = 1)

Folha. Galha globóide, vermelha, crassa e pilosa. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Lima et al. (2000).

*Ossaea* sp. (n = 1)

Folha. Galha globóide, vermelha, crassa e pilosa. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Lima et al. (2000).

*Pterolepis glomerata* (Rottb.) Miq. (n = 1)

Caule. Galha: espessamento tênue com uma pequena abertura. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Tibouchina clavata* (Pers.) Wurdack (n = 1)

Caule. Galha: espessamento abrindo-se em fenda. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Tibouchina mutabilis* Cogn. (n = 3)

Caule. Galha fusiforme, vinácea, crassa e pilosa. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Lima et al. (2000).

Folha. Galha globóide, verde, crassa e glabra. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Lima et al. (2000).

Peciolo. Galha fusiforme, castanha, rígida e glabra. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Lima et al. (2000).

*Tibouchina pulchra* Cogn. (n = 3)

Nervura central ou peciolo. Galha: espessamento globóide, unilocular. Indutor: Curculionidae (Coleoptera). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Gema. Galha: espessamento globóide, plurilocular. Indutor: Lepidoptera. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Folha. Galha globosa, verde, pilosa. Indutor: *Lopesia* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Tibouchina trichopoda* (DC.) Baill. (n = 5)

Folha ou caule. Galha globóide, pilosa. Indutor: Lasipteridi (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Peciolo. Galha: espessamento fusiforme. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Nervura foliar. Galha: espessamento fusiforme. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Caule. Galha: espessamento fusiforme. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Gema ou caule. Galha ovóide. Indutor: Lepidoptera. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Melastomataceae não determinada (n = 1)

Caule. Galha: espessamento fusiforme, marrom, unilocular. Indutor não determinado. Localidade: IG. Referência: Maia & Oliveira (2010).

Meliaceae (n = 3)

*Guarea macrophylla* Vahl subsp. *Tuberculata* (Vell.) T. D. Penn. (n = 3)

Folha. Galha globosa, vermelha. Indutor: *Guareamyia purpura* Maia, 2007 (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referências: Maia (2007) e Maia et al. (2008).

Folha. Galha globosa, amarela. Indutor: *Sphaeromyia flava* Maia, 2007 (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referências: Maia (2007), Maia et al. (2008).

Nervura foliar. Galha: espessamento fusiforme. Indutor: *Neolasioptera* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Moraceae (n = 2)

*Ficus enormis* (Mart. Ex. Miq.) Miq. (n = 1)

Folha. Galha parenquimática, circular, amarelada, unilocular. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Ficus guaranitica* Chodat ex Chodat & Vischer (n = 1)

Folha. Galha: enrolamento da borda. Indutor: *Clinodiplosis* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Myrsinaceae (n = 5)



*Rapanea ferruginea* (Ruiz & Pav.) Mez (n = 2)

Caule. Galha: espessamento fusiforme, unilocular. Indutor: Lepidoptera. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Folha. Galha parenquimática, amarela, unilocular. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Rapanea parvifolia* (A. DC.) Mez. (n = 2)

Folha. Galha parenquimática, circular. Indutor: Cecidomyiidae. Localidades: MAR, CAR e JU. Referências: Maia (2001a), Monteiro et al. (1994, 2004).

Caule. Galha: espessamento fusiforme. Indutor: Lepidoptera. Localidades: MAR e AC. Referências: Maia (2006), Monteiro et al. (1994, 2004).

*Rapanea* sp. (n = 1)

Caule. Galha: espessamento fusiforme, marrom. Indutor: Lepidoptera. Localidade: IG. Referência: Maia & Oliveira (2010). Myrtaceae (n = 97)

*Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O. Berg (n = 1)

Nervura foliar. Galha: espessamento lenhoso. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Calyptanthus* sp. (n = 4)

Folha. Galha parenquimática, unilocular. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Folha. Galha: dobramento ao longo da nervura central. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Caule. Galha: espessamento fusiforme. Indutor não determinado. Localidade: JU. Referência: Monteiro et al. (2004).

Nervura foliar. Galha globóide, unilocular. Indutor: *Clinodiplosis* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Eugenia adstringens* Cambess. (= *E. rotundifolia* Casar e *E. umbelliflora* O. Berg) (n = 7)

Folha. Galha: enrolamento da borda. Indutor: *Jorgenseniella eugeniae* Maia, 2005 (Cecidomyiidae). Localidades: GRU, MAR, AC, CAR e JU. Referência: Maia (2001a), Maia et al. (2005), Monteiro et al. (1994, 2004) e Oliveira & Maia (2005).

Gema. Galha cilíndrica, marrom. Indutor: *Stephomyia rotundifoliorum* Maia, 1993 (Cecidomyiidae). Localidades: MAR, AC, CAR e JU. Referências: Maia (1993c, 2001a) e Monteiro et al. (1994).

Folha. Galha circular, amarela. Indutor: *Dasineura globosa* Maia, 1993 (Cecidomyiidae). Localidades: GRU, MAR, CAR e JU. Referências: Maia (1993d, 2001a), Monteiro et al. (2004) e Oliveira & Maia (2005).

Folha. Galha triangular. Indutor: Cecidomyiinae (Cecidomyiidae). Localidades: CAR e JU. Referências: Maia (2001a) e Monteiro et al. (2004).

Folha. Galha piriforme. Indutor: Cecidomyiinae (Cecidomyiidae). Localidades: CAR e JU. Referências: Maia (2001a) e Monteiro et al. (2004).

Folha. Galha claviforme. Indutor: *Stephomyia clavata* (Tavares 1920) (Cecidomyiidae). Localidades: CAR e JU. Referências: Maia (2001a) e Monteiro et al. (2004).

Caule. Indutor não determinado. Localidade: JU. Referência: Monteiro et al. (2004).

Folha. Galha parenquimática, circular. Indutor: Lasipteridi. Localidade: BER. Maia et al. (2008).

*Eugenia copacabanensis* Kiaersk. (n = 7)

Folha. Galha espiralada. Indutor: *Stephomyia espiralis* Maia 1993 (Cecidomyiidae). Localidade: MAR. Referências: Maia (1993c, 2001a) e Monteiro et al. (2004).

Folha. Galha cônica. Indutor: *Stephomyia tetralobae* Maia 1993 (Cecidomyiidae). Localidade: MAR. Referências: Maia (1993c, 2001a) e Monteiro et al. (2004).

Gema. Galha cônica, pedunculada. Indutor: *Dasineura copacabanensis* Maia, 1993 (Cecidomyiidae). Localidade: AR. Referência: Maia (1993a) e Monteiro et al. (2004).

Folha. Galha: enrolamento da folha jovem. Indutor: *Dasineura* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: MAR. Referência: Maia et al. (2002).

Folha. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: MAR. Referência: Monteiro et al. (2004).

Caule. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: MAR e AC. Referência: Monteiro et al. (1994).

Caule. Indutor: Hymenoptera. Localidade: AC. Referência: Monteiro et al. (1994).

*Eugenia monosperma* Vell. (n = 2)

Folha. Galha amarela, globosa, unilocular. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Folha. Galha parenquimática, circular, unilocular. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Eugenia multiflora* (Lam.) DC. (n = 7)

Folha. Galha: enrolamento da folha inteira ou borda. Indutor: Thysanoptera. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Gema. Galha cilíndrica, marrom. Indutor: *Stephomyia* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: CAR. Referência: Maia (2001a).

Folha. Galha circular, verde. Indutor: Lasipteridi (Cecidomyiidae). Localidade: CAR. Referência: Maia (2001a).

Folha. Enrolamento da borda. Indutor: Cecidomyiinae. Localidade: CAR. Referência: Maia (2001a).

Folha. Galha piriforme, amarela. Indutor: Cecidomyiinae. Localidade: CAR. Referência: Maia (2001a).

Folha. Galha claviforme, verde ou vermelha. Indutor: *Stephomyia* cfr. *clavata* (Tavares, 1920) (Cecidomyiidae). Localidade: CAR. Referência: Maia (2001a).

Folha. Galha triangular, amarela. Indutor: Cecidomyiinae. Localidade: CAR. Referência: Maia (2001a).

*Eugenia ovalifolia* Cambess (n = 5)

Folha. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: AC. Referência: Monteiro et al. (1994).

Caule. Indutor: Hymenoptera. Localidade: MAR. Referência: Monteiro et al. (1994).

Fruto. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: MAR. Referência: Monteiro et al. (1994).

Caule. Indutor não determinado. Localidade: JU. Referência: Monteiro et al. (2004).

Caule. Galha: espessamento fusiforme, marrom. Indutor não determinado. Localidade: GRU. Referência: Oliveira & Maia (2005).

*Eugenia riedeliana* O. Berg (n = 1)

Folha. Galha cônica, castanha, crassa e glabra. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Lima et al. (2000).

*Eugenia speciosa* Cambess. (n = 2)

Folha. Galha gotiforme, amarela, unilocular. Indutor: Schizomyiina (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).



Folha. Galha claviforme. Indutor: *Schizomyiina* (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Eugenia stigmata* DC. (n = 1)

Folha. Galha globóide, ferrugínea, crassa e glabra. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Lima et al. (2000).

*Eugenia sulcata* Spring (n = 2)

Gema. Galha cilíndrica, vermelha e unilocular. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Gema. Galha verde. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Eugenia uniflora* L. (n = 6)

Folha. Galha esponjosa. Indutor: *Eugeniamyia dispar* Maia, Mendonça & Romanovski, 1996 (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referências: Maia et al. 1996 e Maia et al. (2008).

Folha. Galha cônica. Indutor: *Clinodiplosis profusa* Maia 2001 (Cecidomyiidae). Localidades: GRU, MAR, AC, CF (novo registro), CAR e JU. Referências: Maia (2001a, b), Monteiro et al. (1994, 2004) e Oliveira & Maia (2005).

Folha. Galha parenquimática, circular. Indutor: *Neolasioptera eugeniae* Maia 1993 (Cecidomyiidae). Localidades: PA (novo registro), IG, GRU, MAR, CF (novo registro) e AC. Referências: Maia (1993a, 2001a), Maia & Oliveira (2010), Monteiro et al. (1994) e Oliveira & Maia (2005).

Fruto. Galha triangular, vermelha. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: MAR. Referência: Monteiro et al. (1994).

Botão floral. Galha triangular, vermelha. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: GRU. Referência: Oliveira & Maia (2005).

Caule. Galha: espessamento fusiforme, marrom. Indutor não determinado. Localidade: IG. Referência: Maia & Oliveira (2010).

*Eugenia* sp. (n = 5)

Folha. Galha: enrolamento da borda. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: GRU. Referência: Oliveira & Maia (2005).

Folha. Galha discóide, amarela. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: GRU. Referência: Oliveira & Maia (2005).

Folha. Galha cilíndrica, verde. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: IG. Referência: Maia & Oliveira (2010).

Folha. Galha circular, verde. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: IG. Referência: Maia & Oliveira (2010).

Caule. Galha: espessamento fusiforme. Indutor não determinado. Localidades: GRU e IG. Referências: Maia & Oliveira (2010) e Oliveira & Maia (2005).

*Gomidesia fenziiana* O. Berg (n = 1)

Caule. Galha: espessamento fusiforme, unilocular. Indutor: *Pacholenus pelliceus* Boheman, 1836 (Coleoptera: Curculionidae). Localidades: BER e MAR. Referências: Monteiro et al. (1994).

*Gomidesia schaueriana* O. Berg (n = 3)

Gemas laterais e apicais. Galha ovóide, purilocular. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Folha. Galha parenquimática. Indutor: *Bruggmanniella* cfr. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Caule. Galha: espessamento fusiforme, unilocular. Indutor: Coleoptera. Localidade: MAR. Referência: Monteiro et al. (1994).

*Myrcia fallax* (Rich.) DC. (n = 7)

Caule. Galha: espessamento globóide. Indutor: Oligotrophini (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Nervura foliar. Galha: espessamento globóide. Indutor: Oligotrophini (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Gema. Indutor: Lasiopteridi (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Caule. Galha: espessamento fusiforme, plurilocular. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Folha. Galha: intumescimento e enrolamento da folha jovem. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Caule e nervura. Galha: espessamento fusiforme. Indutor: Lasiopteridi (Cecidomyiidae). Inquilino: *Trotteria* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Gema. Galha semelhante a um botão, gotiforme. Indutor não determinado. Predador: *Lestodiplosis* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Myrcia lundiana* Kiaersk (n = 6)

Folha. Galha globular. Indutor: *Dasineura* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: MAR. Referência: Maia (2001a) e Monteiro et al. (2004).

Folha. Indutor não determinado. Localidade: MAR. Referência: Monteiro et al. (1994).

Gema. Galha ovóide, sulcada. Indutor: *Myrciamyia maricaensis* Maia 1995 (Cecidomyiidae). Localidades: MAR, AC, CAR e JU. Referências: Maia (1995, 2001a) e Monteiro et al. (2004).

Pedúnculo floral. Espessamento fusiforme. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: MAR. Referências: Maia (2001) e Monteiro et al. (2004).

Folha. Galha epidérmica. Indutor não determinado. Localidade: JU. Referência: Monteiro et al. (2004).

Nervura foliar. Indutor não determinado. Localidade: JU. Referência: Monteiro et al. (2004).

*Myrcia macrocarpa* DC. (n = 1)

Gema. Galha globóide, verde, crassa, glabra. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Lima et al. (2000).

*Myrcia multiflora* (Lam.) DC. (n = 1)

Folha. Galha: enrolamento da folha inteira ou borda foliar. Indutor: Thysanoptera. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Myrcia ovata* Camb. (n = 4)

Folha. Galha globular. Indutor: *Dasineura* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: MAR. Referências: Maia (2001a), Maia et al. (2002) e Monteiro et al. (2004).

Folha. Indutor não determinado. Localidade: MAR. Referência: Monteiro et al. (1994).

Gema. Galha ovóide, sulcado. Indutor: *Myrciamyia maricaensis* Maia 1995 (Cecidomyiidae). Localidades: MAR, AC, CAR e JU. Referências: Maia (1995, 2001a) e Monteiro et al. (2004).

Pedúnculo floral. Galha: espessamento fusiforme. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: MAR. Referências: Maia (2001a) e Monteiro et al. (2004).

*Myrcia palustris* DC. (n = 2)

Folha. Galha parenquimática, circular, unilocular. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

- Gema. Galha ovóide, multilocular. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).
- Myrciaria floribunda* (West ex Willdenow) Berg. (n = 7)
- Folha. Galha: enrolamento da borda. Indutor: *Dasineura myrciariae* Maia, 1993 (Cecidomyiidae). Localidades: MAR, CAR, JU e GUA. Referências: Bregonci et al. (2010), Maia (1993d) e Monteiro et al. (1994, 2004).
- Folha. Galha: enrolamento da folha inteira. Indutor: Thysanoptera. Localidade: MAR. Referência: Monteiro et al. (1994).
- Gema. Galha bivalva, amarela. Indutor: *Myrciariamyia bivalva* Maia, 1994 (Cecidomyiidae). Localidades: MAR, AC, CAR e JU. Referências: Maia (1994, 2001a) e Monteiro et al. (1994, 2004).
- Folha. Galha em forma de estrela. Indutor: Cecidomyiidae. Localidades: MAR e CAR. Referência: Maia (2001a).
- Folha. Galha epidérmica. Indutor não determinado. Localidade: JU. Referência: Monteiro et al. (2004).
- Folha. Galha globosa, glabra. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: GUA. Referência: Bregonci et al. (2010).
- Caule. Galha globosa, verde, glabra. Indutor não determinado. Localidade: GUA. Referência: Bregonci et al. (2010).
- Myrciaria jaboticaba* (Vell.) Berg (n = 2)
- Folha. Galha: enrolamento marginal, verde. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: IG. Referência: Maia & Oliveira (2010).
- Gema. Galha cilíndrica, verde. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: IG. Referência: Maia & Oliveira (2010).
- Neomitranthes obscura* (DC.) N. J. E. Silveira (n = 6)
- Folha. Galha triangular. Indutor: Cecidomyiinae. Localidades: MAR, AC, CAR e JU. Referências: Maia & Couri (1997) e Maia (2001a), Monteiro et al. (2004).
- Folha. Galha: enrolamento da folha inteira. Indutor: Thysanoptera. Localidade: MAR e AC. Referência: Maia (2006) e Monteiro et al. (1994).
- Folha. Galha elíptica. Indutor: *Stephomyia mina* Maia, 1993 (Cecidomyiidae). Localidades: MAR e CAR. Referências: Maia (1993c, 2001a) e Monteiro et al. (2004).
- Folha. Galha: enrolamento da borda. Indutor: *Clinodiplosis* sp. (Cecidomyiidae). Localidades: MAR, CAR, JU e GUA. Referências: Bregonci et al. (2010), Maia (2001a) e Monteiro et al. (2004).
- Gema. Galha semelhante a um ananás. Indutor: *Neomitranthella robusta* Maia, 1995 (Cecidomyiidae). Localidades: MAR, CAR e JU. Referências: Maia (1995, 2001a) e Monteiro et al. (2004).
- Caule. Galha: espessamento fusiforme. Indutor não determinado. Localidade: JU. Referência: Monteiro et al. (2004).
- Psidium cattleianum* Sabine (n = 7)
- Folha. Galha tubular, unilocular. Indutor: Lasipteridi (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).
- Gema. Galha: roseta de folhas. Indutor: *Dasineura gigantea* Angelo & Maia, 1999 (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referências: Angelo & Maia (1999) e Maia et al. (2008).
- Folha. Galha cônica com pequenas projeções apicais. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).
- Folha. Galha globosa, unilocular. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).
- Folha. Galha parenquimática. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).
- Folha. Galha cônica, com duas projeções cônicas (uma na superfície abaxial e outra na adaxial da folha), verde, glabra. Indutor: Hemiptera. Localidade: IG. Referência: Maia & Oliveira (2010).
- Folha ou gema. Galha esferóide, amarela, glabra. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: IG. Referência: Maia & Oliveira (2010).
- Myrtaceae não determinada (n = 1)
- Caule. Galha globosa, marrom, glabra. Indutor não determinado. Localidade: GUA. Referência: Bregonci et al. (2010).
- Nyctaginaceae (n = 15)
- Guapira nitida* (Mart. Ex Schmidt) Lundell (n = 2)
- Folha. Galha parenquimática, verde, unilocular. Indutor: *Bruggmannia* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).
- Folha. Galha globóide, castanha, crassa e glabra. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Lima et al. (2000).
- Guapira opposita* (Vell.) Reitz (n = 10)
- Caule. Galha: espessamento fusiforme discreto, unilocular. Indutor: *Bruggmannia* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).
- Gema. Galha esférica, pilosa. Indutor: *Bruggmannia monteiroi* Maia & Couri, 1993 (Cecidomyiidae). Localidades: MAR, AC e JU. Referências: Maia & Couri (1993) e Monteiro et al. (1994).
- Folha. Galha globosa, vermelha, pilosa. Indutor: *Bruggmannia robusta* Maia & Couri 1993 (Cecidomyiidae). Localidades: BER, IG, MAR, AC, CAR e JU. Referências: Maia & Couri (1993), Maia (2001a), Maia et al. (2008), Maia & Oliveira (2010) e Monteiro et al. (2004).
- Folha. Galha parenquimática, circular. Indutor: *Bruggmannia elongata* Maia & Couri 1993 (Cecidomyiidae). Localidades: BER, IG, MAR, AC, CAR e JU. Referências: Maia & Couri (1993), Maia (2001a), Maia et al. (2008), Maia & Oliveira (2010) e Monteiro et al. (1994).
- Folha. Galha triangular. Indutor: *Bruggmannia acaudata* Maia, 2004 (Cecidomyiidae). Localidades: IG, MAR, CAR e JU. Referências: Maia (2001a, 2004), Maia & Oliveira (2010) e Monteiro et al. (2004).
- Gema. Galha: roseta de folhas. Indutor: *Pisphondylia braziliensis* Couri & Maia, 1992 (Cecidomyiidae). Localidades: BER, MAR e JU. Referências: Couri & Maia (1992), Maia (2001a), Maia et al. (2008) e Monteiro et al. (2004).
- Caule. Galha: espessamento ovóide. Indutor: *Proasphondylia guapirae* Maia, 1993. Localidades: BER, IG, MAR, CAR e JU. Referências: Maia (1993b, 2001a), Maia et al. (2008), Maia & Oliveira (2010) e Monteiro et al. (2004).
- Caule. Espessamento fusiforme. Indutor: *Proasphondylia formosa* Maia 1993 (Cecidomyiidae). Localidades: MAR, CAR e JU. Referências: Maia (1993) e Monteiro et al. (2004).
- Caule. Espessamento fusiforme. Indutor: Hymenoptera. Localidade: MAR. Referência: Monteiro et al. (1994).
- Folha. Galha globosa, verde. Indutor: Cecidomyiidae. Localidades: BER e GUA. Referências: Bregonci et al. (2010) e Maia et al. (2008).
- Guapira pernambucensis* (n = 2)
- Folha. Galha circular, verde. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: GRU. Referência: Oliveira & Maia (2005).
- Folha. Galha globosa, rosa, pilosa. Indutor: *Bruggmannia* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: GUA. Referência: Bregonci et al. (2010).

*Guapira* sp. (n = 1)

Folha. Galha cônica, verde ou marrom, glabra. Indutor não determinado. Localidade: GUA. Referência: Bregonci et al. (2010).

Ochnaceae (n = 3)

*Ouratea cuspidata* (St. Hil.) Engl. (n = 3)

Folha. Galha cilíndrica, marrom, com projeção delgada e tubular apicalmente. Indutor: *Contarinia* sp. (Cecidomyiidae). Localidades: IG, GRU, MAR, JU e GUA. Referências: Bregonci et al. (2010), Maia (2001a), Maia & Oliveira (2010), Monteiro et al. (2004) e Oliveira & Maia (2005).

Folha. Galha parenquimática, circular, amarela, glabra. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: IG. Referência: Maia & Oliveira (2010).

Folha. Galha: enrolamento da borda, verde, glabro. Indutor não determinado. Localidade: GUA. Referência: Bregonci et al. (2010).

Olacaceae (n = 1)

*Ximenia americana* L. var. *americana* (n = 1)

Caule. Galha: espessamento ovóide, marrom. Indutor: *Asphondylia communis* Maia & Couri, 1993 (Cecidomyiidae). Localidade: MAR. Referências: Maia (2001a), Maia & Couri (1993) e Monteiro et al. (1994).

Onagraceae (n = 1)

*Ludwigia octovalvis* (Jacq.) P. H. Raven (n = 1)

Gema. Galha cilíndrica, verde, pilosa. Indutor: *Clinodiplosis* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Orchidaceae (n = 1)

*Epidendrum denticulatum* (n = 1)

Folha. Galha circular, marrom, glabra. Indutor não determinado. Localidade: GUA. Referência: Bregonci et al. (2010).

Passifloraceae (n = 1)

*Passiflora mucronata* Lam. (n = 1)

Folha. Galha: enrolamento da folha jovem. Indutor: *Clinodiplosis* sp. (Cecidomyiidae). Localidades: MAR, CAR e JU. Referências: Maia (2001a), Monteiro et al. (2004).

Phytolaccaceae (n = 1)

*Phitolacca* cfr. *esculenta* Van Houtte (n = 1)

Gema. Roseta de folhas. Indutor: *Asphondylia* (Cecidomyiidae). Localidade: MAR. Referência: Maia et al. (2002b).

Picramniaceae (n = 1)

*Picramnia gardneri* Planch. (n = 1)

Folha. Galha globosa. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Piperaceae (n = 6)

*Piper glabella* (Sw.) A. Dietr. (n = 3)

Caule. Galha: espessamento unilocular. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Folha. Galha parenquimática, unilocular. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Inflorescência. Galha fusiforme, verde, crassa e glabra. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Lima et al. (2000).

*Piper amalago* (n = 1)

Caule. Galha: espessamento fusiforme verde. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: GRU. Referência: Oliveira & Maia (2005).

*Piper arboreum* Aubl. (n = 1)

Folha. Galha ovóide, unilocular. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Piper divaricatum* Meyer (n = 1)

Larvas de Cecidomyiidae livres na inflorescência. Localidade: CAR. Referência: Maia (2001a).

Poaceae (n = 1)

*Paspalum maritimum* Trin.

Folha. Galha circular. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Polygonaceae (n = 5)

*Coccoloba mosenii* Lindl. (n = 1)

Caule. Galha: espessamento fusiforme. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Coccoloba* cf. *warmingii* Meisn. (n = 2)

Folha. Galha parenquimática. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

Folha. Galha globóide. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Coccoloba* sp. (n = 1)

Folha. Galha epidérmica. Indutor não determinado. Localidade: JU. Referência: Monteiro et al. (2004).

*Polygonum punctatum* Heil. (n = 1)

Folha. Galha fusiforme, verde, crassa e glabra. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Lima et al. (2000).

Polypodiaceae (n = 1)

*Microgramma vacciniifolia* (Langsd. & Fisch.) Copel. (n = 1)

Gema. Galha ovóide, verde, com pilosidade branca. Indutor: *Primadiplosis microgrammae* Maia, 2011 (Cecidomyiidae). Localidade: MAR. Referência: Maia & Santos (2011).

Rubiaceae (n = 13)

*Alibertia* aff. *Myrciifolia* K. Schum. (n = 1)

Caule. Galha: espessamento fusiforme. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Borreria* cf. *ocymifolia* (Willd. Ex Roem. & Schult.) Bacigalupo & E. L. Cabral (n = 1)

Caule. Galha: espessamento fusiforme. Indutor: *Neolasioptera* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

*Borreria verticillata* (L.) Meyer (n = 1)

Inflorescência. Galha triangular. Indutor: *Asphondylia borrierae* Rübssaamen, 1905 (Cecidomyiidae). Localidades: MAR, AC, CAR e JU. Referências: Maia (2001a) e Monteiro et al. (1994, 2004).

*Diodia gymnocephala* (DC.) K. Schum. (n = 1)

Caule. Galha: espessamento fusiforme. Indutor: *Clinodiplosis diodiae* Maia, 2001 (Cecidomyiidae). Localidades: CAR e JU. Referências: Maia (2001a) e Monteiro et al. (2004).

*Diodia radula* (n = 1)



- Inflorescência. Galha: espessamento fusiforme do pedúnculo, verde. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: GRU. Referência: Oliveira & Maia (2005).
- Emmeorhiza umbellata* (Spreng.) K. Schum. (n = 1)  
Caule ou gema. Galha: espessamento ovóide, plurilocular. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).
- Psychotria carthagenensis* Jacq. (n = 1)  
Gema. Galha verde-rósea, globóide, suculenta, multilocular. Indutor: Oligotrophini (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).
- Psychotria hoffmannseggiana* (Willd. & Hoffg. Ex Roem. & Schult.) Müll. Arg. (n = 1)  
Folha. Galha globóide, unilocular. Indutor: *Neolasioptera* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).
- Psychotria leiocarpa* Cham. & Schltdl. (n = 2)  
Folha. Galha globóide, unilocular, com sulcos longitudinais. Indutor: *Dasineura* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Folha. Galha cônica, verde, crassa e glabra. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Lima et al. (2000).
- Psychotria mapourioides* DC. (n = 1)  
Gema. Galha gongilóide, rósea, crassa e glabra. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Lima et al. (2000).
- Salzmania nitida* (n = 1)  
Fruto. Galha globosa, rosa, glabra. Indutor não determinado. Localidade: GUA. Referência: Bregonci et al. (2010).
- Rubiaceae não determinada (n = 1)  
Caule. Galha gongilóide, verde, crassa e glabra. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Lima et al. (2000).
- Sapindaceae (n = 20)
- Matayba guianensis* Aubl. (n = 2)  
Folha. Galha globosa, amarela. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Folha. Galha cônica, com sulcos longitudinais, unilocular. Indutor: *Paulliniomyia ampla* Maia, 2001 (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).
- Paullinia micrantha* Cambess. (n = 1)  
Caule. Galha: espessamento discreto, multilocular. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).
- Paullinia weinmanniaefolia* Mart. (n = 6)  
Folha. Galha cônica. Indutor: *Paulliniomyia ampla* Maia 2001 (Cecidomyiidae). Localidades: MAR, AC, CAR e JU. Referências: Maia (2001a, b) e Monteiro et al. (1994, 2004).  
Gavinha. Galha: espessamento fusiforme. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: CAR. Referência: Maia (2001a).  
Folha. Galha: enrolamento da folha jovem. Indutor: *Clinodiplosis costai* Maia 2005 (Cecidomyiidae). Localidades: MAR, CAR e JU. Referências: Maia (2001a, 2005) e Monteiro et al. (2004).  
Folha. Galha claviforme. Indutor não determinado. Localidade: JU. Referência: Monteiro et al. (2004).  
Folha. Galha epidérmica. Indutor não determinado. Localidade: JU. Referência: Monteiro et al. (2004).
- Caule. Indutor não determinado. Localidade: JU. Referência: Monteiro et al. (2004).
- Paullinia* sp. (n = 6)  
Caule. Galha: espessamento fusiforme. Indutor: Lepidoptera. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Nervura, pecíolo, ou gavinha. Galha: espessamento unilocular. Indutor: *Neolasioptera* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Folha. Galha: enrolamento da folha jovem. Indutor: *Clinodiplosis costai* Maia, 2005 (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Folha. Galha parenquimática, linear. Indutor: *Neolasioptera* sp. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Folha. Galha globosa. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Folha. Galha gotiforme. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).
- Serjania communis* Cambess. (n = 1)  
Gema. Galha esférica, agregada. Indutor: *Clinodiplosis* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).
- Urvillea stipitata* Radlk. (n = 3)  
Nervura foliar. Galha: espessamento fusiforme, verde. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: GRU. Referência: Oliveira & Maia (2005).  
Folha. Galha cônica, verde. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: GRU. Referência: Oliveira & Maia (2005).  
Gema. Galha ovóide, verde. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: GRU. Referência: Oliveira & Maia (2005).
- Sapindaceae não determinada (n = 1)  
Folha. Galha piriforme, verde, crassa e glabra. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Lima et al. (2000).
- Sapotaceae (n = 12)
- Bumelia obtusifolia* (n = 1)  
Folha. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: MAR. Referência: Monteiro et al. (1994).
- Manilkara subsericea* (Mart.) Dubard. (n = 7)  
Caule. Galha ovóide. Indutor: *Manilkaramyia notabilis* Maia 2001 (Cecidomyiidae). Localidades: CAR, JU e GUA. Referências: Bregonci et al. (2010), Maia (2001a, b) e Monteiro et al. (2004).  
Caule. Galha globosa, verde, glabra. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: GUA. Referência: Bregonci et al. (2010).  
Folha. Galha circular. Indutor: Cecidomyiidae. Localidades: IG, GRU, AC, CAR e JU. Referências: Maia (2001a), Maia & Oliveira (2010), Monteiro et al. (2004) e Oliveira & Maia (2005).  
Folha. Galha tubular. Indutor: Asphondyliini (Cecidomyiidae). Localidades: AC e JU. Referência: Monteiro et al. (1994, 2004).  
Folha. Galha epidérmica. Indutor não determinado. Localidade: JU. Referência: Monteiro et al. (2004).  
Folha. Galha redonda, verde, glabra. Indutor não determinado. Localidade: GUA. Referência: Bregonci et al. (2010).  
Folha. Galha: enrolamento da borda, verde, glabro. Indutor não determinado. Localidade: GUA. Referência: Bregonci et al. (2010).
- Pouteria caimito* (R. & P.) Radlk. var. *laurifolia* (Gomes) Baehni (n = 1)



- Folha. Galha tubular. Indutor: *Youngomyia pouteriae* Maia 2001 (Cecidomyiidae); inquilino – *Trotteria quadridentata* Maia 2001 (Cecidomyiidae). Localidades: GRU, MAR e AC. Referências: Maia (2001c), Monteiro et al. (1994) e Oliveira & Maia (2005).
- Pouteria grandiflora* (A. DC.) Baehni (n = 1)  
Folha. Galha cônica, castanha, rígida e glabra. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Lima et al. (2000).
- Pouteria venosa* (Mart.) Baehni = *Pouteria marginata* (n = 1)  
Folha. Galha ovóide, verde. Indutor: *Lopesia singularis* Maia, 2001 (Cecidomyiidae). Localidades: BER, MAR e AC. Referências: Monteiro et al. (1994), Maia (2001a) e Maia et al. (2008).
- Pouteria psammophyla* (n = 1)  
Folha. Galha ovóide, verde. Indutor: *Lopesia singularis* Maia, 2001 (Cecidomyiidae). Localidades: GRU e MAR. Referências: Monteiro et al. (1994) e Oliveira & Maia (2005).  
Smilacaceae (n = 9)
- Smilax quinquenervia* Vell. (n = 3)  
Nervura central. Galha: espessamento fusiforme, unilocular. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Folha. Galha parenquimática, unilocular. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Folha. Galha cônica. Indutor: Sternorrhyncha (Hemiptera). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).
- Smilax rufescens* Griseb (n = 6)  
Folha. Galha circular. Indutor: *Smilasioptera candelariae* Möhn 1975 (Cecidomyiidae). Localidades: GRU, MAR, CAR e JU. Referências: Maia (2001a), Monteiro et al. (2004) e Oliveira & Maia (2005).  
Nervura foliar e pecíolo. Galha: espessamento fusiforme. Indutor: Cecidomyiidae. Localidades: GRU, MAR e CAR. Referências: Maia (2001a), Monteiro et al. (1994, 2004) e Oliveira & Maia (2005).  
Fruto. Larvas livres, *Clinodiplosis* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: MAR. Referência: Maia (2001a).  
Folha. Galha triangular. Indutor: Hemiptera. Localidades: IG, MAR, AC e GUA. Referências: Bregonci et al. (2010), Maia & Oliveira (2010) e Monteiro et al. (1994).  
Folha. Galha epidérmica. Indutor não determinado. Localidade: JU. Referência: Monteiro et al. (2004).  
Folha. Galha redonda, verde, glabra. Indutor não determinado. Localidade: GUA. Referência: Bregonci et al. (2010).  
Solanaceae (n = 12)
- Aureliana fasciculata* (Vell.) Sendtn. (n = 4)  
Caule. Galha: espessamento unilocular. Indutor: *Asphondylia* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Nervura central. Galha: espessamento fusiforme. Indutor: *Clinodiplosis* sp. (Cecidomyiidae). Predador: *Lestodiplosis* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Folha. Galha: dobramento da folha jovem. Indutor: Cecidomyiidae. Localidades: CAR e JU. Referências: Maia (2001a) e Monteiro et al. (2004).  
Folha. Galha elíptica. Indutor: Cecidomyiinae. Localidade: CAR. Referência: Maia (2001a).
- Aureliana glomuliflora* Sendtn. (n = 1)  
Nervura central. Galha: espessamento fusiforme. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).
- Cestrum laevigatum* Schlttdl. (n = 2)  
Caule. Galha globosa, unilocular, lateral. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Nervura central. Galha: espessamento fusiforme. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).
- Solanum affine* Sendtn (n = 1)  
Folha. Galha globosa, amarela. Indutor: Cecidomyiinae. Localidade: MAR. Referência: Maia (2001a).
- Solanum curvispinum* Dunal (n = 1)  
Folha. Galha globosa, amarela. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: GRU. Referência: Oliveira & Maia (2005).
- Solanum inaequale* Vell. (n = 1)  
Folha. Galha circular, verde. Indutor: Cecidomyiinae. Localidades: CAR e JU. Referências: Maia (2001a) e Monteiro et al. (2004).
- Solanum* cf. *pseudoquina* A. St.-Hil. (n = 1)  
Caule. Galha: espessamento fusiforme. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).
- Solanum* aff. *subscandens* Vell. (n = 1)  
Folha. Indutor: Cecidomyiidae. Localidade: MAR. Referência: Monteiro et al. (1994).  
Styracaceae (n = 1)
- Styrax glaber* Sw. (n = 1)  
Nervura foliar. Galha: espessamento fusiforme. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Theaceae (n = 2)
- Gordonia fruticosa* (Schrad.) H. Keng. (n = 2)  
Gemas laterais e apicais. Galha ovóide, unilocular. Indutor: *Clinodiplosis* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Nervura foliar. Galha: espessamento fusiforme. Indutor: *Neolasioptera* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Thymelaeaceae (n = 1)
- Daphnopsis racemosa* Griseb (n = 1)  
Gema. Galha globóide, verde, crassa e glabra. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Lima et al. (2000).  
Urticaceae (n = 1)
- Coussapoa microcarpa* (Schott) Rizzini (n = 1)  
Caule. Galha: espessamento globoso. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).  
Verbenaceae (n = 3)
- Aegiphila sellowiana* Cham. (n = 1)  
Folha. Galha cilíndrica, verde, crassa e pilosa. Indutor não determinado. Localidade: BER. Referência: Lima et al. (2000).
- Lantana camara* L. (n = 1)  
Folha. Galha globosa, pilosa. Indutor: *Schimatodiplosis lantanae* Riibsaamen, 1907 (Cecidomyiidae). Localidade: MAR. Referência: Maia (2001a) e Monteiro et al. (1994).
- Lantana undulata* Schrank (n = 1)

Folha. Galha globosa, pilosa, unilocular. Indutor: *Clinodiplosis* sp. (Cecidomyiidae). Localidade: BER. Referência: Maia et al. (2008).

## Discussão

Os resultados encontrados para as restingas da região sudeste do Brasil corroboram apenas em parte o padrão indicado por Houard (1933) para a região Neotropical. Segundo esse autor, as cinco famílias botânicas com maior riqueza de galhas são: Fabaceae, Asteraceae, Melastomataceae, Myrtaceae e Solanaceae. A família Cecidomyiidae são os galhadores mais frequentes, depois Hemiptera, Hymenoptera, e Lepidoptera ocorrendo principalmente em Melastomataceae e Anacardiaceae e induzindo galhas caulinares; e em quinto Coleoptera e, por fim, Thysanoptera.

Nas restingas da região sudeste do Brasil, as cinco famílias botânicas com maior riqueza de galhas são Myrtaceae, Asteraceae, Fabaceae, Melastomataceae e Lauraceae, ou seja, das cinco famílias

citadas por Houard (op. cit.), quatro destacaram-se também no presente estudo, embora com algumas diferenças, discutidas a seguir:

As Myrtaceae foram apontadas como a família mais rica em número de galhas de insetos em restinga da região sudeste do Brasil, enquanto aparecem em quarto lugar no estudo de Houard (1933). As Asteraceae ocupam o segundo lugar em ambos os estudos. Já Fabaceae e Melastomataceae ocupam a terceira e quarta posição no presente estudo, diferindo dos dados de Houard (op. cit.), onde essas mesmas famílias ocupam o primeiro e terceiro lugar. As Lauraceae aparecem como a quinta família de planta com maior riqueza de galhas de insetos no presente estudo, e são citadas em nono lugar por Houard (1933). E as Solanaceae, não se destacam pela riqueza de galhas no presente estudo, enquanto que em Houard (op. cit.) aparecem em quinto lugar. Esses resultados estão relacionados com a diversidade das famílias botânicas. De acordo com Rizzini (1979), as Myrtaceae estão muito bem representadas nas restingas e contribuem significativamente para a caracterização de sua flora, sendo *Eugenia* Linnaeus o maior gênero em número de espécies. As famílias Asteraceae, Fabaceae, Melastomataceae e Lauraceae também são

**Tabela 7.** Distribuição do número de espécies vegetais por família de planta em diferentes localidades da região sudeste do Brasil. As informações para Bertioga (SP) foram retiradas de Martins et al. (2008); para Grumari (RJ): Argolo (2001); Maricá (RJ): Silva & Oliveira (1989); Jurubatiba (RJ): Araujo et al. (1998); e Guarapari (ES): Assis et al. (2004).

**Table 7.** Distribution of the number of plant species by plant families in restingas of the southeastern region of Brazil. Data on Bertioga (SP) were obtained from Martins et al. (2008); Grumari (RJ): Argolo (2001); Maricá (RJ): Silva & Oliveira (1989); Jurubatiba (RJ): Araujo et al. (1998); and Guarapari (ES): Assis et al. (2004).

Famílias de Planta	Número de espécies				
	Bertioga, SP	Grumari, RJ	Maricá, RJ	Jurubatiba, RJ	Guarapari, ES
ACANTHACEAE	8	1	5	1	0
ALISMATACEAE	0	0	1	1	0
ALSTROEMERACEAE	1	0	0	0	0
AMARANTHACEAE	2	2	3	1	0
AMARYLLIDACEAE	1	1	2	0	1
ANACARDIACEAE	2	2	3	2	1
ANNONACEAE	5	1	2	4	3
APIACEAE	1	1	2	0	0
APOCYNACEAE	11	4	10	2	3
AQUIFOLIACEAE	3	0	1	2	0
ARACEAE	14	3	5	0	4
ARALIACEAE	5	0	0	0	0
ARECACEAE	9	1	4	4	3
ARISTOLOCHIACEAE	0	0	1	0	0
ASCLEPIADACEAE	0	0	9	3	0
ASTERACEAE	35	5	21	3	0
BEGONIACEAE	4	0	9	0	0
BIGNONIACEAE	9	5	11	1	1
BLECHNACEAE	0	0	0	1	0
BOMBACACEAE	0	1	1	2	2
BORAGINACEAE	3	2	3	0	0
BRASSICACEAE	1	0	0	0	0
BROMELIACEAE	36	14	14	6	14
BURMANNIACEAE	2	0	1	0	0
BURSERACEAE	0	0	2	2	1
CACTACEAE	4	4	12	4	3
CALYCERACEAE	1	1	1	0	0
CAMPANULACEAE	1	0	0	0	0
CANNABACEAE	1	0	0	0	0
CAPPARIDACEAE	0	2	5	2	3
CECROPIACEAE	0	1	0	0	0

## Galhas de insetos em restingas na região Sudeste

Tabela 7. Continuação...

Famílias de Planta	Número de espécies				
	Bertioga, SP	Grumari, RJ	Maricá, RJ	Jurubatiba, RJ	Guarapari, ES
CELASTRACEAE	6	1	1	1	1
CHLORANTHACEAE	1	0	0	0	0
CHRYSOBALANACEAE	5	2	1	1	0
CLETHRACEAE	1	0	0	0	0
CLUSIACEAE	3	2	5	6	4
COMBRETACEAE	2	0	1	0	1
COMMELINACEAE	3	1	2	1	1
CONNARACEAE	1	1	0	0	0
CONVOLVULACEAE	7	2	5	2	0
COSTACEAE	2	0	0		1
CUCURBITACEAE	4	0	0	0	0
CUNONIACEAE	1	0	0	0	0
CYCLANTHACEAE	1	0	0	1	0
CYPERACEAE	23	1	9	8	0
DENNSTAEDTIACEAE	0	0	0	2	0
DICHAPETALACEAE	0	0	0	1	0
DILLENIAEAE	2	0	1	0	0
DIOSCOREACEAE	3	2	1	0	0
DROSERACEAE	1	1	0	1	0
EBENACEAE	1	0	1	1	1
ELAEOCARPACEAE	1	0	0	1	0
ERICACEAE	1	0	2	2	0
ERIOCAULACEAE	2	0	2	1	0
ERYTHROXYLACEAE	2	1	4	2	3
EUPHORBIACEAE	11	3	21	5	1
FABACEAE	33	05	28	10	5
FLACOURTIACEAE	1	1	0	0	0
GENTIANACEAE	2	4	2	1	0
GESNERIACEAE	5	0	1	0	0
HALORAGACEAE	0	0	1	1	0
HELICONIACEAE	2	0	0	0	0
HIPPOCRATEACEAE	0	1	0	0	0
HUMIRIACEAE	1	0	1	1	0
HYPOXIDACEAE	1	0	0	0	0
IRIDACEAE	2	0	1	0	1
JUNCACEAE	2	0	0	0	0
LAMIACEAE	9	0	1	0	0
LAURACEAE	14	0	3	3	7
LENTIBULARIACEAE	3	0	2	5	0
LOGANIACEAE	2	0	0	0	1
LORANTHACEAE	1	0	5	0	0
LYCOPODIACEAE	0	0	1	0	0
LYTHRACEAE	0	0	1	1	0
MALPIGHIACEAE	10	5	10	3	2
MALVACEAE	4	1	3	1	2
MARANTACEAE	4	0	1	1	1
MARCGRAVIACEAE	2	0	1	0	0
MELASTOMATAEAE	19	0	8	4	2
MELIACEAE	3	1	0	1	3
MENISPERMACEAE	0	2	0	1	0
MENYANTHACEAE	1	0	1	1	0
MOLLUGINACEAE	0	0	1	0	0
MONIMIACEAE	2	0	0	1	1
MORACEAE	7	0	6	3	5
MYRSINACEAE	7	1	2	3	2
MYRTACEAE	38	6	14	15	25

Tabela 7. Continuação...

Famílias de Planta	Número de espécies				
	Bertioga, SP	Grumari, RJ	Maricá, RJ	Jurubatiba, RJ	Guarapari, ES
NAJDACEAE	0	0	0	1	0
NYCTAGINACEAE	2	2	4	1	4
NYMPHAEACEAE	0	0	0	2	0
OCHNACEAE	2	1	1	2	2
OLACACEAE	1	1	5	1	3
ONAGRACEAE	1	0	3	0	0
ORCHIDACEAE	47	11	15	1	13
PASSIFLORACEAE	3	1	4	2	0
PENTAPHYLLACACEAE	1	0	0	0	0
PHYLLANTHACEAE	2	0	0	0	0
PHYTOLACCACEAE	1	0	2	1	0
PICRAMNACEAE	1	0	0	0	0
PIPERACEAE	9	2	4	0	4
PLANTAGINACEAE	6	0	0	0	0
PLUMBAGINACEAE	0	0	1	0	0
POACEAE	20	4	8	7	0
PODOCARPACEAE	1	0	0	0	0
POLYGALACEAE	3	2	0	0	0
POLYGONACEAE	3	2	5	2	1
POLYPODIACEAE	0	0	6	0	0
PONTEDERIACEAE	0	0	0	1	0
PORTULACACEAE	1	0	0	0	0
POTAMOGETONACEAE	0	0	0	1	0
PROTEACEAE	1	0	0	0	0
RHAMNACEAE	1	1	2	2	0
ROSACEAE	1	0	0	0	0
RUBIACEAE	34	3	15	4	2
RUTACEAE	1	0	2	1	0
SALICACEAE	2	0	0	0	0
SANTALACEAE	3	0	0	0	0
SAPINDACEAE	8	4	8	3	5
SAPOTACEAE	4	3	5	2	10
SCROPHULARICEAE	0	0	1	0	0
SIMAROUBACEAE	0	0	0	1	2
SMILACACEAE	2	1	2	2	1
SOLANACEAE	15	2	7	0	3
SPHAGNACEAE	0	0	0	1	0
STERCULIACEAE	0	0	0	1	0
STYRACACEAE	1	0	0	0	0
THEACEAE	1	0	0	3	0
THEOPHRASTACEAE	0	0	0	1	1
THYMELAEACEAE	1	0	0	0	1
THYPHACEAE	0	0	1	1	0
TRIGONIACEAE	0	1	0	0	0
TURNERACEAE	0	0	0	1	0
URTICACEAE	8	0	0	0	0
VERBENACEAE	1	0	4	1	0
VIOLACEAE	0	0	1	0	0
VISCACEAE	0	1	0	0	0
VITACEAE	2	0	1	0	1
VOCHYSIACEAE	0	0	0	1	0
XYRIDACEAE	2	0	2	1	0
ZINGIBERACEAE	1	0	0	0	0



famílias bem representadas nesse ecossistema (Tabela 7). Portanto, pode-se afirmar que a riqueza de galhas de insetos em restingas da região sudeste do Brasil está relacionada com a riqueza das espécies das famílias de plantas.

As ordens de insetos galhadores encontradas nas restingas são as mesmas que constam em Houard (1933), porém ocupando diferentes posições em termos de diversidade, exceto por Diptera, que aparecem como o principal grupo em ambos os estudos. Em restingas, Lepidoptera ocupa o segundo lugar, Hemiptera o terceiro, Coleoptera o quarto, Thysanoptera o quinto e em último, Hymenoptera. Em Houard (op. cit.), Hemiptera aparece em segundo lugar, Hymenoptera em terceiro, Lepidoptera em quarto, Coleoptera em quinto e Thysanoptera em sexto.

Em ambos os estudos, Cecidomyiidae e Lepidoptera mostraram preferência pela indução de galhas em folhas e caules, respectivamente. Mas a ocorrência de galhas de Lepidoptera principalmente em Melastomataceae e Anacardiaceae não foi confirmada: de 15 morfotipos de galhas, três ocorreram na primeira e apenas um na segunda família de planta citada. Três morfotipos (o número máximo de galhas de Lepidoptera encontradas em uma mesma família botânica no presente estudo) também ocorreram em Myrsinaceae.

A maior incidência de galhas em folhas é um padrão que se observa em todas as regiões zoogeográficas do mundo (Felt 1940), provavelmente pelas folhas representarem um recurso mais abundante e renovável.

## Conclusão

As restingas da região sudeste do Brasil possuem uma riqueza de 479 morfotipos de galhas de insetos distribuídos em 60 famílias, 131 gêneros e 229 espécies de plantas. As famílias de planta com maior riqueza de galhas são bem representadas e diversificadas em restingas (Myrtaceae, Asteraceae e Fabaceae). O mesmo pode-se afirmar em relação aos gêneros (*Eugenia* L., *Mikania* Willd. e *Myrcia* DC. Ex Guill). *Guapira opposita* (Vell.) Reitz (Nyctaginaceae), *Mikania* cf. *biformis* DC. (Asteraceae) e *Eugenia umbelliflora* O. Berg (Myrtaceae) são as espécies super-hospedeiras. As galhas ocorreram em órgãos vegetativos e reprodutivos, mas predominando nas folhas. Os indutores distribuíram-se em seis ordens de insetos: Diptera, Lepidoptera, Hemiptera, Coleoptera, Thysanoptera e Hymenoptera, com destaque para Cecidomyiidae (Diptera) como o principal grupo galhador, os quais mostraram uma forte preferência por folhas, enquanto Lepidoptera por caule.

O conhecimento taxonômico das espécies galhadoras é incipiente. Apenas 21% do total de morfotipos de galhas registrados em restingas da região sudeste do Brasil têm a espécie galhadora identificada. Isto se deve em parte à carência de taxonomistas atuando neste ecossistema, e no caso dos Cecidomyiidae, à dificuldade de obtenção de espécimes imaturos (larvas de terceiro instar e pupas) e adultos de ambos os sexos, necessários para a identificação das espécies.

A obtenção de representantes de cada fase do ciclo de vida e de machos e fêmeas envolve a criação dos galhadores em campo ou em laboratório, grandemente dificultada em função das altas taxas de parasitismo observadas em restingas, do desconhecimento da biologia das espécies, do ressecamento do órgão galhado (depois que removido da planta hospedeira) e de perda de material em função do crescimento de fungos nos potes de criação. Acrescente-se a esta dificuldade, a inexistência de chaves atualizadas de gêneros e de espécies, e a escassez de coleções de referências para a família.

O número de espécies e gêneros novos a serem descritos é muito grande, e ainda há muitas áreas não investigadas que representam lacunas de informação na diversidade e distribuição das espécies.

## Agradecimentos

Ao CNPq pelo suporte financeiro (Proc. 300237/2010-3).

## Referências Bibliográficas

- ANGELO, A. & MAIA, V.C. 1999. *Dasineura gigantea* n. sp. (Diptera, Cecidomyiidae) associada com *Psidium cattleianum* (Myrtaceae) no Brasil. Rev. Bras. Zool. 16(1):191-195. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81751999000100014>
- ARAUJO, D.S.D. & MACIEL, N.C. 1998. Restingas fluminensis: biodiversidade e preservação. Boletim FBCN 25:27-51.
- ARAUJO, D.S.D., SCARANO, F.R., SÁ, C.F., KURTZ, B.C., ZALUAR, H.L.T., MONTEZUMA, R.C.M. & OLIVEIRA, R.C. 1998. Comunidades vegetais do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba. In Ecologia das lagoas costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ) (F.A. Esteves, ed.). Universidade Federal do Rio de Janeiro, p.39-55.
- ARGOLO, A.M. 2001. Levantamento florístico, caracterização fisionômica e comparação da restinga de Grumari, RJ, com outras restingas do Estado do Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 62p.
- 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>
- BREGONCI, J.M., POLYCARPO, P.V. & MAIA, V.C. 2010. Galhas de insetos do Parque Estadual Paulo César Vinha (Guarapari, ES, Brasil). Biota Neotrop. 10(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v10n1/en/abstract?inventory+bn01410012010>
- BREMER, K. 1994. Asteraceae: Cladistics and Classification. Timber Press Inc., Oregon.
- COURI, M.S. & MAIA, V.C. 1992. Considerações sobre *Pisphondylia* Mohn, 1960 (Diptera, Cecidomyiidae, Asphondyliidi) com descrição de uma espécie nova para o Brasil. Rev. Bras. Entomol. 36(4):729-730.
- FELT, E.P. 1940. Plant galls and gall makers. Ithaca, New York, 364p.
- GAGNÉ, R.J. 2010. Update for a catalog of The Cecidomyiidae (Diptera) of the world. [http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/12754100/Gagne\\_2010\\_World\\_Catalog\\_Cecidomyiidae.pdf](http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/12754100/Gagne_2010_World_Catalog_Cecidomyiidae.pdf) (último acesso em 08/2012).
- GOVAERTS, R.M., SOBRAL, M., ASHTON, P., BARRIE, F., HOLST, B.K., LANDRUM, L.L., MATSUMOTO, K., MAZINE, F.F., LUGHADHA, E.N., PROENÇA, C., SOARES-SILVA, L.H., WILSON, P.G. & LUCAS, E. 2008. World checklist of Myrtaceae. Royal Botanic Gardens, Kew, 455p. <http://www.kew.org/wcsp/> (último acesso em 10/01/2011).
- HOUARD, E. 1933. Les zoocécidies des plantes de l'Amérique Du Sud et de l'Amérique Central. Hermann et Cie, Paris, 549p.
- LIMA, E.S., MAGENTA, M.A.G., KRAUS, J.E., VECHI, C. & MARTINS, S.E. 2000. Levantamento preliminar de galhas entomógenas ocorrentes em plantas das restingas de Beertioga (SP). Anais do V Simpósio de Ecossistemas Brasileiros: Conservação. III. ACIESP 109:39-46.
- MADEIRA, J.A., MAIA, V.C. & MONTEIRO, R.F. 2002. Gall makers (Cecidomyiidae: Diptera) on *Calophyllum brasiliense* Camb. (Clusiaceae): descriptions and biology. Arq. Mus. Nac. 61(1):31-48.
- MAIA, V.C. 1993a. Descrição de duas espécies novas de Cecidomyiidae (Diptera) associadas a *Eugenia* spp. (Myrtaceae). Rev. Bras. Entomol. 37(4):717-721.
- MAIA, V.C. 1993b. Considerações sobre *Proasphondylia* Felt, 1915 (Diptera, Cecidomyiidae, Asphondyliidi) com descrição de duas espécies novas associadas com *Guapira opposita* (Velloso) Reitz. (Nyctaginaceae). Rev. Bras. Zool. 10(2):215-218. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81751993000200003>

- MAIA, V.C. 1993c. Considerações sobre *Stephomyia* Tavares, 1916 (Diptera, Cecidomyiidae, Asphondylii) com descrição de quatro espécies novas associadas com *Eugenia* L. e *Neomitranthes* (DC) Legr. (Myrtaceae). Rev. Bras. Zool. 10(3):521-530. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81751993000300019>
- MAIA, V.C. 1993d. Três espécies novas de *Dasineura* Rondani (Diptera, Cecidomyiidae) associadas a Myrtaceae na Restinga da Barra de Maricá, Rio de Janeiro. Rev. Bras. Zool. 12(4):1001-1008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81751995000400027>
- MAIA, V.C. 1993e. Uma nova espécie de *Clinodiplosis* Kieffer (Diptera, Cecidomyiidae) associada com *Melissa officinalis* Linnaeus (Labiatae) no Brasil. Rev. Bras. Zool. 10 (4):695-697. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81751993000400014>
- MAIA, V.C. 1994. *Myrciariamyia bivalva*, gen. N. e sp. n. (Diptera, Cecidomyiidae, Oligotrophini) associado com *Myrciaria floribunda* (Camb.) Legr. (Myrtaceae) no Brasil. Rev. Bras. Zool. 11(4):635-639. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81751994000400007>
- MAIA, V.C. 1995. Dois gêneros novos de Cecidomyiidae (Diptera) associados a Myrtaceae, na Restinga da Barra de Maricá, Rio de Janeiro, Brasil. Rev. Bras. Zool. 12(3):567-574. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81751995000300012>
- MAIA, V.C. 1996a. *Cordiamyia globosa*, n. gen. E n. sp. (Diptera, Cecidomyiidae) associado com *Cordia verbenacea* (Boraginaceae), na Restinga da Barra de Maricá (R.J.). Rev. Bras. Zool. 13(3):579-583. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81751996000300006>
- MAIA, V.C. 1996b. *Clusiamyia nitida*, n. gen. E n. sp. (Diptera, Cecidomyiidae) associado com *Clusia lanceolata* Camb. (Clusiaceae) no Brasil. Rev. Bras. Zool. 13 (4):829-832. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81751996000400003>
- MAIA, V.C. 1999. Descrição de imaturos de quatro espécies de Asphondylii neotropicais e nota taxonômica sobre *Asphondylia maytenuse* Maia & Couri (Diptera, Cecidomyiidae). Rev. Bras. Zool. 16(3):775-778. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81751999000300014>
- MAIA, V.C. 2001a. 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. 2001b. New genera and species of gall midges (Diptera, Cecidomyiidae) from three restingas of Rio de Janeiro State, Brazil. Rev. Bras. Zool., 18(Supl. 1):1-32.
- MAIA, V.C. 2001c. Two new species of gall midges (Diptera, Cecidomyiidae) associated with *Pouteria caimito* var. *laurifolia* (Sapotaceae) in Brazil. Studia Dipt. 8(1):103-110.
- MAIA, V.C. 2004. Description of a new species of *Bruggmannia* Tavares (Diptera, Cecidomyiidae) associated with *Guapira opposita* (Vell.) Reitz. (Nyctaginaceae) from Brazil. Rev. Bras. Zool. 21(4):761-764. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752004000400005>
- MAIA, V.C. 2005. *Clinodiplosis costai*, a new galler species (Diptera, Cecidomyiidae) associated with *Paullinia weinmanniaefolia* Mart. (Sapindaceae). Rev. Bras. Zool. 22(3):676-679. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752005000300024>
- MAIA, V.C. 2006. Galls of Hemiptera, Lepidoptera and Thysanoptera from Central and South America. Publ. Avul. Mus. Nac. 110:3-22.
- MAIA, V.C. 2007. New genera and species of gall midges (Diptera, Cecidomyiidae) associated with *Guarea macrophylla* (Meliaceae). Rev. Bras. Zool. 24(3):449-456. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752007000200024>
- MAIA, V.C. 2010. A new species of *Dasineura* Rondani, 1840 (Diptera, Cecidomyiidae) associated with *Byrsonima sericea* (Malpighiaceae). Rev. Bras. Bioc. 8(4):377-380
- MAIA, V.C. & ARAÚJO, W.S. 2009. Uma nova espécie de *Schizomyia* (Diptera, Cecidomyiidae) indutora de galhas nos botões florais de *Jacquemontia holosericea* (Convolvulaceae). Rev. Bras. Entomol. 53:356-360. <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262009000300008>
- MAIA, V.C. & COURI, M.S. 1993. Descrição de três espécies de *Bruggmannia* Tavares, 1915 (Diptera, Cecidomyiidae, Asphondylii) do Brasil, associadas com *Guapira opposita* (Nyctaginaceae). Rev. Bras. Biol. 53(2):209-215.
- MAIA, V.C. & FERNANDES, S.P.C. 2011. Two new species of gall midges (Diptera, Cecidomyiidae) associated with *Erythroxylum ovalifolium* Peyr. (Erythroxylaceae) from the Barra de Maricá restinga, Maricá, Rio de Janeiro, Brazil. Braz. J. Biol. 71(2):521-526. PMID:21755172. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842011000300024>
- MAIA, V.C. & FONSECA, K.F. 2011. *Burseramia braziliensis*, a new species of gall midge (Diptera, Cecidomyiidae, Asphondylii) associated with *Swartzia langsdorffii* Raddi (Fabaceae). Biota Neotrop. 11(4):55-57. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032011000400004>
- MAIA, V.C. & OLIVEIRA, J.C. 2004. Coleoptera associated with galls from South America with new records. Arq. Mus. Nac. 62 (2):179-184.
- MAIA, V.C. & OLIVEIRA, J.C. 2010. Galhas de insetos da Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul (Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ) Biota Neotrop. 10(4):227-238. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032010000400028>
- MAIA, V.C. & OLIVEIRA, U.P. 2007. Uma nova espécie de Cecidomyiidae (Diptera) associada com *Sebastiania glandulosa* (Euphorbiaceae). Iheringia. Série Zool. 97:97-101.
- MAIA, V.C. & SANTOS, M.G. 2011. A new genus and species of gall midge (Diptera, Cecidomyiidae) associated with *Microgramma vacciniifolia* (Langsd. & Fisch.) Copel. (Polypodiaceae) from Brazil. Rev. Bras. Entomol. 55(1):40-44. <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262011000100008>
- MAIA, V.C. & SILVA, S.H.A. 2011. Representatividade do gênero *Lopesia* Rübsaamen (Diptera, Cecidomyiidae) no Brasil. Pap. Avulsos Zool. 51(23):359-365.
- MAIA, V.C., AZEVEDO, M.A.P. & COURI, M.S. 2002a. New contribution to the knowledge of the gall midges (Diptera, Cecidomyiidae) from the restinga of Barra de Maricá (Rio de Janeiro, Brazil). Studia Dipt. 9(2):447-452.
- MAIA, V.C., CONSTANTINO, P.A.L. & MONTEIRO, R.F. 2005. New gall midges (Diptera, Cecidomyiidae) associated with two species of *Eugenia* (Myrtaceae). Rev. bras. Entomol. 49(3):347-352.
- MAIA, V.C., COURI, M.S. & MONTEIRO, R.F. 1992. Sobre seis espécies de *Asphondylia* Loew, 1850 do Brasil (Diptera, Cecidomyiidae). Rev. bras. Entomol. 36(3):653-661.
- 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/> (último acesso em 22/12/2010).
- MAIA, V.C., MENDONÇA JÚNIOR, M. & ROMANOVSKY, H. 1996. *Eugeniomyia dispar*, n. gen. and n. sp (Diptera, Cecidomyiidae, Lasipteridi) associated with *Eugenia uniflora* L. (Myrtaceae) in Brazil. Rev. Bras. Zool. 13(4):1087-1090.
- MAIA, V.C., MONTEIRO, R.F. & NARAHARA, K. 2002b. Two new species of gall midges (Diptera, Cecidomyiidae) associated with *Protium icariba* (Burseraceae) in Brazil. Studia Dipt. 9(1):171-178.
- MARTINS, S.E., ROSSI, 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.
- MONTEIRO, R.F., FERRAZ, F.F.F., MAIA, V.C. & AZEVEDO, M.A.P. 1994. Galhas entomógenas em restingas: uma abordagem preliminar. An. ACIESP 3(87):210-220.
- MONTEIRO, R.F., ODA, R.A.M., NARAHARA, K.L. & CONSTANTINO, P.A.L. 2004. Galhas: Diversidade, Especificidade e Distribuição. In Pesquisa de Longa Duração na Restinga de Jurubatiba: Ecologia, História Natural e Conservação (C.F.D. Rocha, F.A. Esteves & F.R. Scarano, orgs.). RiMa Editora, São Carlos, p.127-141.

- NARAHARA, K., MAIA, V.C. & MONTEIRO, R.F. 2004. Two new species of gall midges (Diptera, Cecidomyiidae) associated with *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand (Burseraceae) in Brazil. *Rev. Bras. Entomol.* 48(4):485-490. <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262004000400010>
- NOVO-GUEDES, R. & MAIA, V.C. 2008. Gall midges (Diptera, Cecidomyiidae) associated with *Heteropteris nitida* DC. (Malpighiaceae). *Arq. Mus. Nac.* 66:359-362.
- 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):669-676.
- OLIVEIRA, U.P. & MAIA, V.C. 2008. A new species of gall midge (Diptera, Cecidomyiidae) associated with *Sebastiania glandulosa* (Euphorbiaceae). *Arq. Mus. Nac.* 66:355-358.
- OLIVEIRA, R.N., DIAS, I.J.M. & CÂMARA, C.A.G. 2005. Estudo comparativo do óleo essencial de *Eugenia puniceifolia* (HBK) DC. de diferentes localidades de Pernambuco. *Rev. Bras. Pharmacogn.* 15(1):39-43.
- RIZZINI, C.T. 1979. Tratado de Fotogeografia do Brasil. Hucitec, São Paulo, v.2, 54p.
- RODRIGUES, A.R. & MAIA, V.C. 2010. Duas novas espécies de *Lopesia* Rübsaamen (Diptera, Cecidomyiidae) do Brasil, com chave para as espécies. *Biota Neotrop.* 10:1-15. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032010000100008>
- SANTOS, B.O. & MAIA, V.C. 2008. Uma nova espécie de Cecidomyiidae (Diptera) associada com *Stylosanthes guianensis* (Fabaceae). *Arq. Mus. Nac.* 66:485-489.
- SILVA, J.G. & OLIVEIRA, A.S. 1989. A vegetação de restinga no município de Maricá – R.J. *Acta Bot. Bras.* 3(2):253-272. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33061989000300021>
- SOUSA, L.I. & MAIA, V.C. 2007. A new species of *Schizomyia* (Diptera, Cecidomyiidae, Asphondyliini) associated with *Tetrapterys phlomoides* (Malpighiaceae). *Iheringia. Série Zool.* 97:311-313. <http://dx.doi.org/10.1590/S0073-47212007000300021>
- TOMA, T.S.P. & MAIA, V.C. 2012. Representatividade do gênero *Clinodiplosis* Kieffer (Diptera, Cecidomyiidae) no Brasil. *Pap. Avulsos Zool.* 52(20):223-231.
- VICECONTE, K.S.M. & MAIA, V.C. 2009. Novo gênero e nova espécie de Diptera, Cecidomyiidae, associada com *Psittacanthus dichrous* (Loranthaceae). *Arq. Mus. Nac.* 67:35-40.

Recebido em 21/06/2011

Versão reformulada recebida em 15/08/2012

Publicado em 06/02/2013

## Composição, riqueza e abundância de anuros em um remanescente de Cerrado e Mata Atlântica no estado de São Paulo

Cybele de Oliveira Araujo<sup>1,3</sup> & Selma Maria de Almeida-Santos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Seção de Animais Silvestres, Instituto Florestal – IF, Rua do Horto, 931, Horto Florestal, CEP 02377-000, São Paulo, SP, Brasil

<sup>2</sup>Laboratório de Ecologia e Evolução, Instituto Butantan, Av. Dr. Vital Brazil, 1500, CEP 05503-900, São Paulo, SP, Brasil

<sup>3</sup>Autor para correspondência: Cybele de Oliveira Araujo, e-mail: cyaraujo@if.sp.gov.br

ARAUJO, C.O. & ALMEIDA-SANTOS, S.M. **Composition, species richness and abundance of anurans in a Cerrado and Atlantic Forest remnant of the São Paulo state, Brazil.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?inventory+bn02613012013>

**Abstract:** The anurans of São Paulo state are the best known in the country. However, there are still considerable sampling gaps in the state, especially within natural vegetation remnants of the hydrographic basins of the Paranapanema river. The purpose of this study was to obtain information on species composition, species richness and abundance of anurans recorded at Estação Ecológica de Angatuba, a remnant of Cerrado and Atlantic Forest in the hydrographic basin of the Upper Paranapanema river. The survey was conducted in two phases: in March and November 2007, and between October 2008 and March 2009, totaling 38 sampling days. Surveys were conducted using pitfall traps, incidental encounters and acoustic and visual searches. We recorded 31 anuran species, belonging to 16 genera and eight families (Bufonidae, Centrolenidae, Craugastoridae, Cycloramphidae, Hylidae, Leiuperidae, Leptodactylidae and Microhylidae). Of this total, 15 species were new records to the Angatuba and Guareí municipalities. This research is an important contribution for expanding the knowledge of the anuran diversity in the Cerrado and Atlantic Forest, two priority global *hotspots* for biodiversity conservation in Brazil. **Keywords:** amphibians, Anura, diversity, inventory, Estação Ecológica de Angatuba.

ARAUJO, C.O. & ALMEIDA-SANTOS, S.M. **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>

**Resumo:** Apesar da fauna de anuros no estado de São Paulo ser considerada a mais conhecida no país, ainda existem consideráveis lacunas amostrais no estado, sobretudo em remanescentes de vegetação natural das bacias hidrográficas do rio Paranapanema. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi gerar informações sobre a composição, riqueza e abundância de anuros na Estação Ecológica de Angatuba, um remanescente de Cerrado e Mata Atlântica presente na bacia hidrográfica do Alto Paranapanema. O levantamento das espécies foi realizado em duas etapas de campo: março e novembro de 2007 e outubro de 2008 a março de 2009, totalizando 38 dias de inventário. A amostragem foi realizada por meio de armadilhas de interceptação e queda, encontro ocasional, procura auditiva e procura visual. Foram registradas 31 espécies de anuros pertencentes a 16 gêneros e oito famílias (Bufonidae, Centrolenidae, Craugastoridae, Cycloramphidae, Hylidae, Leiuperidae, Leptodactylidae e Microhylidae). Deste total, 15 espécies representam novos registros para os municípios de Angatuba e Guareí, SP. 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, Anura, diversidade, inventário, Estação Ecológica de Angatuba.



## Introdução

Existem 230 espécies de anuros com ocorrência confirmada para o estado de São Paulo (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 (Rossa-Feres et al. 2008), locais que ainda concentram a maior parte dos estudos sobre esta taxocenose no estado (Rossa-Feres et al. 2011). O outro grupo é formado por espécies associadas às formações de Cerrado e floresta estacional que ocorrem predominantemente no Planalto Ocidental Paulista (Rossa-Feres et al. 2008). Nos últimos anos houve um aumento significativo no número de trabalhos publicados sobre a diversidade de anuros em localidades de Cerrado (Ribeiro-Júnior & Bertoluci 2009, Araujo & Almeida-Santos 2011, Maffei et al. 2011b) e floresta estacional semidecidual (Araujo et al. 2009, Santos et al. 2009, Brassaloti et al. 2010, Maffei et al. 2011a) no interior do estado. Apesar da fauna de anuros no estado ser considerada como a mais conhecida do país, ainda existem lacunas de conhecimento no nordeste e sudeste do estado como na bacia hidrográfica do rio Paranapanema (Rossa-Feres et al. 2011).

Como resultado de processos históricos de uso e ocupação do solo, a Mata Atlântica tem sido reduzida pela supressão e fragmentação de sua cobertura vegetal, restando menos de 12% de sua extensão original de 1,3 milhões de km<sup>2</sup>, 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). Esta fitofisionomia apresenta-se permeada por formações de Cerrado, ocupando de forma bastante fragmentada parte dos estados do Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás e, em menor escala, Rio de Janeiro, Espírito Santo e sul da Bahia (Leitão-Filho 1982). 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). No entanto, 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). Apesar da drástica redução em área, 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, desconsiderando-se várias espécies descritas mais recentemente (Cruz & Feio 2007). Adicionalmente, 27 dos 39 modos reprodutivos de anuros conhecidos no mundo são encontrados neste domínio (Haddad & Prado 2005).

O Cerrado, que possuía originalmente dois milhões de km<sup>2</sup> 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 como é o caso de São Paulo (Eiten 1972). No estado, o Cerrado apresenta-se sob a forma de manchas dispersas, especialmente na Depressão Periférica e no Planalto Ocidental Paulista (Durigan et al. 2004). Sua heterogeneidade ambiental, que inclui planaltos, depressões e planícies dominadas por formações

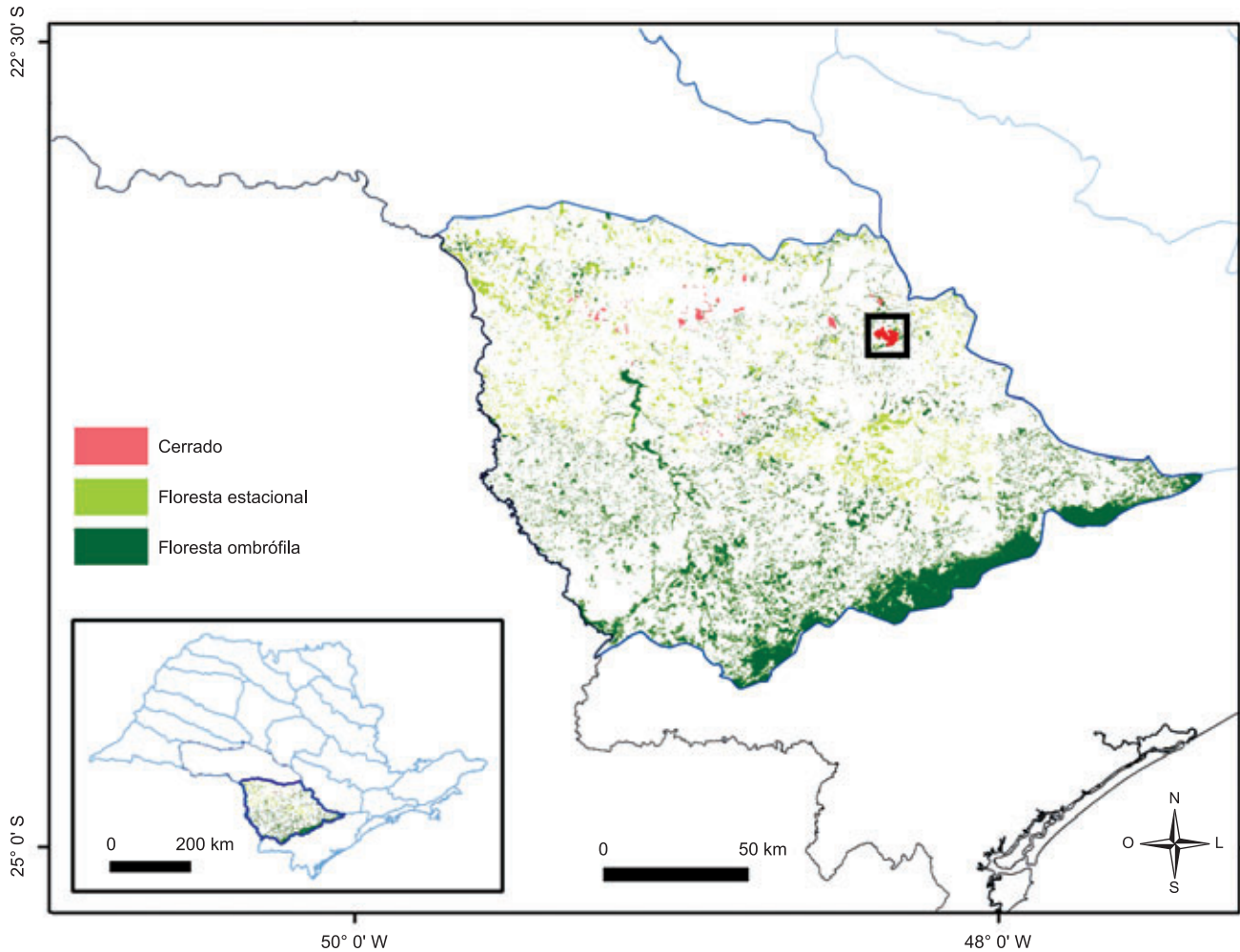
campestres e savânicas e em menor proporção matas de galeria e floresta estacional (Oliveira-Filho & Ratter 2002, Silva & Bates 2002, Ab'Sáber 2005, Ribeiro & Walter 2008), está refletida em sua biota reconhecida mundialmente como uma das mais ricas em espécies e endemismos e severamente ameaçada pelas atividades humanas (Colli et al. 2002, Mittermeier et al. 2004, Klink & Machado 2005, Diniz-Filho et al. 2008). Foram registradas 209 espécies de anuros no Cerrado, das quais 51,7% são endêmicas ao domínio (Valdujo et al. 2012). Assim como a Mata Atlântica, o Cerrado encontra-se bastante ameaçado, sendo a agricultura e a pecuária extensiva responsáveis pela maior parte da perda de áreas de vegetação natural (Ratter et al. 1997, Klink & Machado 2005, Sano et al. 2010). Aproximadamente 40% da cobertura vegetal original do Cerrado foi devastada e a porção mais ao sul deste domínio é a mais severamente impactada, apresentando apenas 15% de sua extensão original (Sano et al. 2010). No estado de São Paulo, somente 0,5% deste domínio encontra-se protegido por unidades de conservação e os fragmentos remanescentes sofrem ameaças que incluem o isolamento, risco de incêndios e invasão por espécies vegetais exóticas (Durigan et al. 2004, 2007). 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).

Considerando que a fauna de anuros de uma porção significativa do país permanece pouco amostrada e 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 padronizados de monitoramento dos anuros em localidades que se mantêm como lacunas amostrais. Os dados obtidos neste tipo de pesquisa contribuem de maneira inequívoca 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). Neste contexto, o objetivo deste estudo foi fornecer informações sobre a composição, riqueza, abundância e distribuição dos anuros na Estação Ecológica de Angatuba, um remanescente de Cerrado e floresta estacional semidecidual presente na bacia hidrográfica do Alto Paranapanema.

## Material e Métodos

### 1. Local de estudo

A Estação Ecológica de Angatuba (23° 24' S e 48° 21' O; 625-750 m) localiza-se nos municípios de Angatuba e Guareí, bacia hidrográfica do Alto Paranapanema e apresenta área total de 1.394 ha (Monteiro et al. 2009) (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 ao redor de 24,6 °C e nos meses mais frios (junho e julho) entre 17 e 17,6 °C (Monteiro et al. 2009). A precipitação média anual é de aproximadamente 1.325 mm, com a maior média de precipitação mensal ocorrendo no mês de janeiro (195,5 mm) e a menor em agosto (40 mm) (Monteiro et al. 2009). A cobertura vegetal desta estação ecológica é constituída predominantemente pela floresta estacional semidecidual montana (56,9%; 793,3 ha) e floresta estacional semidecidual aluvial (17,2%; 239,8 ha), apresentando também algumas áreas de Cerrado (17,7%; 246,8 ha) em suas diversas fisionomias (cerradão, cerrado sentido restrito, campo sujo úmido) e uma pequena porção invadida por *Pinus* sp. (8,2%; 114 ha) nos limites com a Floresta Estadual de Angatuba (Franco et al. 2009) (Figura 2).



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

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

## 2. Coleta e análise dos dados

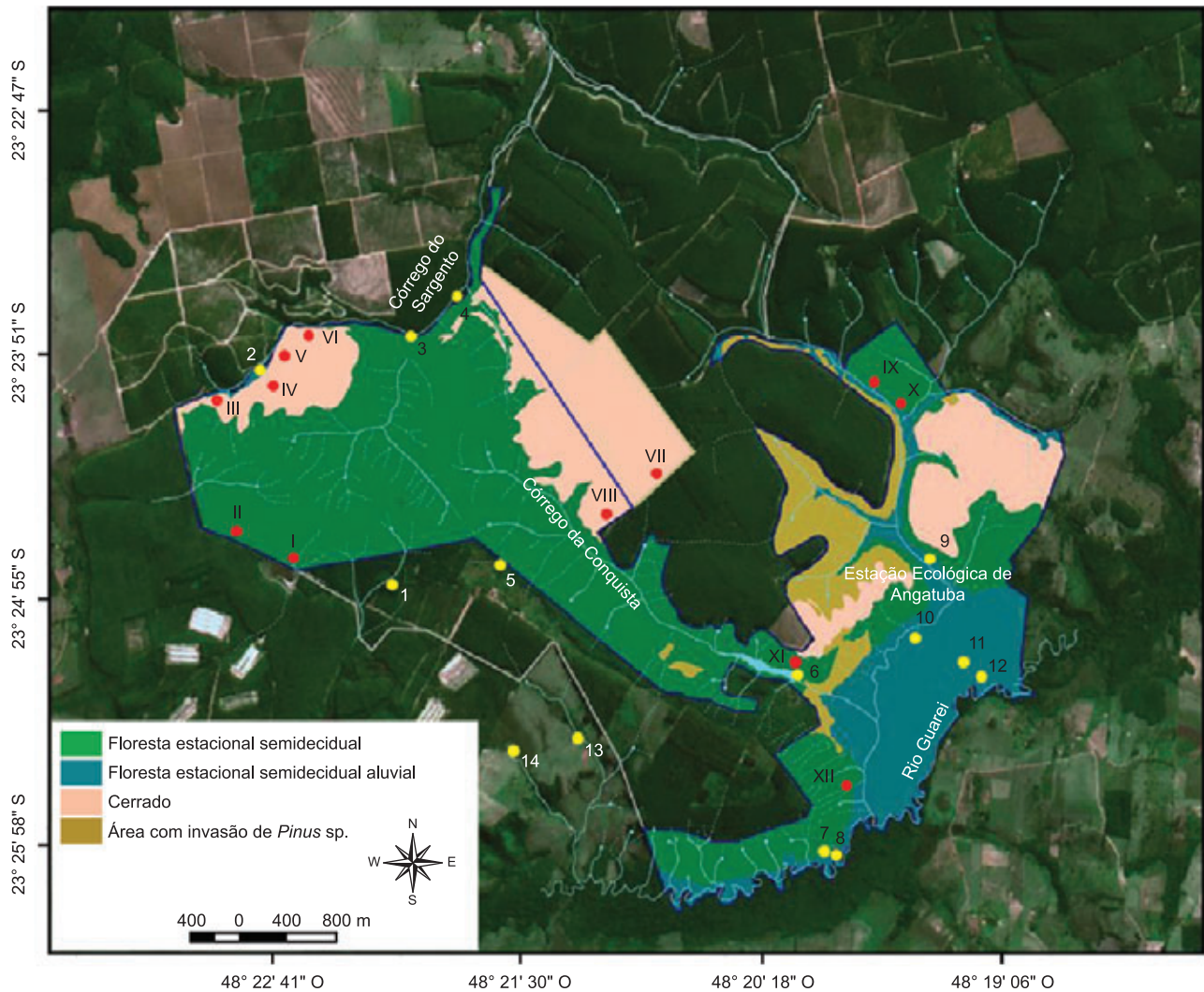
O inventário das espécies foi executado em dois períodos. A primeira fase foi de caráter exploratório, sendo realizada em duas etapas de campo que totalizaram oito dias de amostragem (março e novembro/2007). Já na segunda fase a amostragem foi efetuada em seis etapas de campo mensais, em um total de 30 dias de amostragem (outubro/2008 a março/2009).

Na primeira e segunda fase do levantamento de espécies foram utilizados os métodos de procura auditiva, procura visual e encontro ocasional (Crump & Scott Junior 1994, Scott Junior & Woodward 1994). A procura auditiva e visual consistiu em censos efetuados no período noturno, sendo examinados os microhabitats acessíveis (e.g. bromélias, folhio, tronco de árvores) e os sítios reprodutivos utilizados pelos anuros (e.g. brejos, córregos, lagoas, várzeas). A duração da amostragem variou entre três e seis horas por noite, resultando em um esforço total de aproximadamente 100 horas de procura. Foram amostrados 14 ambientes aquáticos utilizados pelos anuros durante a reprodução (Figura 2, Apêndice 1). O método de encontro ocasional consistiu no registro de espécimes encontrados vivos ou mortos, quando não estava sendo executado nenhum

tipo de procura. A utilização dos métodos de procura ativa visou apenas o registro das espécies, não sendo estimada a abundância dos indivíduos.

Adicionalmente, na segunda fase do inventário foram realizadas amostragens por meio de armadilhas de interceptação e queda (*pitfall traps*) interligadas por cercas-guia (*drift-fences*) (Corn 1994). Foram instaladas em diferentes fitofisionomias (cerrado denso, cerradão e floresta estacional semidecidual) 12 linhas compostas por quatro baldes plásticos de 60 litros, totalizando 48 armadilhas, com uma distância mínima de 500 m entre as 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 (terceira ou última semana do mês), em um total de 30 dias de amostragem (esforço amostral = 1.440 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).





**Figura 2.** Cobertura vegetal da Estação Ecológica de Angatuba, SP e locais de amostragem (pontos em vermelho = linhas de armadilhas de interceptação e queda; pontos em amarelo = ambientes aquáticos). Fonte: modificado de Monteiro et al. (2009).

**Figure 2.** Vegetation of the Estação Ecológica de Angatuba, São Paulo state, Brazil and sampled areas (red dots = pitfall trap lines; yellow dots = aquatic sites). Source: modified from Monteiro et al. (2009).

Todos os espécimes capturados foram identificados, sendo coletados (máximo de 10 indivíduos por espécie) ou marcados pela amputação da extremidade de um dos artelhos e liberados próximos ao local de captura. Nas amostragens subsequentes, os indivíduos recapturados não foram considerados. Os espécimes testemunho (licenças de coleta IBAMA/RAN 10423-1 e 13706-2) foram depositados na Coleção Herpetológica do Museu de Zoologia, Universidade Estadual de Campinas (ZUEC) (Apêndice 2).

A eficiência da amostragem foi avaliada por meio de curvas de acumulação de espécies (Gotelli & Colwell 2001) construídas a partir dos dados de incidência dos anuros registrados durante o período de inventário (uma amostra = um dia). 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). As curvas foram geradas pelo programa EstimateS com 10.000 aleatorizações (Colwell 2009).

Para verificar se existiam registros de anuros para os municípios de Angatuba e Guareí antes da realização deste estudo, foram analisados

os registros de tomo presentes nas principais coleções biológicas do estado de São Paulo: Coleção de Anfíbios do Departamento de Zoologia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, *campus* de Rio Claro (CFBH), Coleção de Anfíbios da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, *campus* de 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).

Apesar da existência de um sistema de classificação mais abrangente para os anuros (Pyron & 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... 2012), 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 Angatuba 31 espécies de anuros distribuídas em oito famílias: Bufonidae (2 espécies), Centrolenidae (1 espécie), Craugastoridae (1 espécie), Cycloramphidae (1 espécie), Hylidae (16 espécies), Leiuperidae (3 espécies), Leptodactylidae (5 espécies) e Microhylidae (2 espécies) (Figura 3, Tabela 1). Parte destas (29%) pode ser considerada como generalista no uso do hábitat, 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). No entanto, uma

parcela das espécies amostradas (16%) apresenta uma distribuição geográfica restrita a remanescentes de Mata Atlântica presentes em alguns estados do sul e sudeste do Brasil como *Hypsiboas prasinus*, *Physalaemus olfersii*, *Rhinella ornata*, *Scinax rizibilis* e *Sphaenorhynchus caramaschii* (Haddad et al. 2008b, Frost 2013) e outras estão fortemente associadas aos limites do Cerrado (10%), apresentando uma grande dependência das formações vegetais abertas presentes neste domínio como *Chiasmocleis albopunctata*, *Dendropsophus jimi* e *Eupemphix nattereri* (Toledo et al. 2007, Valdujo 2011).

Espécies como *Dendropsophus anceps*, *Haddadus binotatus*, *Hypsiboas prasinus*, *Physalaemus olfersii*, *Scinax rizibilis* e *Sphaenorhynchus caramaschii*, encontradas comumente associadas à floresta ombrófila (Haddad et al. 2008b, Araujo et al. 2010, Forlani et al. 2010, Rossa-Feres et al. 2011), apresentam uma ocorrência ocasional

**Tabela 1.** Anuros da Estação Ecológica de Angatuba, SP. Fitofisionomias: AA = área alterada; CD = cerrado denso; CE = cerradão; FES = floresta estacional semidecidual; FESA = floresta estacional semidecidual aluvial. 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 Angatuba, São Paulo state, Brazil. Phytophysionomies: AA = disturbed area; CD = cerrado denso; CE = cerradão; FES = seasonal semideciduous forest; FESA = seasonal semideciduous alluvial forest. Methods of sampling: AIQ = pitfall traps; PA = auditory encounters; PV = visual encounters. Sites of capture: pitfall trap lines and aquatic sites.

Família/espécie	Fitofisionomia	Método	Linha de armadilha/ ambiente aquático
<b>Bufonidae</b>			
<i>Rhinella ornata</i> (Spix 1824)	CD; CE; FES; FESA	AIQ; PA/PV	III; VI; VII; VIII; IX; X; XI; XII; 9; 11; 12
<i>Rhinella schneideri</i> (Werner 1894)	AA; FES	PA/PV	5
<b>Centrolenidae</b>			
<i>Vitreorana uranoscopa</i> (Müller 1924)	FES	PA/PV	2; 3
<b>Craugastoridae</b>			
<i>Haddadus binotatus</i> (Spix 1824)	CE; FES; FESA	AIQ	II; VII; X; XI; XII
<b>Cycloramphidae</b>			
<i>Odontophrynus americanus</i> (Duméril & Bibron 1841)	CE; FES; FESA	AIQ; PA/PV	III; 7
<b>Hylidae</b>			
<i>Aplastodiscus perviridis</i> A. Lutz in B. Lutz 1950	AA; CD; FES	PA/PV	1; 2; 3; 6; 13; 14
<i>Dendropsophus anceps</i> (A. Lutz 1929)	FESA	PA/PV	8; 12
<i>Dendropsophus jimi</i> (Napoli & Caramaschi 1999)	AA	PA/PV	13; 14
<i>Dendropsophus minutus</i> (Peters 1872)	AA; FES; FESA	PA/PV	1; 5; 6; 8; 12; 13; 14
<i>Dendropsophus nanus</i> (Boulenger 1889)	AA; FES; FESA	PA/PV	1; 6; 7; 8; 12; 13
<i>Dendropsophus sanborni</i> (Schmidt 1944)	AA; FES	PA/PV	9; 13; 14
<i>Hypsiboas albopunctatus</i> (Spix 1824)	AA; FES; FESA	PA/PV	1; 5; 6; 7; 8; 9; 13; 14
<i>Hypsiboas faber</i> (Wied-Neuwied 1821)	AA; FES; FESA	PA/PV	1; 6; 7; 12; 13; 14
<i>Hypsiboas prasinus</i> (Burmeister 1856)	AA; FES; FESA	PA/PV	1; 4; 5; 8; 10; 11; 12; 13
<i>Itapotihyla langsdorffii</i> (Duméril & Bibron 1841)	FESA	PA/PV	8; 11
<i>Phyllomedusa tetraploidea</i> Pombal & Haddad 1992	AA; FES; FESA	AIQ; PA/PV	I; 5; 7; 8; 9; 10; 13
<i>Scinax fuscomarginatus</i> (A. Lutz 1925)	AA	PA/PV	1; 6; 13; 14
<i>Scinax fuscovarius</i> (A. Lutz 1925)	AA	PA/PV	1
<i>Scinax rizibilis</i> (Bokermann 1964)	FESA	PA/PV	7
<i>Scinax squalirostris</i> (A. Lutz 1925)	AA	PA/PV	13; 14
<i>Sphaenorhynchus caramaschii</i> Toledo et al. 2007	AA; FESA	PA/PV	8; 12; 14
<b>Leiuperidae</b>			
<i>Eupemphix nattereri</i> Steindachner 1863	AA; CE; FES;	AIQ; PA/PV	6; II; III; X; XII
<i>Physalaemus cuvieri</i> Fitzinger 1826	CD; CE; FES; FESA	AIQ; PA/PV	I; IV; VIII; X; XI; XII; 1; 5; 6; 8; 12; 13; 14
<i>Physalaemus olfersii</i> Lichtenstein & Martens 1856	FES; FESA	AIQ; PA/PV	IX; 13
<b>Leptodactylidae</b>			
<i>Leptodactylus fuscus</i> (Schneider 1799)	AA; FESA	PA/PV	6; 8; 12; 13; 14
<i>Leptodactylus latrans</i> (Steffen 1815)	AA	PA/PV	14
<i>Leptodactylus mystacinus</i> (Burmeister 1861)	AA; FES; FESA	AIQ; PA/PV	II; X; XII; 6; 12; 13; 14
<i>Leptodactylus podicipinus</i> (Cope 1862)	FES	AIQ	XI
<i>Leptodactylus</i> sp. (gr. <i>marmoratus</i> )	FES; FESA	AIQ; PA/PV	XI; XII; 10
<b>Microhylidae</b>			
<i>Chiasmocleis albopunctata</i> (Boettger 1885)	FES	AIQ	I; II
<i>Elachistocleis cesarii</i> (Miranda-Ribeiro 1920)	AA	PA/PV	13; 14





**Figura 3.** Espécies de anuros amostradas na Estação Ecológica de Angatuba, SP. a = *Rhinella ornata*; b = *Rhinella schneideri*; c = *Vitreorana uranoscopa*; d = *Haddadus binotatus*; e = *Odontophrynus americanus*; f = *Aplastodiscus perviridis*; g = *Dendropsophus anceps*; h = *Dendropsophus jimi*; i = *Dendropsophus minutus*; j = *Dendropsophus nanus*; k = *Dendropsophus sanborni*; l = *Hypsiboas albopunctatus*; m = *Hypsiboas faber*; n = *Hypsiboas prasinus*; o = *Itapotihyla langsdorffii*; p = *Phyllomedusa tetraploidea*; q = *Scinax fuscovarius*; r = *Scinax rizibilis*; s = *Scinax squalirostris*; t = *Sphaenorhynchus caramaschii*; u = *Eupemphix nattereri*; v = *Physalaemus cuvieri*; w = *Physalaemus olfersii*; x = *Leptodactylus fuscus*; y = *Leptodactylus mystacinus*; z = *Leptodactylus* sp. (gr. *marmoratus*); a1 = *Chiasmocleis albopunctata*; b1 = *Elachistocleis cesarii*. Todos os indivíduos são da localidade estudada (fotos: Cybele O. Araujo).

**Figure 3.** Anuran species sampled at the Estação Ecológica de Angatuba, São Paulo state, Brazil. a = *Rhinella ornata*; b = *Rhinella schneideri*; c = *Vitreorana uranoscopa*; d = *Haddadus binotatus*; e = *Odontophrynus americanus*; f = *Aplastodiscus perviridis*; g = *Dendropsophus anceps*; h = *Dendropsophus jimi*; i = *Dendropsophus minutus*; j = *Dendropsophus nanus*; k = *Dendropsophus sanborni*; l = *Hypsiboas albopunctatus*; m = *Hypsiboas faber*; n = *Hypsiboas prasinus*; o = *Itapotihyla langsdorffii*; p = *Phyllomedusa tetraploidea*; q = *Scinax fuscovarius*; r = *Scinax rizibilis*; s = *Scinax squalirostris*; t = *Sphaenorhynchus caramaschii*; u = *Eupemphix nattereri*; v = *Physalaemus cuvieri*; w = *Physalaemus olfersii*; x = *Leptodactylus fuscus*; y = *Leptodactylus mystacinus*; z = *Leptodactylus* sp. (gr. *marmoratus*); a1 = *Chiasmocleis albopunctata*; b1 = *Elachistocleis cesarii*. All individuals were found at the study site (photos: Cybele O. Araujo).

na floresta estacional semidecidual. A presença destes anuros na Estação Ecológica de Angatuba pode ser reflexo da transição existente entre estas duas fitofisionomias no Alto Paranapanema, sobretudo na porção sul e sudeste desta bacia hidrográfica (Kronka et al. 2005). Das espécies registradas nesta localidade, 15 espécies representam novos registros para os municípios de Angatuba e Guareí: *Dendropsophus anceps*, *D. minutus*, *D. nanus*, *D. sanborni*, *Hypsiboas faber*, *H. prasinus*, *Itapotihyla langsdorffii*, *Leptodactylus podicipinus*, *L. sp.* (gr. *marmoratus*), *Rhinella schneideri*, *Scinax fuscomarginatus*, *S. rizibilis*, *S. squalirostris*, *Sphaenorhynchus caramaschii* e *Vitreorana uranoscopa*. A captura de *Scinax squalirostris* no município de Angatuba representou o primeiro registro da espécie para a bacia hidrográfica do Alto Paranapanema e existe a possibilidade de *Leptodactylus sp.* (gr. *marmoratus*) representar uma espécie ainda não descrita (B. V. M. Berneck; A. Fouquet, comunicação pessoal). Apesar de nenhuma das espécies estudadas estar inserida nas listas de anfíbios ameaçados de extinção (International... 2012, Machado et al. 2008, Garcia et al. 2009), possivelmente, as populações de anuros que ocorrem associadas as formações de Cerrado representam o limite de distribuição mais austral das espécies neste domínio fitogeográfico (Diniz-Filho et al. 2008, Valdujo 2011) e apenas a conservação e conexão destes remanescentes de vegetação podem assegurar a manutenção da diversidade genética destas espécies.

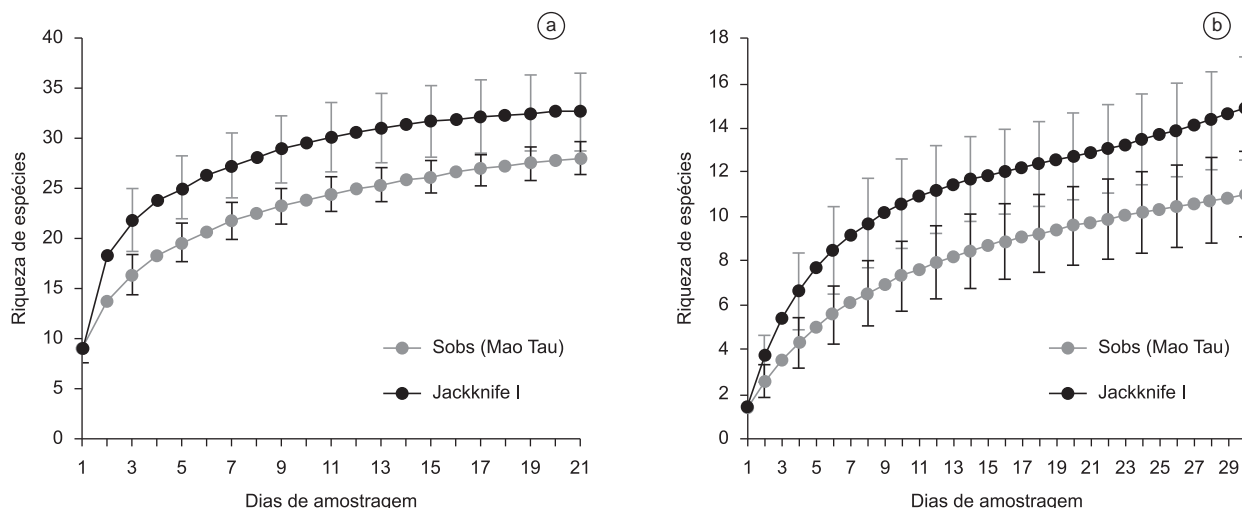
As espécies *Chiasmocleis albopunctata*, *Dendropsophus anceps*, *Itapotihyla langsdorffii*, *Leptodactylus podicipinus*, *L. sp.* (gr. *marmoratus*), *Physalaemus olfersii*, *Scinax rizibilis* e *Vitreorana uranoscopa* foram registradas apenas em áreas com cobertura vegetal de floresta estacional semidecidual, sendo que *Chiasmocleis albopunctata* e *Leptodactylus podicipinus* não foram observadas em atividade de vocalização como os demais anuros citados (Tabela 1). Nenhuma das espécies foi encontrada exclusivamente nas fitofisionomias de Cerrado (cerrado denso e cerradão). Algumas das espécies amostradas neste estudo e associadas a ambientes aquáticos em formações abertas de Cerrado durante o período reprodutivo foram verificadas somente em áreas alteradas no entorno dessa estação ecológica como *Dendropsophus jimi*, *Elachistocleis cesarii*, *Leptodactylus latrans*, *Scinax fuscomarginatus*, *S. fuscovarius* e *S. squalirostris* (Tabela 1). Já os anuros *Aplastodiscus perviridis*,

*Eupemphix nattereri*, *Haddadus binotatus*, *Odontophrynus americanus*, *Physalaemus cuvieri* e *Rhinella ornata* foram registradas tanto nas formações de Cerrado como na floresta estacional (Tabela 1), sendo que apenas *Haddadus binotatus* não foi avistada vocalizando. Poucas espécies (21%) foram observadas em atividade de vocalização restrita aos corpos d'água lóticos (e.g. rios, córregos) como *Odontophrynus americanus*, *Physalaemus olfersii*, *Rhinella schneideri*, *Scinax rizibilis* e *Vitreorana uranoscopa*, sendo a maior parte (39%) encontrada vocalizando em corpos d'água lênticos (e.g. lagoas, brejos, várzeas) ou em ambos os tipos de ambiente aquático (39%) (Tabela 1, Apêndice 1). Padrão semelhante no uso do hábitat foi verificado em outras localidades no estado que apresentam ecótono entre formações de Cerrado e floresta estacional semidecidual (Vasconcelos & Rossa-Feres 2005, Araujo et al. 2009, Araujo & Almeida-Santos 2011, Maffei et al. 2011a).

A composição de anuros observada é resultado da posição geográfica da localidade estudada, apresentando espécies associadas ao Cerrado e as fitofisionomias de Mata Atlântica, como a floresta estacional e floresta ombrófila. Estudos apontaram uma grande similaridade faunística entre as taxocenoses de anuros que ocorrem em áreas de Cerrado e floresta estacional semidecidual no estado de São Paulo (Araujo et al. 2009, Santos et al. 2009). 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 formações (Leitão-Filho 1987, Durigan et al. 2004). Já a presença de algumas espécies típicas de floresta ombrófila nesta localidade é reflexo da existência de uma transição entre esta fitofisionomia e a floresta estacional no Alto Paranapanema.

## 2. Riqueza e abundância das espécies

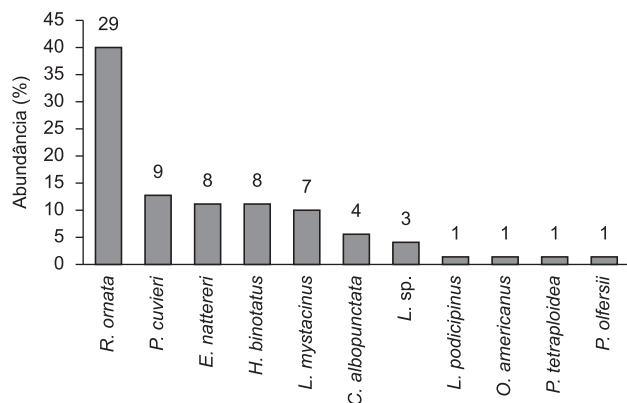
As curvas de acumulação de espécies para 21 dias de amostragem por procura auditiva e visual e 30 dias por armadilhas de interceptação e queda, apesar de não atingirem uma assíntota, apresentaram tendência à estabilização (Figura 4), indicando que, possivelmente, a maior parte das espécies foi registrada durante o estudo. O estimador de riqueza Jackknife I não indicou diferenças entre as riquezas de anuros estimadas e observadas obtidas pelos diferentes



**Figura 4.** Curvas de acumulação de espécies representando a riqueza observada (linha preta) e estimada pelo estimador Jackknife I (linha cinza) para 21 dias de amostragem por procura auditiva e visual (a) e 30 dias por armadilhas de interceptação e queda (b) na Estação Ecológica de Angatuba, SP. As barras verticais correspondem aos desvios padrão da riqueza de espécies observada e estimada.

**Figure 4.** Species accumulation curves representing the species richness observed (black line) and estimated by Jackknife I estimator (gray line) for 21 sampling days using acoustic and visual searches (a) and 30 days using pitfall traps (b) at the Estação Ecológica de Angatuba, 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 meio de armadilhas de interceptação e queda na Estação Ecológica de Angatuba, SP. Os valores sobre as barras representam o número de indivíduos registrados para cada espécie (número total de indivíduos = 72).

**Figure 5.** Relative abundance of anuran species sampled by pitfall traps at the Estação Ecológica de Angatuba, São Paulo state, Brazil. The values on the bars represent the number of individuals recorded for each species (total number of individuals = 72).

métodos de amostragem. Grande parte dos espécimes registrados (28 espécies, 90%) foi amostrada por meio da procura auditiva e visual nos ambientes aquáticos utilizados pelos anuros durante o período reprodutivo, sendo a maioria composta por representantes da família Hylidae (16 espécies, 57%) (Tabela 1). Nas armadilhas de interceptação e queda foram capturadas apenas 11 espécies (35%) (Figura 5, Tabela 1), no entanto este método permitiu a captura de *Chiasmocleis albopunctata*, *Haddadus binotatus* e *Leptodactylus podicipinus* que não foram detectadas pela busca ativa. 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 sim a riqueza estimada neste inventário pode fornecer uma base para comparações com outros levantamentos realizados em localidades de Cerrado e floresta estacional semidecidual que utilizaram este mesmo 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).

Inventários de anuros realizados em unidades de conservação de Cerrado (Estação Ecológica de Santa Bárbara; Araujo 2012) e floresta estacional semidecidual (Estação Ecológica de Bauru; dados não publicados) obtiveram a mesma riqueza de espécies em armadilhas de interceptação e queda (baldes de 60 litros) com esforços amostrais similares ao empregado neste estudo (1.440 e 1.320 armadilhas/dia, respectivamente). As armadilhas de interceptação e queda são mais apropriadas para o registro de espécies de hábitos terrestres como anuros das famílias Bufonidae, Craugastoridae, 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, quatro espécies não foram capturadas por este método (*Elachistocleis cesarii*, *Leptodactylus fuscus*, *L. latrans* e *Rhinella schneideri*) (Tabela 1). Foram coletados nas armadilhas apenas 72 indivíduos, sendo *Rhinella ornata* a espécie mais abundante (29 indivíduos; 40,3%) e observada em todas fitofisionomias analisadas (cerrado denso, cerradão, floresta estacional semidecidual e floresta estacional semidecidual aluvial) (Figura 5).

Estudo comparando a efetividade dos métodos de procura auditiva e visual e de armadilhas de interceptação e queda na amostragem de

anuros em área de floresta estacional semidecidual (Parque Estadual do Morro do Diabo; Vasconcelos et al. 2010) obteve resultados semelhantes aos encontrados no presente estudo, demonstrando uma baixa eficiência das armadilhas de interceptação e queda na captura dos espécimes. Apesar da menor eficiência da amostragem passiva, é importante considerar 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 (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 por que, 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).

A riqueza de espécies observada na Estação Ecológica de Angatuba (31 espécies) mostrou-se superior às registradas em outras unidades de conservação do estado que também apresentam ecótono entre Cerrado e floresta estacional semidecidual como a Estações Ecológicas de Jataí (27 espécies; D. T. Corrêa, comunicação pessoal) e o Parque Estadual das Furnas do Bom Jesus (24 espécies; Araujo et al. 2009). Esta superioridade se deve a presença de algumas espécies típicas da floresta ombrófila na taxocenose estudada, o que não ocorre nas outras localidades citadas. Já o número de indivíduos capturados pode ser considerado baixo em relação aos obtidos em inventários efetuados em outras localidades do estado com estas formações vegetais e esforços amostrais equivalentes como nas estações ecológicas de Assis (141 indivíduos; Araujo & Almeida-Santos 2011), Bauru (483 indivíduos; C. O. Araujo, dados não publicados) e Santa Bárbara (331 indivíduos; Araujo 2012). Esta baixa abundância pode estar relacionada ao fato de apenas uma das seis campanhas de campo (mês de janeiro) ter ocorrido em dias chuvosos. Sabe-se que em regiões tropicais, com a sazonalidade bem marcada, a ocorrência e a reprodução de grande parte dos anuros estão associadas às estações do ano que apresentam maior pluviosidade (primavera e verão), sendo o encontro dos indivíduos favorecido pela ocorrência de chuva (Haddad et al. 2008b, Uetanabaro et al. 2008, Silveira et al. 2010).

## Agradecimentos

Somos gratas à responsável técnica (Bárbara H. S. Prado) pelo apoio logístico e aos funcionários da Estação Ecológica de Angatuba (Benedito C. Oliveira, João J. Marques, João B. A. Santos e Valmir Machado) pela grande ajuda durante os trabalhos de campo; à Thais H. Condez e Décio T. Corrêa Filho pelo auxílio nas etapas iniciais deste estudo; ao Célio F. B. Haddad pela contribuição na identificação dos espécimes e ao Instituto Florestal pelo suporte 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.
- 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. 2012. Composição, riqueza e abundância de anfíbios e répteis no Alto e Médio Paranapanema, estado de São Paulo. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.

- ARAÚJO, 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+bn01109022009> (último acesso em 13/02/2010).
- ARAÚJO, 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).
- 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/S0101-8175200000300017>
- 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 and London, p.109-117.
- 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 and London, p.84-92.
- 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., BLAMIREs, 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.
- 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., FRANCO, G.A.D.C., SAITO, M. & BAITELLO, 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.
- 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.
- EITEN, G. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. *Bot. Rev.* 38:201-341. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02859158>
- 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>.
- FRANCO, G.A.D.C., SOUZA, F.M., ESTEVES, R., DURIGAN, G., PASTORE, J.A., BAITELLO, J.B., TONIATO, M.T.Z., KANASHIRO, M.M., IVANAUASKAS, N.M. & AGUIAR, O.T. 2009. Vegetação. In *Plano de manejo da Estação Ecológica de Angatuba* (C.H.B. Monteiro, B.H.S. Prado & A.C. Dias, orgs.). Instituto Florestal/SEMA, São Paulo, p.107-117.
- FROST, D.R. 2013. Amphibian species of the world: an online reference. Version 5.6. Electronic Database. American Museum of Natural History, New York, USA. <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. & 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. 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. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2656.2006.01048.x>
- INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE - IUCN. 2012. The IUCN red list of threatened species. Version 2012.2. <http://www.iucnredlist.org> (último acesso em: 26/02/2013).
- 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. *Nat. Hist.* 45(39-40):2443-2461. <http://dx.doi.org/10.1080/00222933.2011.596951>
- 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.
- LEITÃO-FILHO, H.F. 1982. Aspectos taxonômicos das florestas do estado de São Paulo. *Silvicultura em São Paulo.* 16A(1):197-206.
- LEITÃO-FILHO, H.F. 1987. Considerações sobre a florística de florestas tropicais e sub-tropicais do Brasil. *I. P. E. F.* 35:41-46.
- 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. Canal6, 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>.
- MAGURRAN, A.E. 2004. *Measuring biological diversity.* Blackwell Publishing Company, Oxford.
- MELO, A.S. & FROELICH, 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.
- MONTEIRO, C.H.B., PRADO, B.H.S. & DIAS, A.C. 2009. Plano de manejo da Estação Ecológica de Angatuba. Instituto Florestal/SEMA, São Paulo.



- MORELLATO, L.P.C. & HADDAD, C.F.B. 2000. Introduction: the Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica* 32(4b):786-792.
- 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.tb00618.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, eds.). 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).
- 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, eds.). 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 22/12/2010).
- 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>
- 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. Mc Diarmid, L.C. Hayek & M.S Foster, eds.). Smithsonian Institution Press, Washington and London, p.118-125.
- 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.sberpetologia.org.br> (último acesso em 12/09/2012).
- 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\[0225:BPACTI\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0225:BPACTI]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.
- 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. & ROSSA-FERES, D.C. 2005. Diversidade, distribuição espacial e temporal de anfíbios anuros (Amphibia, Anura) na região noroeste do estado de São Paulo. *Biota Neotrop.* 5(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v5n2/pt/abstract?article+BN01705022005> (último acesso em 15/07/2012).
- VASCONCELOS, T.S., SANTOS, T.G., ROSSA-FERES, D.C. & HADDAD, C.F.B. 2010. Similarity of ground-dwelling anuran (Amphibia) composition among different vegetation physiognomies in a Mesophytic Semideciduous Forest from southeastern Brazil. *North-West. J. Zool.* 6(2):275-285.
- 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>
- 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 23/07/2012

Versão reformulada recebida em 10/01/2013

Publicado em 01/03/2013

## Apêndice

**Apêndice 1.** Linhas de armadilhas de interceptação e queda e ambientes aquáticos amostrados na Estação Ecológica de Angatuba, SP. Fitofisionomias: AA = área alterada; CD = cerrado denso; CE = cerradão; FES = floresta estacional semidecidual; FESA = floresta estacional semidecidual aluvial.

**Appendix 1.** Pitfall trap lines and aquatic sites sampled at the Estação Ecológica de Angatuba, São Paulo state, Brazil. Phytophysionomies: AA = disturbed area; CD = cerrado denso; CE = cerradão; FES = seasonal semideciduous forest; FESA = seasonal semideciduous alluvial forest.

Linha de armadilha/ambiente aquático	Fitofisionomia	Coordenada geográfica (SAD 69)
I	FES	23° 24' 48" S/48° 22' 31" O
II	FES	23° 24' 40" S/48° 22' 52" O
III	CE	23° 24' 04" S/48° 22' 57" O
IV	CD	23° 23' 59" S/48° 22' 38" O
V	CD	23° 23' 49" S/48° 22' 25" O
VI	CD	23° 23' 48" S/48° 22' 07" O
VII	CE	23° 24' 22" S/48° 20' 45" O
VIII	CE	23° 24' 33" S/48° 20' 58" O
IX	FES	23° 23' 52" S/48° 19' 49" O
X	FES	23° 24' 01" S/48° 19' 32" O
XI	FES	23° 25' 14" S/48° 20' 08" O
XII	FES/FESA	23° 25' 41" S/48° 19' 49" O
1 - Lagoa do talhão de <i>Pinus</i> sp.	AA/FES	23° 24' 54" S/48° 22' 05" O
2 - Cachoeira do Sargento	FES	23° 23' 53" S/48° 22' 37" O
3 - Córrego do Sargento	FES	23° 23' 46" S/48° 22' 00" O
4 - Cachoeira das Antas	FES	23° 23' 35" S/48° 21' 47" O
5 - Afluente do córrego da Conquista	FES	23° 24' 48" S/48° 21' 32" O
6 - Represa	AA/FES	23° 25' 19" S/48° 20' 06" O
7 - Rio Guareí	FES/FESA	23° 26' 04" S/48° 19' 56" O
8 - Lagoa do rio Guareí	FESA	23° 26' 04" S/48° 19' 54" O
9 - Córrego Água Bonita	FES/FESA	23° 24' 41" S/48° 19' 30" O
10 - Córrego Água Bonita	FESA	23° 25' 11" S/48° 19' 29" O
11 - Afluente do córrego Água Bonita	FESA	23° 25' 13" S/48° 19' 16" O
12 - Várzea do rio Guareí	FESA	23° 25' 16" S/48° 19' 11" O
13 - Brejo e mata ciliar no entorno	AA/FES	23° 25' 33" S/48° 21' 09" O
14 - Brejo em pastagem	AA	23° 25' 40" S/48° 21' 26" O

**Apêndice 2.** Anuros coletados na Estação Ecológica de Angatuba, SP e depositados na Coleção Herpetológica do Museu de Zoologia, Universidade Estadual de Campinas (ZUEC).

**Appendix 2.** Anuran species collected at the Estação Ecológica de Angatuba, São Paulo state, Brazil and deposited in the Coleção Herpetológica do Museu de Zoologia, Universidade Estadual de Campinas (ZUEC).

*Aplastodiscus perviridis* (18812-18814); *Chiasmocleis albopunctata* (18815-18816); *Dendropsophus anceps* (18817-18822); *Dendropsophus jimi* (18823-18824); *Dendropsophus minutus* (18825-18826); *Dendropsophus nanus* (18827-18831); *Dendropsophus sanborni* (18832-18834, 18895); *Elachistocleis cesarii* (18835); *Eupemphix nattereri* (18836-18840); *Haddadus binotatus* (18841-18843); *Hypsiboas albopunctatus* (18844); *Hypsiboas faber* (18845-18846); *Hypsiboas prasinus* (18847-18850); *Itapotihyla langsdorffii* (18851-18855); *Leptodactylus fuscus* (18856-18857); *Leptodactylus latrans* (18858); *Leptodactylus mystacinus* (18859-18862); *Leptodactylus podicipinus* (18863); *Leptodactylus* sp. (gr. *marmoratus*) (18864-18865); *Odontophrynus americanus* (18866); *Phyllomedusa tetraploidea* (18867-18869); *Physalaemus cuvieri* (18870-18875); *Physalaemus olfersii* (18876-18877); *Rhinella ornata* (18878-18882); *Rhinella schneideri* (20369); *Scinax fuscomarginatus* (18883-18887); *Scinax fuscovarius* (18888-18889); *Scinax rizibilis* (19201-19202); *Scinax squalirostris* (18890); *Sphaenorhynchus caramaschii* (18891-18892, 19197-19200); *Vitreorana uranoscopa* (18893-18894).

## Intracolony variation in *Siderastrea* de Blainville, 1830 (Anthozoa, Scleractinia): taxonomy under challenging morphological constraints

Natália Matos de Menezes<sup>1,4</sup>, Elizabeth Gerardo Neves<sup>1</sup>, Francisco Barros<sup>2</sup>,

Ruy Kenji Papa de Kikuchi<sup>3</sup> & Rodrigo Johnsson<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Invertebrados Marinhos: Crustacea, Cnidaria e Fauna Associada – LABIMAR, Departamento de Zoologia, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia – UFBA, Rua Barão de Geremoabo, 147, Campus Ondina, CEP 40170-290, Salvador, BA, Brasil

<sup>2</sup>Laboratório de Ecologia Bentônica, Departamento de Zoologia, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia – UFBA, Rua Barão de Geremoabo, 147, Campus Ondina, CEP 40170-290, Salvador, BA, Brasil

<sup>3</sup>Grupo de Pesquisa em Recifes de Corais e Mudanças Globais, Departamento de Sedimentologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia – UFBA, Rua Barão de Geremoabo, s/n, Campus Ondina, CEP 40170-290, Salvador, BA, Brasil

<sup>4</sup>Corresponding author: Natalia Matos de Menezes, e-mail: menezes.natalia@gmail.com

MENEZES, N.M., NEVES, E.G., BARROS, F., KIKUCHI, R.K.P. & JOHNSSON, R. **Intracolony variation in *Siderastrea* de Blainville (Anthozoa, Scleractinia): taxonomy under challenging morphological constraints.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?article+bn02513012013>

**Abstract:** The morphology of sessile invertebrates, such as scleractinian corals, can be controlled by environmental and genetic mechanisms and, consequently, it is highly variable. Morphological variation has puzzled taxonomists by posing challenges to species classification within cryptic species complexes. The ‘Atlantic *Siderastrea* Complex’ is a suitable example. Because of overlapping diagnostic traits, the morphological interspecific limits of this group remain controversial and often resulted in doubtful synonyms. In addition, the recent identification of the Caribbean *S. radians* in the Southwestern Atlantic has revealed that intraspecific variation has been equivocally assessed. Traditionally, hierarchical categories of variation have been the criteria used to investigate the patterns of modular organisms as corals. However, despite its taxonomic and ecological implications, the category ‘intracolony’ has been largely neglected. To evaluate the influences of intracolony morphological variation in the identification of Atlantic siderastreids, colonies from Bahia State, northeastern Brazil, were collected and measured. Six characters were selected in *S. radians* and *S. stellata*, and the variation in these characters was analyzed with Discriminant Canonical Analysis. The columellar depth and diameter varied consistently within *S. stellata* and *S. radians*, but the septal number was the most important for differentiating the two species. The results of the study also represent the first report of *S. radians* on the northern coast of Bahia.

**Keywords:** systematics, *Siderastrea radians*, morphological variation, biogeographic expansion, South Atlantic.

MENEZES, N.M., NEVES, E.G., BARROS, F., KIKUCHI, R.K.P. & JOHNSSON, R. **Varição intracolony em *Siderastrea* de Blainville (Anthozoa, Scleractinia): taxonomia sob limites morfológicos desafiadores.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?article+bn02513012013>

**Resumo:** A morfologia de invertebrados sésseis, tais como corais escleractíneos, é controlada por mecanismos genéticos e ambientais e, por conseguinte, é muito variável. Entretanto, variação morfológica tem intrigado os taxonomistas principalmente por desafiar a identificação de complexos de espécies crípticas. O “Complexo *Siderastrea* do Atlântico” é um exemplo desta problemática. Por conta da sobreposição dos traços diagnósticos, os limites morfológicos interespecíficos deste grupo permanecem controversos e muitas vezes resultaram em sinonímias de interpretação duvidosa. Além disso, a recente identificação do *S. radians* para o Atlântico Sul revelou que a variação intra-específica tem sido avaliada equivocadamente. Tradicionalmente, categorias hierárquicas de variação são os critérios mais utilizados para investigar os padrões de organismos modulares como corais. No entanto, apesar de sua importância taxonômica e ecológica, a categoria “intracolony” tem sido amplamente negligenciada. No sentido de elucidar a influência de variação morfológica intracolony na identificação do gênero *Siderastrea*, colônias do Estado da Bahia, nordeste do Brasil, foram coletadas e medidas. Seis características foram selecionadas em *S. radians* e *S. stellata*, e a variação destas características foi analisada através da Análise Discriminante Canônica. A profundidade e diâmetro columelar variaram de forma consistente dentro de *S. stellata* e *S. radians*, mas o número de septos foi o mais importante para diferenciar as duas espécies. Por fim, o estudo também provê o primeiro relato de *S. radians* no litoral norte da Bahia.

**Palavras-chave:** sistemática, *Siderastrea radians*, variação morfológica, expansão biogeográfica, Atlântico Sul.

## Introduction

The morphology of sessile invertebrates, such as scleractinian corals, can be highly variable because it is controlled by both environmental and genetic mechanisms (Best & Winston 1984, Veron 1995, Lombardi et al. 2008). In the case of the zooxanthellate reef building corals, intraspecific variation may be regulated by the processes of adaptation to habitat heterogeneity, interpopulation genetic connectivity (or long-term isolation), and/or local selection (Gattuso et al. 1991). Because of this, some widely distributed coral genera are represented by 'species complexes' with demes consisting of miscellaneous variable morphs and undistinguishable cryptic forms that limits the traditional taxonomic methods of morphological analyses (*sensu* Weil & Knowlton 1994). Considering the modular characteristics in the development of scleractinian corals (Hageman 2003), taxonomists have suggested the analysis of intracolony, intrapopulation, and interpopulation levels of variation to support identifications (Best et al. 1983, Miller 1994, Veron 1995). Intracolony variability, in specific, apparently occurs on a 'microecological' scale (or in a microenvironment) and might reach extreme levels in cases where distinct parts of the same colony have corallites with the characteristics of different genera (Best et al. 1983, Veron 1995). However, despite the overall implications for population approaches, only a few studies have concisely considered the variation within coral colonies (Land et al. 1975, Foster 1985).

*Siderastrea* is a suitable example of controversial morphologic limits among species and doubtful synonyms. The genus is widespread in reef systems and coral communities from the Caribbean to tropical southwestern America, extending to western Africa (Verrill 1868, Buchanan 1954, Chevalier 1966, Laborel 1974, 1969/70, Leão 1986, Fenner 1993, Chiappone et al. 1996, Neves & Da Silveira 2003). It is also represented for massive colonies, known by its high capacity of resilience and frequency in shallow-water habitats (Laborel 1967, 1969/70, Zlatarski & Estalella 1982, Holst & Gúzman 1993, Maida & Ferreira 1997). The 'Atlantic *Siderastrea* Complex' comprises three species, *Siderastrea radians* and *Siderastrea siderea*, commonly known as Caribbean species, and *Siderastrea stellata*, endemic from Brazilian coast and distributed from Maranhão to Rio de Janeiro states (Laborel 1969/70, Leão 1986, Maida & Ferreira 1997, Castro & Pires 2001, Couto et al. 2003, Neves et al. 2006, Amaral et al. 2007). Consistent differences in the patterns of reproduction have successfully distinguished the broadcast spawner *S. siderea* from the brooders *S. radians* and *S. stellata* (Szmant 1986, Neves & Da Silveira 2003). Genetic structure, in turn, has been reported to differentiate *S. radians* form *S. stellata* (Neves et al. 2008). However, morphological differences between these species are still not well understood.

In Brazil, analyses based on numerical methods have been conducted for the first time by Amaral (1994) to assess morphological population variability in *Montastraea cavernosa*. Data from the genus *Siderastrea* was initially provided by Werner (1996) and Santos et al. (2004). The former study is biased by the endemism of the Brazilian coral fauna, whereas the latter is biased by the similarities among Atlantic siderastreids. According to Werner (1996), for instance, *S. stellata* should be regarded as a synonym of *S. radians*. However, through genetic and biological analyses, Neves & Da Silveira (2003), Neves (2004) and Neves et al. (2008) have refuted all synonymies, revealing the sympatric occurrence of *S. radians* and *S. stellata* populations in Brazil. Thus, the traditional view of the 'excess of morphological variation' for Southwestern Atlantic *Siderastrea* has possibly been attributed to the co-occurrence of both congeners and not exclusively *S. stellata*. In addition, none of the studies *op. cit.* considers the intracolony variation of each species. As emphasized by Foster (1980), who estimated high intracolony variation for

*S. siderea* in Caribbean reefs, within-colony variation may be used to predict the magnitude of within-population and within-species variation and should be considered in morphological studies.

In the present study, numerical methods are utilized to analyze corallite characters and evaluate the magnitude of variation within and among colonies of *S. stellata* and *S. radians* from Brazilian reef systems and coral communities. The results of the study are expected to provide further refinements in the delimitation of the Atlantic *Siderastrea* and contribute to the current knowledge of variability among scleractinians and the patterns that underlie the maintenance of the species boundaries.

## Materials and Methods

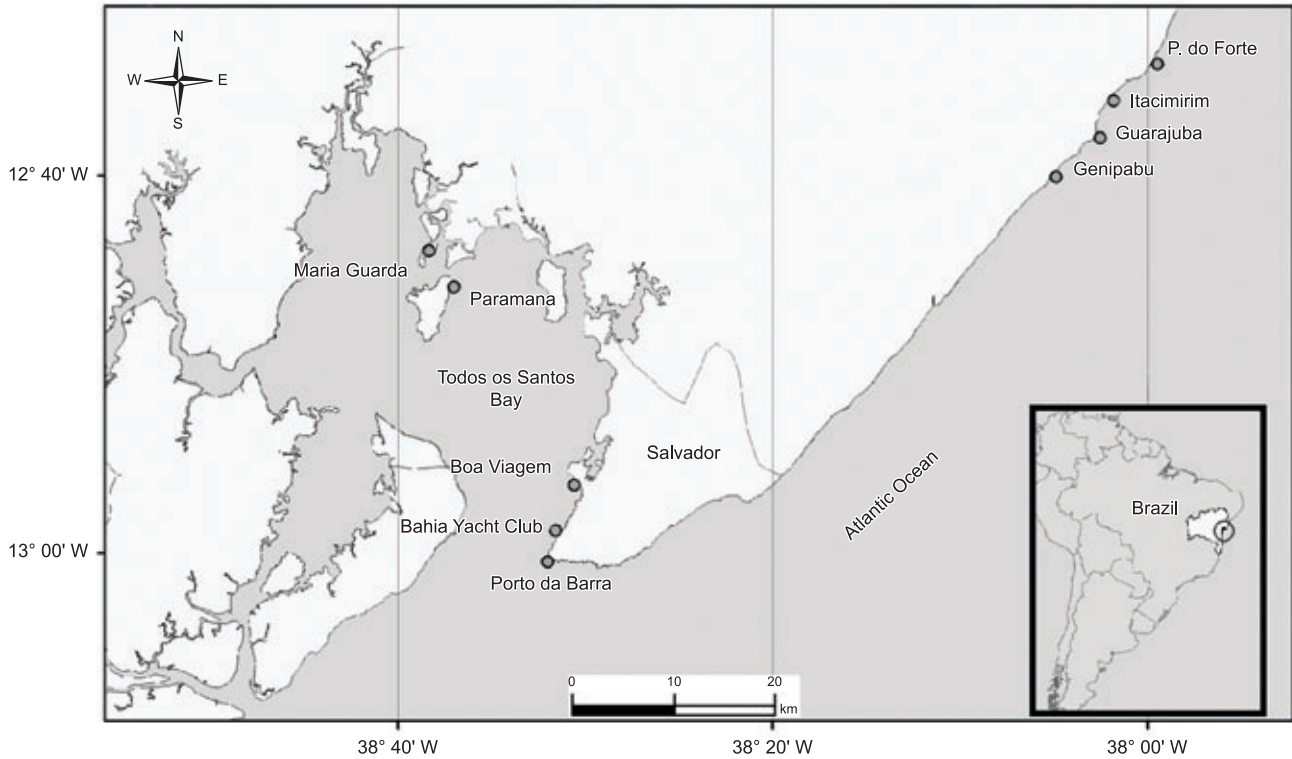
### 1. Study area

Sampling was performed in two distinct geographical areas of Bahia State (northeastern Brazil): the coastal bay 'Baía de Todos-os-Santos' (BTS) and the north shore (NS) (Figure 1). Situated between 12° and 13° latitude south of the Equator, with an area of approximately 1,200 km<sup>2</sup> and containing 91 islands, the BTS is the second-largest bay in Brazil (Cirano & Lessa 2007). Despite its ecological importance and poorly known biodiversity, the bay has been critically impacted by increasing eutrophication, chemical and solid pollution, land runoff, sedimentation, and overexploitation of the natural resources (Celino & Queiroz 2006, Amado-Filho et al. 2008, Felizzola et al. 2008). Along the north coast (NS) of Bahia State, discontinuous coral reefs extend for approximately 20 km in very shallow waters. Superficial coral-algal reefs less than 1 m high are found above a line of beach rock, whereas drowned reefs occur in deeper environments at depths of 20 to 70 m (Kikuchi 2000). These systems, like the BTS, have been extensively exploited and show evidence of degradation (Costa et al. 2000).

### 2. Sampling design

Over a succession of periods from 2006 through 2008, a total of nine localities were selected for study: five around the BTS and four along the NS (Figure 1). The total number of species in each locality (n), the coordinates (lat/long), and additional information on the samples collected are shown in Table 1. To avoid errors in taxonomy, no identification of *S. stellata* and *S. radians* was performed in the field. Therefore, a balanced number of samples (i.e., colonies) at each sampling site was difficult to achieve, especially in view of the sympatric distribution of the congeners. Colonies ranging from 3 to 10 cm in diameter were haphazardly collected at a minimum distance of 2 m. This protocol was adopted in view of the philopatric pattern typically found among brooding corals. As previously described, *S. stellata* and *S. radians* exhibit a gregarious pattern during larval recruitment, with newly-settled larvae regularly undergoing fusion (see Duerden 1902, Neves & Da Silveira 2003). Colonies with evidence of disease or physiological senescence (e.g., irregular pigmentation, blemishes, or whitening) were not collected. Samples were removed with a hammer and chisel from depths of 0 to 30 cm during low tide or by SCUBA diving in deeper tide pools (1 to 3 m). In the laboratory, the colonies were bleached overnight in a solution of 2% sodium hypochlorite for analyses of the skeletal structures. A preliminary taxonomic identification of *Siderastrea* was performed on the basis of the number and conspicuity of the septal cycles in accordance with Neves (2004). The specific status of 156 specimens/colonies was determined. Morphometric data were collected with a stereomicroscope (NIKON, model SMZ1000) supplied with a calibrated eyepiece and a digital camera (NIKON, model COOLPIX 995). Corallum diameters were measured with a





**Figure 1.** Map indicating study area and localities selected for sampling of *Siderastrea* colonies. Todos os Santos Bay (BTS)= Maria Guarda, Paramana, Boa Viagem, Bahia Yacht Club and Porto da Barra; North Shore (NS)= Genipabu, Guarajuba, Itacimirim and Praia do Forte.

**Table 1.** Detailed data on sampling locations within two major areas of Bahia State (northeastern Brazilian coast): Todos os Santos Bay (BTS) and the North Shore (NS). Lat/Long = georeferenced coordinates, cols(n) = number of colonies per locality (Ss = *S. stellata*, Sr = *S. radians*).

Section	Localities	Lat/Long	Cols(n)		Date
BTS	Maria Guarda Island	12° 43' S/38° 38' W	Ss(15)	Sr(3)	20 Aug 05 28 Apr 06
	Paramana beach	12° 45' S/38° 37' W	Ss(15)	Sr(12)	28 Apr 06
	Boa Viagem beach	12° 56' S/38° 30' W	Ss(20)	-	27 Apr 06
	Bahia Yacht Club	12° 59' S/38° 31' W	Ss(17)	-	27 Apr 06
	Porto da Barra beach	13° 00' S/38° 32' W	Ss(14)	-	24 Apr 06
NS	Genipabu-Abai reef	12° 40' S/38° 05' W	Ss(15)	-	20 Mar 07
	Guarajuba reef	12° 38' S/38° 03' W	Ss(12)	Sr(3)	23 Nov 06 19 Mar 07
	Itacimirim reef	12° 36' S/38° 02' W	Ss(13)	Sr(2)	12 Jan 08
	Praia do Forte reef	12° 34' S/37° 59' W	Ss(11)	Sr(4)	19 Nov 05 04 Nov 06 12 Jan 08

MITUTOYO digital pachymeter. Specimens were catalogued and deposited in the Cnidaria Collection at the ‘Museu de Zoologia da Universidade Federal da Bahia’ (acronym UFBA) as follows: BTS: Maria Guarda I. — UFBA 584, Paramana I. — UFBA 575, 576, 577, Boa Viagem — UFBA 578, 579, 594, 595, Iate Clube — UFBA 580, 581, 582, Porto da Barra — UFBA 583; NS: Genipabu-Abai — UFBA 518, 519, 521, 522, 524, 529-532, 541, Itacimirim — UFBA 587, 632; Guarajuba — UFBA 536, 539, 562, Praia do Forte — UFBA 508, 610, 612, 619, 632. Multiple colonies of the same population were deposited in separate lots.

**3. Measurements**

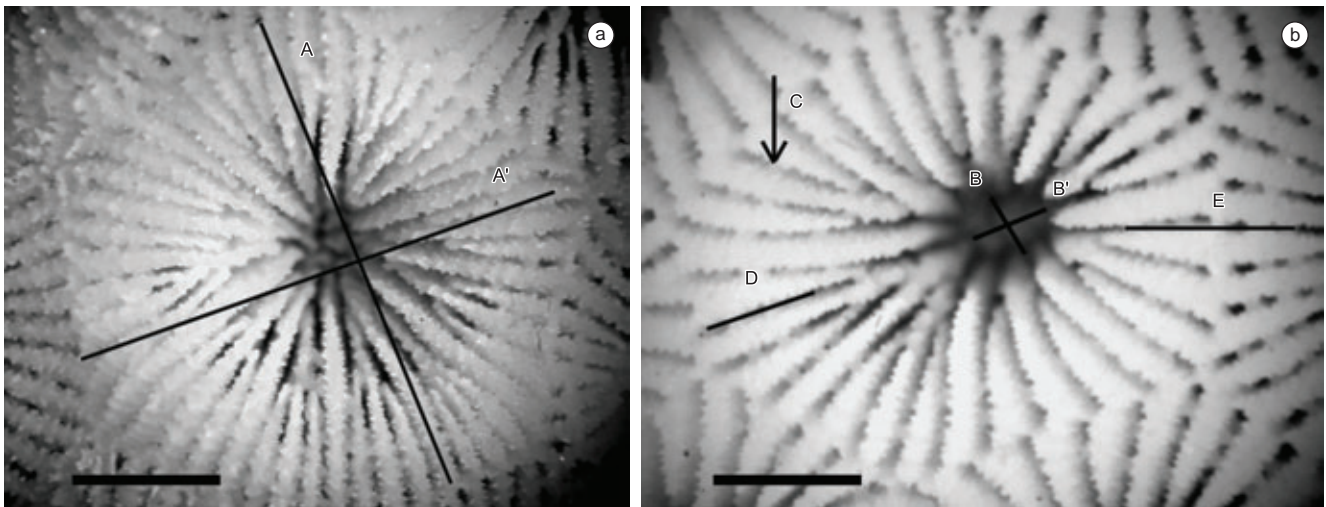
Only mature corallites (‘old polyps’ *sensu* Soong & Lang 1992) with at least the third cycle of the septa fully formed were examined. For each colony, three distinct vertical zones were determined (top, middle and edge). From each of these zones, five corallites were selected for morphometric analyses. Because the morphology of the colonies varied from spherical to plate-encrusting forms, the following definitions were used to specify the vertical zones. The top zone was defined as the upper surface of the colony distal from

the base, a flattened or dome-like area 1 to 3 cm in diameter. The edge was defined as the marginal area in contact with the substratum, including three and/or four corallite upper lines (the first of which was frequently buried in the sand). The middle was defined as the large area between the inner limits of the two previous zones. The diagnostic morphological variables were chosen according to the available literature (Milne Edwards & Haime 1857, Verrill 1868, Vaughan 1919, Vaughan & Wells 1943, Laborel 1967, 1969/70, Budd & Gúzman 1994, Neves 2004, Foster 1977, 1979, 1980, 1985, Budd 1990). Six quantitative parameters were selected: corallite diameter (based on the mean of two greater diameters - corD), columellar diameter (based on the mean of two greater diameters - colD), septal number (sepN), thecal thickness – this measure includes the external wall and all the synapticulae (tecThick), columellar depth (depth), and the average distance between adjacent sampled calices (corDist)

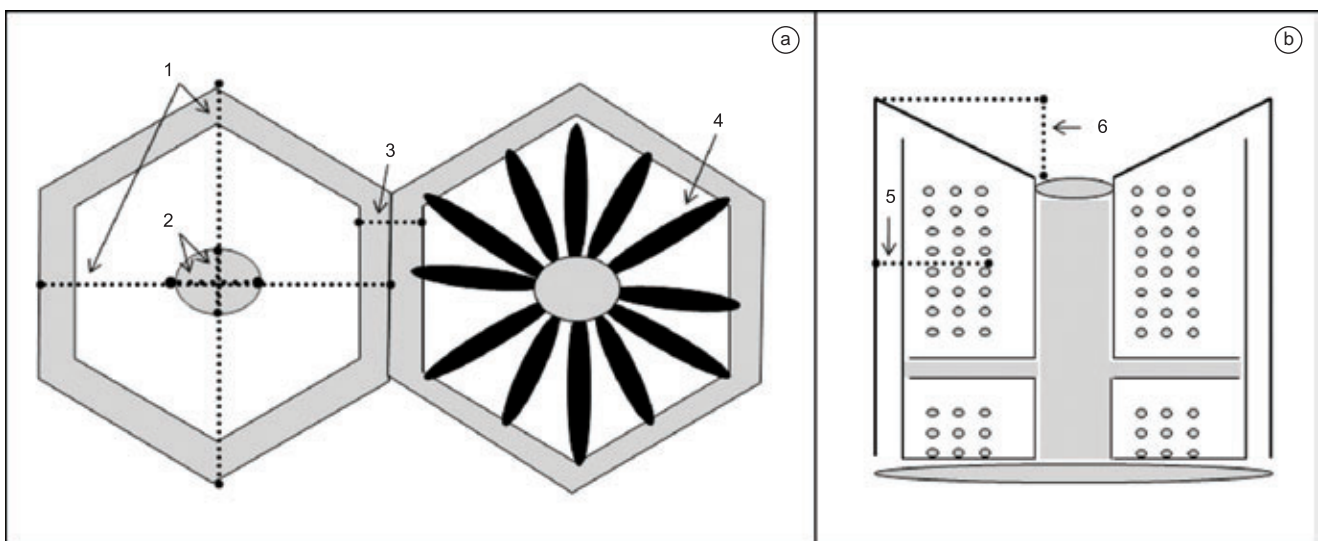
(Figures 2 and 3). Septal number is a count and not a measure variable as the other characteristics. However, this data presented assumptions postulated by the Central Limit Theorem, which include a large number of independent random variables with finite mean and variance, not Bimodal and Poisson distribution and absence of zeros (Underwood 1997). Because of these criteria, we consider the septal number a continuous characteristic.

#### 4. Statistical analyses

The statistical analyses were carried out only for the sites at which both species occurred (Paramana, Maria Guarda, Genipabu, Guarajuba and Itacimirim). One Discriminant Canonical Analyses was performed to evaluate the influence of intracolony morphology and also the interspecific boundaries between *S. stellata* and *S. radians*. A total of six *a priori* groups were selected for analyses: top, middle and edge of *S. stellata* and top, middle and edge of *S. radians*. The



**Figure 2.** Mature corallites: (a) *S. stellata* and (b) *S. radians* (scale bar = 1 mm). Adapted from Neves (2004). Measurements in the picture:  $(A+A')/2$  corallite diameter;  $(B+B')/2$  columellar diameter; (C) septal number; (D) theca thickness; (E) distance among corallites (this distance was measured as the mean distance to the theca of all neighbor corallites).



**Figure 3.** Measurements made on individual corallites: a) Cross-sectional view: (1) corallite diameter; (2) columellar diameter; (3) distance among corallites; (4) septal number. b) Longitudinal view: (5) theca thickness; (6) columellar depth. Adapted from Neves (2004).

analysis was based in the average corallites of each region because of the difficulty to observe the great number of data on graph. The Kolmogorov-Smirnov test showed normal distribution for data. The Levene's test showed homoscedastic data. The Mann-Whitney U test with septal numbers was proceeded to confirm differences between both species once this trait presented a count characteristic. The p-level adopted in all tests was  $\alpha = 0.05$ . Finally, a descriptive analysis was carried out with mean and standard deviation of measures from all corallites. The programs used were Statistica 7.0 (StatSoft®) and Excel 2007 (Microsoft®).

**Results**

*1. Taxonomic data*

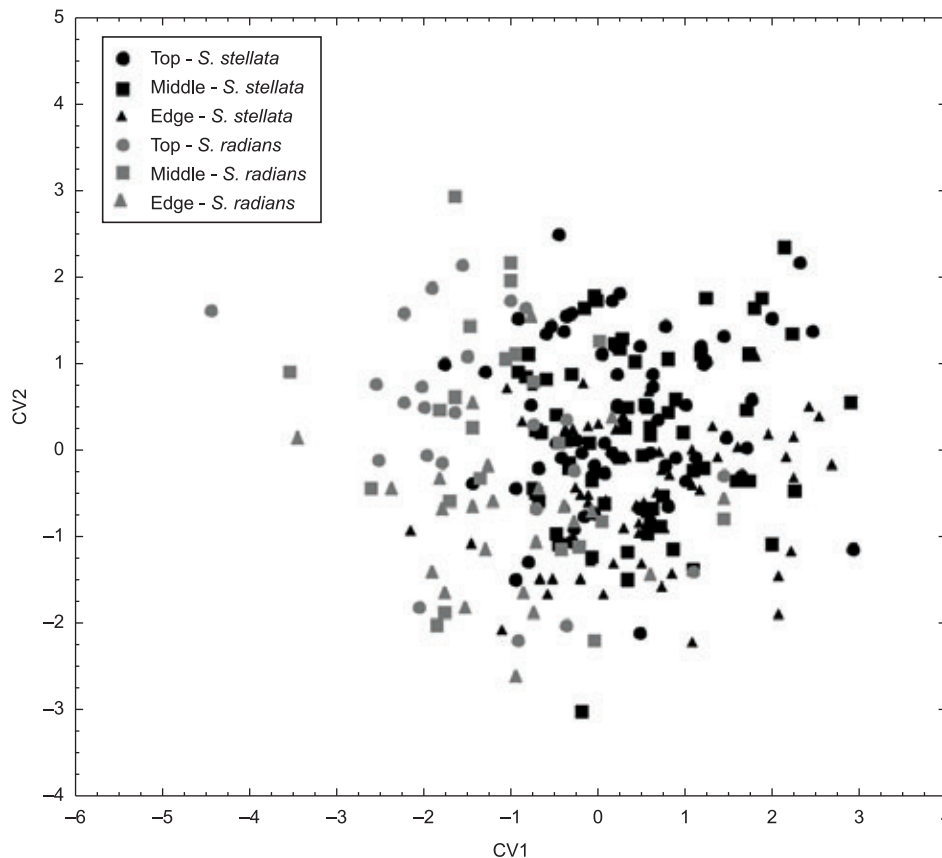
The analyses of the diagnostic characters associated with the number and conspicuity of the septal cycles of corallites (Neves 2004) resulted in the identification of 132 specimens of *S. stellata* and 24 specimens of *S. radians* (a total of 1200 and 120 corallites per species, respectively). Colonies of *S. radians* co-occurred with the endemic *S. stellata* in the following five localities: Paramana reefs (Frades I.) and Maria Guarda I., both in the BTS, and Guarajuba, Itacimirim and Praia do Forte reefs in the NS. *Siderastrea radians* have not been previously reported from the NS, although it has been previously cited from Frades I. (BTS) and the southern littoral (Neves 2004). In the other four populations localities sampled, only *S. stellata* was present and is clearly the more frequent and abundant congener of the pair (Table 1).

*2. Intracolony variation*

The Discriminant Canonical Analyses showed significant differences among the groups (Wilks' Lambda = 0.55; F (30,1014) = 5.46; p < 0.0001). The characteristics that show differences among species were columellar diameter (Wilks' Lambda = 0.6; F (5,253) = 4.78; p < 0.0001), septal number (Wilks' Lambda = 0.64; F (5,253) = 8.51; p < 0.0001) and columellar depth (Wilks' Lambda = 0.59; F (5,253) = 3.72; p < 0.0001). The CV1 axis explained 74% of the variation found and was primarily related to the characteristic septal number (R = 0.75). The CV2 axis explained 23% of the variation and was primarily linked to the columellar diameter (R = 0.53) and columellar depth (R = 0.80) (Figure 4, Table 2). The

**Table 2.** Results of canonical discriminant analysis used to compare different regions between and within species. CV1 and CV2 represented approximately 74% and 23% of the variation, respectively. CV = canonical variable; \* = the most heavily weighted characteristics.

	CV1	CV2
CorD	-0.02	-0.48
ColD	-0.42	0.53*
SepN	0.75*	0.21
TecThick	0.52	0.21
Depth	-0.03	0.80*
CorDist	-0.02	0.01
Eigenvalue	0.53	0.16
Cum. Prop.	0.74	0.97



**Figure 4.** Graph of Canonical Discriminant Analysis comparing different regions within and between *S. stellata* and *S. radians*.



additional 3 CVs axis were not significant. The scatterplot (Figure 4) shows the data on *S. stellata* concentrated on the right side of the plot, corresponding to a greater number of septa, whereas the data on *S. radians* showed an opposite tendency. The Mann-Whitney U test based on septal numbers also showed a significant difference between both species ( $U = 2201.5$ ,  $p < 0.05$ ). Thus, the results confirm that despite variation, septal number was the character that best distinguishes the species. The other two important characteristics, related primarily to the second axis, were important for differentiating the regions for both species. The data for the edge region tended to be concentrated at the bottom of the plot and showed smaller values of the columellar diameter and depth in contrast to the other regions. This result can be confirmed with descriptive data from Table 4.

According to the squared Mahalanobis distance, intracolony variation showed significant differences among the regions in both species (Table 3). For *S. stellata*, the top and middle were significantly different from the edge (Table 3). In general, the edge showed shallower corallites (Table 4; Figure 4). For *S. radians*, differences were found between the top and the edge. The edge corallites of this species were shallower than the top corallites (Table 4; Figure 4). Significant differences were found between species for each individual region (Table 3). Accordingly, similarities between regions for both species did not affect the differentiation between the species. Differences between species can also be observed in descriptive data that show greatest values for *S. stellata* (Table 4).

## Discussion

### 1. Taxonomy

In contrast to the wide-ranging collections of *S. stellata* from Parcel Manuel Luiz in Maranhão state (Amaral et al. 2007) to Rio de Janeiro (Laborel 1969/70), intentional collections of *S. radians* have been conducted sparsely in geographically restricted areas in Brazil, such as Maragogi in Alagoas state, São José da Coroa Grande and Porto de Galinhas in Pernambuco state, Picãozinho and Ponta do Seixas in Paraíba state, Pirangi do Norte in Rio Grande do Norte state and Nova Almeida in Espírito Santo state (Neves et al. 2008). Thus, this study is the first to include both species, and extends the geographical range of *S. radians* to the BTS and NS. The occurrence of *S. radians* in the Southeastern Atlantic reveals a wider geographical distribution of the Caribbean species. Through this finding, one may suppose that the sympatric distribution of the *Siderastrea* populations has contributed to the misinterpretation of the taxonomic, ecological and biological data on these populations. Observing the 'excess' in the variation of *S. stellata* colonies, Laborel (1967, 1969/70) offered an early suggestion about the occurrence of *S. radians* in Brazil, but he has not pursued this topic. Relatively recent genetic studies (Forsman 2003, Neves et al. 2008) confirmed the occurrence of *S. radians* in Brazil and supported Vaughan (1919) and Laborel (1967, 1969/70)

by considering *S. stellata* to be closely-related, yet distinct from the Caribbean congeners.

Despite irrefutable evidence of the sympatric occurrence of *S. radians* and *S. stellata*, there is a resistance to the adoption of the taxonomic morphometric analyses of the corallites traits for *in situ* studies. Visual recognition is not advisable because it may bias the results due to overestimation of *S. stellata* (the 'traditional' and most widespread Brazilian species). Therefore, the use of '*Siderastrea* spp.' (see Cruz et al. 2008, Leão et al. 2008) has gained a degree of acceptance as a secure practice for reporting findings of the genus by those other than expert taxonomists without the inconvenience associated with the need to gather taxonomic data and the related analyses.

### 2. Intracolony variation

A significant aspect of this study is that it represents the first morphological analysis to consider the sympatric occurrence of *S. stellata* and *S. radians* in Brazil from the perspective of a statistical approach. The results based on Discriminant Canonical Analysis show significant intracolony variation in *S. stellata* and *S. radians* and reveal that this variation is related to differences between the edge of the corallum and other regions for both species. In particular, columellar diameter and columellar depth was significantly smaller in the edge region. Werner (1996) and Santos et al. (2004) do not discuss this issue. Neves (2004) also reported in higher frequency large and shallow corallites of *S. stellata* in the edge region, but did not perform any statistical analyses. Perhaps, this zone is affected by micro environmental characteristics as it is located closer to the substrate and is under continuous stress due to burial by sediment and competitive contact with surrounding organisms. Indeed, it is widely known that the environment has an important influence on the coral phenotype (Brakel 1977, Foster 1980, Todd et al. 2001, Pisapia et al. 2012). However, because of the absence of experimental analyses in this study, a few inferences about the influence of abiotic aspects can be done.

Although intracolony variation has been found, the comparison of individual regions between *S. stellata* and *S. radians* shows significant differences (Table 3). The results showed that septal number was the most robust trait that separated both species while the others characters were less important (Tables 2 and 4). In a thesis, Neves (2004) suggested that *S. radians* and *S. stellata*, identified by genetic characteristics, should be differentiated by septal cycles: the first, has a reduction of the fourth cycle of the septum (S4) and the second has consistently complete S4. But, until this work, none morphological variation study with a greater number of specimens were done to confirm this hypothesis. Thus, considering the conservative pattern exhibited by septal number, this work confirms that it should be used to differentiate the species.

Originally, Verrill (1868) also refers to a complete fourth cycle in the diagnosis of the Brazilian *Siderastrea*. However, this description

**Table 3.** P-levels of F-statistic based on Squared Mahalanobis Distances among groups (top, middle and edge from *S. stellata* and *S. radians*). df = 6,253; \* =  $p < 0.05$ .

	Top <i>S. stellata</i>	Middle <i>S. stellata</i>	Edge <i>S. stellata</i>	Top <i>S. radians</i>	Middle <i>S. radians</i>	Edge <i>S. radians</i>
Top - <i>S. stellata</i>						
Middle - <i>S. stellata</i>	0.89					
Edge - <i>S. stellata</i>	0.01*	0.02*				
Top - <i>S. radians</i>	0.01*	0.01*	0.01*			
Middle - <i>S. radians</i>	0.01*	0.01*	0.01*	0.90		
Edge - <i>S. radians</i>	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.05	



**Table 4.** Descriptive statistics: mean, standard deviation and range of morphological variables analyzed for *S. stellata* and *S. radians*. Results include all populations. Metric values in millimeters (mm). ( $\bar{x}$  = mean; *s.d.* = standard deviation).

Traits	Region	<i>S. stellata</i>	<i>S. radians</i>
		$\bar{x} \pm s.d.$	$\bar{x} \pm s.d.$
CorD	Top	3.42 ± 0.27	3.04 ± 0.38
	Middle	3.47 ± 0.46	3.14 ± 0.35
	Edge	3.45 ± 0.47	3.14 ± 0.41
	Total	3.44 ± 0.47	3.11 ± 0.38
CoLD	Top	0.47 ± 0.10	0.51 ± 0.11
	Middle	0.45 ± 0.10	0.49 ± 0.12
	Edge	0.43 ± 0.09	0.45 ± 0.09
	Total	0.45 ± 0.09	0.48 ± 0.11
SepN	Top	39 ± 5.96	30 ± 4.65
	Middle	40 ± 6.23	31 ± 4.91
	Edge	40 ± 6.47	30 ± 4.79
	Total	39 ± 6.35	30 ± 4.77
TecThick	Top	0.54 ± 0.1	0.49 ± 0.10
	Middle	0.55 ± 0.1	0.51 ± 0.10
	Edge	0.55 ± 0.11	0.51 ± 0.10
	Total	0.60 ± 0.11	0.50 ± 0.10
Depth	Top	1.36 ± 0.27	1.21 ± 0.27
	Middle	1.32 ± 0.27	1.18 ± 0.30
	Edge	1.16 ± 0.26	1.03 ± 0.22
	Total	1.27 ± 0.28	1.13 ± 0.27
CorDist	Top	1.09 ± 0.21	0.99 ± 0.15
	Middle	1.12 ± 0.21	1.05 ± 0.15
	Edge	1.11 ± 0.22	1.03 ± 0.17
	Total	1.10 ± 0.21	1.02 ± 0.15

may represent a questionable interpretation. In the comparison with *S. radians* in the diagnosis of the Brazilian *Siderastrea*, Verrill's description refers to a complete fourth cycle. In fact, *S. stellata* has a complete fourth cycle (S4). Nevertheless, its colonies can also include some corallites with an incomplete fourth cycle. It is distinctly different from *S. radians*, in which a complete S4 can never occur. Thus, *S. stellata* and *S. radians* cannot be confused because of the presence of an incomplete S4 in both species but should be distinguished by the absence of a complete S4 in *S. radians*. In addition, these considerations also reflect an interesting proposition: if the number of septa represents a conservative character, *Siderastrea* colonies could be identified with relative ease and security through their parts or fragments.

Although the distinction between the congeners was not hampered by intracolony variation in this study (at least on the basis of the six variables applied), many authors consider that intracolony variation can overwhelm the interspecific variation (see Foster 1985, Kaandorp & Kübler 2001). In view of the continuous properties and the modular nature of the diagnostic features in Scleractinia, in fact, this aspect deserves attention (Todd 2008). However, intracolony variation is one of the most neglected categories in taxonomic studies (Beltrán-Torres & Carricart-Ganivet 1993, Jameson 1997, Amaral et al. 2002, Antonio-de-Souza & Amaral 2002, Santos et al. 2004).

The study of morphological plasticity in reef-building corals is an important approach in many distinct disciplines, including taxonomy and phylogeny, ecology, biology, evolution and biogeography. The development of concise morphometric analyses of the distinct levels of variation from the most inferior (*i.e.*, intracolony) to the superior (interpopulational) categories provides a tool to understand the mechanisms of adaptation, habitat selection and gene connectivity.

Although intracolony variation is not an obstacle to analysis in the studied siderastreids, criteria for this aspect of variation should be considered for the scleractinian determination of interspecific boundaries.

## Acknowledgements

The authors are grateful for the support of the LABIMAR team (IB, UFBA), to MSc Igor Cruz (IB, UFBA) for collecting samples and to Marcelle Badaró (IB, UFBA) for outstanding help in the field. Special thanks are given to Ricardo Acácio (IMA – Setor Geoprocessamento) for assistance in preparing the map. This study was supported by the 'Programa de Pesquisa e Pós-Graduação/IGEO-UFBA' with a scholarship and grants from the 'Fundação de Amparo à Pesquisa da Bahia' (FAPESB) (BOL 1070/2005, APR0469/2005) to E. Neves, the 'Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico' (CNPq) (470336/2004-8 Edital Universal) to R. Johnsson, and the 'Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica' (PIBIC/IB-UFBA 2006, 2007) to N. M. Menezes. The authors also would like to thank the 'Programa de Pós-Graduação em Diversidade Animal-PPGDA at the Federal University of Bahia' and the 'American Journal Experts' for the English review.

## References

- AMADO-FILHO, G.M., SALGADO, L.T., REBELO, M.F., REZENDE, C.E., KAREZ, C.S. & PFEIFFER W.C. 2008. Heavy metals in benthic organisms from Todos os Santos Bay, Brazil. *Braz. J. Biol.* 68: 95-100. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842008000100013>
- AMARAL, F.M.D. 1994. Morphological variation in the reef coral *Montastraea cavernosa* in Brazil. *Coral Reefs* 13(4): 113-117. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00300771>
- AMARAL, F.D., BROADHURST, M.K., CAIRNS, S.D. & SCHLENZ, E. 2002. Skeletal morphometry of *Millepora* occurring in Brazil, including a previously undescribed species. *Proc. Biol. Soc. Wash.* 115: 681-695.
- AMARAL, F.M.D., HUDSON, M.M., STEINER A.Q. & RAMOS, C.A.C. 2007. New findings on corals and calcified hydroids of the Manuel Luiz Marine State Park (State of Maranhão, Northeast Brazil). *Biota Neotropica* 7: 1-9. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032007000300008>
- ANTONIO-DE-SOUZA, C. & AMARAL, F.D. 2002. Variação morfológica de algumas espécies de corais Mussidae (Cnidaria, Anthozoa) do Brasil. *Trop. Ocean.* 30: 23-36.
- BELTRÁN-TORRES, U. & CARRICART-GANIVET, J.P. 1993. Skeletal morphological variation in *Montastraea cavernosa* (Cnidaria: Scleractinia) at Isla Verde Coral Reef, Vera Cruz, México. *Rev. Biol. Trop.* 41: 559-562.
- BEST, M.B., BOEKSCHOTEN, G.J. & OOSTERBAAN, A. 1983. Species concept and ecomorph variation in living and fossil Scleractinia. *Paleontogr. Am.* 54: 70-79.
- BEST, B.A. & WINSTON, J.E. 1984. Skeletal strength of encrusting cheilostome bryozoans. *Biol. Bull.* 167: 390-409. <http://dx.doi.org/10.2307/1541285>
- BRAKEL, W.H. 1977. Corallite variation in *Porites* and the species problem in corals. *Proc. 3rd Intern. Coral. Reef. Symp.* 1: 457-462.
- BUCHANAN, J.B. 1954. The zoogeographical significance of the Madreporaria in the Gold coast, West Africa. *Rev. Zool. Bot. Afr.* 49: 84-88.
- BUDD, A.F. 1990. Long term patterns of morphological variation within and among species of reef-corals and their relationship to sexual reproduction. *Syst. Bot.* 15: 150-165. <http://dx.doi.org/10.2307/2419024>
- BUDD, A.F. & GÚZMAN, H.M. 1994. *Siderastrea glynni*, a new species of scleractinian coral (Cnidaria, Anthozoa) from the Eastern Pacific. *Proc. Biol. Soc. Wash.* 107: 591-599.
- CASTRO, C.B. & PIRES, O.B. 2001. Brazilian coral reefs: what is already known and what is still missing. *Bull. Mar. Sci.* 69: 357-371.

- CELINO, J.J. & QUEIROZ, A.F.S. 2006. Fonte e grau de contaminação por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) de baixa massa molecular em sedimentos da Baía de Todos os Santos. *Rev. Esc. Minas Ouro Preto* 59: 265-270.
- CHEVALIER, J.P. 1966. Contribution à l'étude des madreporaires des cotes occidentales de l'Afrique tropicale. *Bull. I.F.A.N.* 28: 1356-1405.
- CHIAPPONE, M., SULLIVAN, K.M. & LOTT, C. 1996. Hermatypic scleractinian corals of the southeastern Bahamas: a comparison to western Atlantic reefs systems. *Carib. J. Sci.* 32: 1-13.
- CIRANO, M. & LESSA, G.C. 2007. Oceanographic characteristics of Baía de Todos os Santos, Brazil. *Rev. Braz. Geof.* 25: 363-387. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-261X2007000400002>
- COSTA, O.S.J., LEÃO, Z.M.A.N., NIMMO, M. & ATTRILL, M.J. 2000. Nutrification impacts on coral reefs from Northern Bahia, Brazil. *Hydrobiologia* 440: 307-315. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1004104118208>
- COUTO, E.C.G., SILVEIRA, F.L. & ROCHA, G.R.A. 2003. Marine biodiversity in Brazil: The current status. *Gayana* 67: 327-340.
- CRUZ, I.C.S., KIKUCHI, R.K.P. & LEÃO, Z.M.A.N. 2008. Use of the video transect method for characterizing the Itacolomis reefs, Eastern Brazil. *Braz. J. Ocean.* 56: 271-280.
- DUERDEN, J.E. 1902. West Indian Madreporarian polyps. *Nat. Acad. Sci.* 8: 403-648.
- FELIZZOLA, J.F., WAGENER, A.L.R., ALMEIDA, A.C. & LIN, W.O. 2008. Butyltin speciation in sediments from Todos os Santos Bay (Bahia, Brazil) by GC-PFPD. *Quím. Nova.* 31: 89-93. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422008000100019>
- FENNER, D.P. 1993. Species distinctions among several Caribbean corals. *Bull. Mar. Sci.* 53: 1099-1116.
- FORSMAN, Z. 2003. Phylogeny and phylogeography of *Porites* and *Siderastrea* (Scleractinia: Cnidaria) Species in the Caribbean and Eastern Pacific; Based on the nuclear ribosomal ITS region. PhD Thesis, University of Houston.
- FOSTER, A.B. 1977. Patterns of small-scale variation of skeletal morphology within the Scleractinian corals, *Montastraea annularis* and *Siderastrea siderea*. *Proc. 3rd Int. Coral Reef Symp.* 2: 409-415.
- FOSTER, A.B. 1979. Phenotypic plasticity in the reef corals *Montastraea annularis* (Ellis and Solander) and *Siderastrea Siderea* (Ellis and Solander). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 39: 25-54.
- FOSTER, A.B. 1980. Environmental variation in skeletal morphology within the Caribbean reef corals *Montastraea annularis* and *Siderastrea siderea*. *Bull. Mar. Sci.* 30: 678-709.
- FOSTER, A.B. 1985. Variation within coral colonies and its importance for interpreting fossil species. *Journ. Paleontol.* 59: 1359-1381.
- GATTUSO, J.P. 1991. Physiology and taxonomy of Scleractinian corals. A case study in the genus *Stylophora*. *Coral Reefs* 13: 49-56.
- HAGEMAN, S.J. 2003. Complexity generated by interaction of hierarchical modules in Brioza. *Integr. Comp. Biol.* 43: 87-98. <http://dx.doi.org/10.1093/icb/43.1.87>
- HOLST, I. & GÚZMAN, H.M. 1993. Lista de corales hermatípicos (Anthozoa: Scleractinia; Hydrozoa: Milleporina) a ambos lados del Istmo de Panamá. *Rev. Biol. Trop.* 41(3): 871-875.
- JAMESON, S.C. 1997. Morphometric analysis of the Poritidae (Anthozoa: Scleractinia) of Belize. *Proc. 8th Int. Coral Reef Symp.* 2: 1591-1596.
- KAANDORP, J.A. & KÜEBLER, J.E. 2001. The algorithmic beauty of seaweeds, sponges and corals. Springer-Verlag Heidelberg, New York.
- KIKUCHI, R.K.P. 2000. Evolução dos recifes e das comunidades de corais hermatípicos da plataforma continental no norte da Bahia durante o Holoceno. PhD Thesis, Universidade Federal da Bahia, Brazil.
- LABOREL, J. 1967. Les Peuplements de Madréporaires des Côtes Tropicales du Brésil. PhD. Thesis, University D' Aix-Marseille, French.
- LABOREL, J. 1969/70. Madreporaires et hydrocoralliaires récifaux dès cotes brésiliennes: Systematique, écologie, répartition verticale et géographique. Campagne de la Calypso au large dès cotes atlantiques de l' Amerique do Sud. *Ann. Inst. Oceanogr.* 47: 15-229.
- LABOREL, J. 1974. West African reef corals an hypothesis on their origin. *Proc. 2nd Int. Coral Reef Symp.* 1: 425-443.
- LAND, L.S., LANG, J.C. & BARNES, D.J. 1975. Extension rate: a primary control on the isotopic composition of West Indian (Jamaican) scleractinian reef coral skeletons. *Mar. Biol.* 33: 221-233. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00390926>
- LEÃO, Z.M.A.N. 1986. Guia para identificação dos corais do Brasil. PPG/UFBA, Salvador.
- LEÃO, Z.M.A.N., KIKUCHI, R.K.P. & OLIVEIRA, M.D.M. 2008. Branqueamento de corais nos recifes da Bahia e sua relação com eventos de anomalias térmicas nas águas superficiais do oceano. *Biota Neotrop.* 8: 69-82. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032008000300006>
- LOMBARDI, C., TAYLOR, P.D. & COCITOS, S. 2008. Importance of zooidal polymorphs in the species-level taxonomy of bryozoans. *J. Morphol.* 269: 1475.
- MAIDA, M. & FERREIRA, B.P. 1997. Coral reefs of Brazil: an overview. *Proc. 8th Int. Coral Reef Symp.* 1: 263-274.
- MILLER, K.J. 1994. Morphological variation in the coral genus *Platygyra*: environmental influences and taxonomic implications. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 110: 19-28. <http://dx.doi.org/10.3354/meps110019>
- MILNE EDWARDS, H. & HAIME, J. 1857. Histoire naturelle des coralliaires, polypes proprement dits. Librairie Encyclopédique de Roret, Paris.
- NEVES, E.G. & DA SILVEIRA, F.L. 2003. Release of planula larvae, settlement and development of *Siderastrea stellata* Verrill, 1868 (Anthozoa: Scleractinia). *Hydrobiologia* 501: 139-147. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1026235832253>
- NEVES, E.G. 2004. Complexo *Siderastrea*: espécies distintas? Significado da variabilidade do gênero *Siderastrea* de Blainville, 1830 (Anthozoa: Scleractinia) no Brasil. PhD Thesis, University of São Paulo, Brazil.
- NEVES, E.G., JOHNSON, R., SAMPAIO, C. & PICHON, M. 2006. The occurrence of *Scolymia cubensis* in Brazil: revising the problem of the Caribbean solitary mussids. *Zootaxa* 1366: 45-54.
- NEVES, E.G., ANDRADE, S.C.S., LANG, F.S. & SOLFERINI, V.N. 2008. Genetic variation and population structuring in two brooding coral species (*Siderastrea stellata* and *Siderastrea radians*) from Brazil. *Genetica* 132: 243-254. <http://dx.doi.org/10.1007/s10709-007-9168-z>
- PISAPIA, C., HENNIGE, S.J., HAAPKYLÄ, J., MATTEUCCI, R. & SMITH, D.J. 2012. Morphological changes in polyp structure of massive coral species in clear and turbid waters. *Bull. Mar. Sci.* 88: 183-191. <http://dx.doi.org/10.5343/bms.2010.1086>
- SANTOS, M.G., AMARAL, F.D., HERNANDEZ, M.I.M., KNOWLTON, N. & JARA, J. 2004. Variação morfológica de *Favia gravida* (Verrill, 1868) e *Siderastrea stellata* Verrill, 1868 (Cnidaria, Scleractinia): Aspectos esqueléticos. *Bol. Mus. Nac. Rio J. Zool.* 517: 1-9.
- SOONG, K. & LANG, J.C. 1992. Reproductive integration in reef corals. *Biol. Bull.* 183: 418-431. <http://dx.doi.org/10.2307/1542018>
- SZMANT, A.M. 1986. Reproductive ecology of Caribbean reef corals. *Coral Reefs* 5: 43-53. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00302170>
- TODD, P.A., SANDERSON, P.G. & CHOU, L.M. 2001. Morphological variation in the polyps of the scleractinian coral *Favia speciosa* (Dana) around Singapore. *Hydrobiologia* 444: 227-235. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1017570100029>
- TODD, P.A. 2008. Morphological plasticity in Scleractinians corals. *Biol. Rev. Camb. Philos. Soc.* 83: 315-337. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-185X.2008.00045.x>
- UNDERWOOD, A.J. 1997. Experiments in ecology: their logical design and interpretation using analysis of variance. Cambridge university press, Cambridge.

- VAUGHAN, T.W. 1919. Fossil corals from Central America, Cuba, and Porto Rico, with an account of the American Tertiary, Pleistocene, and recent coral reefs. Bull. Smith. Inst. 103: 189-524.
- VAUGHAN, T.W. & WELLS, J.W. 1943. Revision of the suborders, families, and genera of the Scleractinia. Geol. Soc. Am. Spec. Pap. 44: 1-343.
- VERON, J.E.N. 1995. Corals in space and time: The biogeography and evolution of the Scleractinia. UNSW Press, Sydney.
- VERRILL, A.E. 1868. Notice of the corals and echinoderms collected by prof. C.F. Hartt, at the Abrolhos Reefs, province of Bahia, Brazil. Trans. Conn. Acad. Arts. Sci. 1: 351-37.
- WEIL, E. & KNOWLTON, N. 1994. A multi-character analysis of the Caribbean coral *Montastraea annularis* (Ellis and Solander, 1786) and its two sibling species, *M. faveolata* (Ellis and Solander, 1786) and *M. franksi* (Gregory, 1895). Bull. Mar. Sci. 55: 151-175.
- WERNER, T.B. 1996. Recent Zooxanthellate Corals (Order: Scleractinia) from Ascension and St. Helena Is., South Atlantic, with a summary of their geographic distribution in the Atlantic Ocean. PhD Thesis, University of Maryland, USA.
- ZLATARSKI, V.N. & ESTALELLA, N.M. 1982. Les Scleractiniaires de Cuba avec des données sur les organismes associés. Editora Acadie Bulgare Sciences, Sofia.

Received 19/09/2012

Revised 09/01/2013

Accepted 27/02/2013

## Thrips species (Insecta: Thysanoptera) associated to Cowpea in Piauí, Brazil

Élison Fabrício Bezerra Lima<sup>1,4</sup>, Lúcia da Silva Fontes<sup>1</sup>, Silvia Marisa Jesien Pinent<sup>2</sup>,

Adriana Saraiva dos Reis<sup>1</sup>, Francisco Rodrigues Freire Filho<sup>3</sup> & Angela Celis de Almeida Lopes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Biologia, Centro de Ciências da Natureza, Universidade Federal do Piauí – UFPI, Campus Ministro Petrônio Portella, Ininga, CEP 64049-550, Teresina, PI, Brasil. [www.ufpi.br](http://www.ufpi.br)

<sup>2</sup>Departamento de Fitossanidade, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 772, CEP 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil. ([www.ufrgs.br](http://www.ufrgs.br))

<sup>3</sup>Embrapa Meio-Norte, Av. Duque de Caxias, 5650, Bairro Buenos Aires, CEP 64006-220, Teresina, PI, Brasil. [www.cpamn.embrapa.br](http://www.cpamn.embrapa.br)

<sup>4</sup>Corresponding author: Élison Fabrício Bezerra Lima, e-mail: [elisonfabricio@hotmail.com](mailto:elisonfabricio@hotmail.com)

LIMA, E.F.B., FONTES, L.S., PINENT, S.M.J., REIS, A.S., FREIRE FILHO, F.R. & LOPES, A.C.A. **Thrips species (Insecta: Thysanoptera) associated to Cowpea in Piauí, Brazil.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?short-communication+bn03713012013>

**Abstract:** Thrips are still poorly known in cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., in Piauí, despite their economic importance in this crop, which stands out as one of the major cultures of North and Northeast regions from Brazil. Thus, this study aimed to identify the thrips species associated to the crop in Teresina and Bom Jesus, Piauí, Brazil. From October 2007 to August 2008, cowpea inflorescences were sampled in the municipalities by the technique of simple bagging. After screenings, thrips were preserved in AGA, mounted on permanent microscope slides and identified. The identified species were: *Frankliniella brevicaulis* Hood, 1937, *F. insularis* (Franklin, 1908), *F. schultzei* (Trybom, 1910), *F. tritici* (Fitch, 1855) and *Haplothrips gowdeyi* (Franklin, 1908). The slides are deposited at the entomological collection of the Departamento de Biologia, Universidade Federal do Piauí. A key to the species is provided.

**Keywords:** pests, Phlaeothripidae, Thripidae, *Frankliniella*, *Vigna unguiculata*.

LIMA, E.F.B., FONTES, L.S., PINENT, S.M.J., REIS, A.S., FREIRE FILHO, F.R. & LOPES, A.C.A. **Espécies de tripses (Insecta: Thysanoptera) associadas ao caupi no Piauí, Brasil.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?short-communication+bn03713012013>

**Resumo:** Tripses ainda são pouco conhecidos em caupi, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., no Piauí, a despeito de sua importância econômica na cultura, que se destaca como um dos principais cultivos das regiões Norte e Nordeste do Brasil. Assim, esse estudo objetivou identificar as espécies de tripses associadas à cultura em Teresina e Bom Jesus, Piauí, Brasil. De outubro de 2007 a agosto de 2008, inflorescências de caupi foram amostradas nos dois municípios, por meio técnica do ensacamento simples. Após triagens, os tripses foram preservados em AGA, montados em lâminas de microscopia permanentes e identificados. As espécies identificadas foram: *Frankliniella brevicaulis* Hood, 1937, *F. insularis* (Franklin, 1908), *F. schultzei* (Trybom, 1910), *F. tritici* (Fitch, 1855) e *Haplothrips gowdeyi* (Franklin, 1908). As lâminas estão depositadas na coleção entomológica do Departamento de Biologia, Universidade Federal do Piauí. Uma chave de identificação para as espécies é fornecida.

**Palavras-chave:** pragas, Phlaeothripidae, Thripidae, *Frankliniella*, *Vigna unguiculata*.



## Introduction

Almost a hundred of the about 6,000 described thrips species (Mound & Morris 2007) are notorious for causing extensive crop damage by feeding on leaf tissue or by vectoring viral diseases (Reynaud 2010). In Brazil, 546 thrips species are currently known (Monteiro & Lima 2011), from which about 24 are considered harmful to cultivated plants (Monteiro 2002).

Thrips are pests of cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., in the state of Piauí, attacking flowers, causing flower abortion and, thus, huge economic losses by reducing the crop productivity (Freire Filho et al. 2005). This crop is very important in northeastern Brazil, where, according to Freire Filho et al. (1999) it constitutes the main protein source for the population. However, thrips are poorly known on cowpea, despite their economic importance. *Frankliniella schultzei* (Trybom, 1910) is the only thrips species recorded on cowpea in northeastern Brazil, in the states of Rio Grande do Norte and Piauí (Chagas 1993, Fontes et al. 2011).

The aim of this research was to identify the thrips species on cowpea in two municipalities in the state of Piauí, Brazil. A key to species is provided.

## Materials and Methods

Thrips collections were weekly performed in October and December 2007 and January, February, July and August 2008 in Teresina and in April 2008 in Bom Jesus, according to the flowering of cowpea. Samples were collected in experimental fields at Embrapa Meio-Norte, in a transition area between the Caatinga and pre-Amazon in Teresina (05° 05' 21" S, 42° 48' 07" W, 72 m altitude) and in an area of Cerrado in Bom Jesus (09° 04' 28" S, 44° 21' 31" W, 277 m altitude).

The technique used to collect thrips was the simple bagging (Waquil et al. 1986), in which cowpea inflorescences were removed and placed in clear plastic bags. After two hours of collection, the material was taken to the laboratory of Entomology of the Departamento de Biologia, Universidade Federal do Piauí, for screening.

In the laboratory, the insects, still in plastic bags, were placed in a freezer at -5 °C for one hour before screening, to facilitate this stage. Then, fine-bristled brushes, under stereomicroscope, helped transferring the thrips to microtubes containing AGA (60% ethyl alcohol, glycerin and glacial acetic acid in the ratio 10:1:1 respectively). Slides were prepared according to the technique proposed by Mound & Marullo (1996) and Mound & Kibby (1998). The identification was based on the keys proposed by Moritz et al. (2004), Mound & Kibby (1998), Mound & Marullo (1996) and Monteiro (1994).

## Results and Discussion

Five thrips species were identified, four belonging to the family Thripidae, *Frankliniella brevicaulis* Hood, 1937, *F. insularis* (Franklin, 1908), *F. schultzei* (Trybom, 1910), *F. tritici* (Fitch, 1855) and one to the family Phlaeothripidae, *Haplothrips gowdeyi* (Franklin, 1908). All of them, except for *Frankliniella schultzei*, are recorded for the first time in the state of Piauí and on cowpea in Brazil. The material is deposited in the entomological collection of the Departamento de Biologia, Centro de Ciências da Natureza, Universidade Federal do Piauí. The number of specimens collected in each municipality can be visualized in Table 1.

Knowing thrips species that occur on cowpea is very important for this crop in the state of Piauí, and perhaps for the entire northeastern

region, since these insects have become important pests in the crop in recent years, especially in dry periods (Andrade Junior et al. 2002).

*Frankliniella schultzei* is recorded in several plant species in Brazil, and is considered pest on cotton, eggplant, lettuce, melon, soybean, rose, tobacco, tomato and watermelon. From the species collected in this survey, this is the one that may cause greater agricultural problems to the crop, either because of the number it was found or taking into account the wide range of other plant species in which it causes economic losses. Its agricultural importance worldwide is given by both feeding damage and vectoring tospoviruses (Hoddle et al. 2008). Only yellow specimens were collected.

*Frankliniella brevicaulis* is widely distributed in the Neotropics, and is recorded in Brazil in banana (Monteiro et al. 1999), where it causes damage to the fruits in the form of brown rough punctures, which reduces the commercial value of the fruits (Fancelli 2004).

*Frankliniella insularis* is widely distributed in Brazil, where it feeds on legumes (Mound & Marullo 1996), but it is not considered a pest. However, it can be considered a minor pest of leguminous crops in Central America, such as *Cajanus* spp. and *Pachyrhizus* spp. (Hoddle et al. 2008).

*Frankliniella tritici* is well distributed in North America, associated to a wide range of plant species with flowers, and is considered a pest of roses (Hoddle et al. 2008). In Brazil, the species is recorded only in wheat in Rio Grande do Sul (Monteiro 1999).

In Brazil, *H. gowdeyi* is recorded in peach (Schuber et al. 2008), nectarine (Hickel & Ducroquet 1998) and chrysanthemums (Carvalho et al. 2006), with no economic importance.

## Key to Species

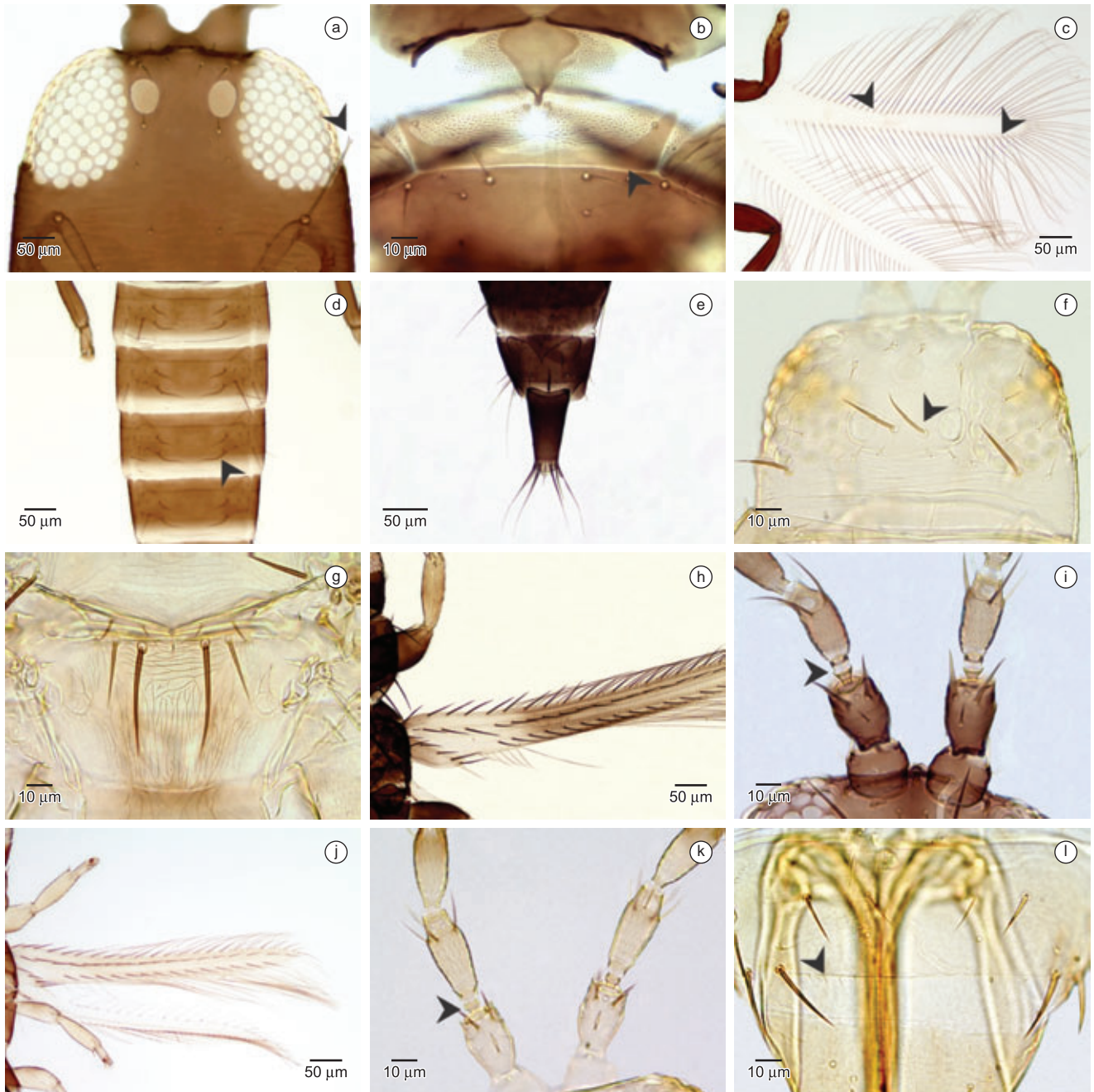
1. Abdominal segment X tubular (Figure 1e), female without visible ovipositor, forewing without vein setae, with a median constriction and series of duplicated cilia in the apical region of the posterior margin (Figure 1c). Antennal segments III and IV with two and four simple sensilla, respectively. Post-ocular setae with expanded apex (Figure 1a). Maxillary bridge present. Mesopresternum boat-shaped (Figure 1b). Abdominal tergites III-VII with two pairs of wing retaining setae (Figure 1d) .....*Haplothrips gowdeyi*

1'. Abdominal segment X conical, female with visible ovipositor. Forewings with two complete rows of veins setae (Figures 1h, j). Antennal segments III and IV with forked sensilla (Figures 1i, k).....2

2. Ocellar setae III near, between the hind ocelli (Figure 1f). Metanotum without campaniform sensilla (Figure 1g). Posteromarginal comb on abdominal tergite VIII incomplete, with short teeth laterally .....*F. schultzei*

**Table 1.** Number of thrips collected in the municipalities.

Municipality	Species	Thrips (n)	
		♀	♂
Teresina	<i>Frankliniella brevicaulis</i>	4	-
	<i>F. insularis</i>	527	7
	<i>F. schultzei</i>	2823	99
	<i>F. tritici</i>	190	35
	<i>Haplothrips gowdeyi</i>	4	-
Bom Jesus	<i>F. schultzei</i>	43	28
Total		3589	169



**Figure 1.** *Haplothrips gowdeyi*. a) head with post-ocular setae with expanded apex; b) mesopresternum boat-shaped; c) wings with median constriction and duplicated cilia on forewing; d) abdominal tergites IV-VII with wing retaining setae; e) abdominal segments VIII-X; *Frankliniella schultzei*. f) head with ocellar setae III close together; g) metanotum; *F. insularis*. h) forewing; *Frankliniella brevicaulis*. i) antennal segments I-III with pedicel on III cup-shaped; j) wings; *Frankliniella tritici*. k) antennal segments I-IV with pedicel on III swollen; l) abdominal tergites VIII and IX with posteromarginal comb on VIII with teeth laterally.

2'. Ocellar setae III apart. Metanotum with a pair of campaniform sensilla ..... 3

3. Forewings dark with basal fourth clear (Figure 1h). Posteromarginal comb on abdominal tergite VIII with moderately long teeth and variable failure medially ..... *Frankliniella insularis*

3'. Forewings with uniform coloration (Figure 1j) ..... 4

4. Pedicel on antennal segment III cup-shaped (Figure 1i). Posteromarginal comb on tergite VIII complete with median teeth smaller than the lateral ones ..... *Frankliniella brevicaulis*

4'. Pedicel on antennal segment III swollen (Figure 1k). Posteromarginal comb on abdominal tergite VIII incomplete, with small teeth laterally (Figure 1l) ..... *Frankliniella tritici*

**References**

ANDRADE JUNIOR, A.S., SANTOS, A.A., SOBRINHOS, C.A., BASTOS, E.A., MELO, F.B., VIANA, F.M.P., FREIRE FILHO, F.R., CARNEIRO, J.S., ROCHA, M.M., CARDOSO, M.J., SILVA, P.H.S. & RIBEIRO, V.Q. 2002. Cultivo de Feijão-Caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. Embrapa Meio-Norte, Teresina.

- CARVALHO, L.M., BUENO, V.H.P. & MENDES, S.M. 2006. Ocorrência e flutuação populacional de tripses, pulgões e inimigos naturais em crisântemo de corte em casa de vegetação. *Bragantia* 65(1):139-146. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052006000100018>
- CHAGAS, M.C.M. 1993. Tripses da inflorescência do feijoeiro macassar *Frankliniella schultzei* (Trybom). Emparn, Natal, p.1-3.(Comunicado Técnico, n.21).
- FANCELLI, M. 2004. Pragas e seu controle. In O cultivo da bananeira (A.L. Borges & L.S. Souza, eds.). Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, p.195-208.
- FONTES, L.S., PINENT, S.M.J., LIMA, E.F.B. & SUCUPIRA, I.G. 2011. First register of occurrence of *Frankliniella schultzei* (Trybom, 1910) (Thysanoptera: Thripidae) in Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) in the state of Piauí, Brazil. *Braz. J. Biol.* 71(4):1023-1024. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842011000500023>
- FREIRE FILHO, F.R., LIMA, J.A.A. & RIBEIRO, V.Q. 2005. Feijão-caupi: avanços tecnológicos. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília.
- FREIRE FILHO, F.R., RIBEIRO, V.Q., BARRETO, P.D. & SANTOS, C.A.F. 1999. Melhoramento genético de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) na região do Nordeste. In Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste brasileiro (M.A. Queiróz, C.O. Goedert & S.R.R. Ramos, eds.). Embrapa Semi-Árido, Petrolina. <http://www.cpatsa.embrapa.br/catalogo/livroorg/medicinaismelhoramento.pdf>. (last accessed on 10/12/2011).
- HICKEL, E.R. & DUCROQUET, J.H.J. 1998. Tripses associados à floração da nectarina em Santa Catarina. *An. Soc. Entomol. Bras.* 27(2):307-308. <http://dx.doi.org/10.1590/S0301-80591998000200020>
- HODDLE, M.S., MOUND, L.A. & PARIS, D.L. 2008. Thrips of California. CBIT Publishing, Queensland.
- MONTEIRO, R.C. 1994. Espécies de tripses (Thysanoptera, Thripidae) associadas a algumas culturas no Brasil. Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- MONTEIRO, R.C. 1999. Estudos taxonômicos de tripses (Thysanoptera) constatados no Brasil com ênfase no gênero *Frankliniella*. Tese de Doutorado, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- MONTEIRO, R.C. 2002. The Thysanoptera fauna of Brazil. In Thrips and Tospoviruses (L.A. Mound & R. Marullo, eds.). Australian National Insect Collection, Canberra, p.325-340.
- MONTEIRO, R.C. & LIMA, E.F.B. 2011. Thysanoptera of Brazil. <http://www.lea.esalq.usp.br/thysanoptera> (last accessed on 10/12/2011).
- MONTEIRO, R.C., MOUND, L.A. & ZUCCHI, R.A. 1999. Thrips (Thysanoptera) as pests of plant production in Brazil. *Rev. Bras. Entomol.* 43:163-171.
- MONTEIRO, R.C., MOUND, L.A. & ZUCCHI, R.A. 2001. Species of *Frankliniella* (Thysanoptera: Thripidae) as pests in Brazil. *Neotrop. Entomol.* 30(1):65-72. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2001000100011>
- MORITZ, G., MOUND, L.A., MORRIS, D. & GOLDARAZENA, A. 2004. Thrips ID: pest thrips of world: an interactive identification and information system. CSIRO Publishing, Colling.
- MOUND, L.A. & KIBBY, G. 1998. Thysanoptera: An identification guide. CABI, Wallingford.
- MOUND, L.A. & MARULLO, R. 1996. The thrips of Central and South America: An introduction (Insecta: Thysanoptera). Associated Publishers, Gainesville.
- MOUND, L.A. & MORRIS, D.C. 2007. The Insect Order Thysanoptera: Classification versus systematic. *Zootaxa* 1668:395-411.
- REYNAUD, P. 2010. Thrips (Thysanoptera). *BioRisk* 4(2):767-791.
- SCHUBER, J.M., POLTRONERI, A.S., ZAWADENAK, M.A.C., CARDOSO, N.A. & SOARES, I.C.S. 2008. Thysanoptera coletados em pomares de *Prunus persica* no município de Araucária, Paraná. *Sci. Agrar.* 9(3):411-414.
- WAQUIL, J.M., TEETES, G.L. & PETERSON, G.C. 1986. Adult sorghum midge (Diptera: Cecidomyiidae) nonpreference for a resistant hybrid sorghum. *J. Econ. Entomol.* 79:455-458.

Received 16/02/2012

Revised 16/02/2012

Accepted 19/03/2013



## ***Olpidium gregarium*, a chytrid fungus affecting rotifers populations in Rio Grande Reservoir, São Paulo State, Brazil**

**Patrícia do Amaral Meirinho<sup>1,4</sup>, Paula Yuri Nishimura<sup>1</sup>, Carmen Lidia Amorim Pires-Zottarelli<sup>2</sup>,**

**Viviane Mochini-Carlos<sup>3</sup> & Marcelo Luiz Martins Pompêo<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo – USP, CEP 05508-090, São Paulo, SP, Brasil

<sup>2</sup>Núcleo de Pesquisa em Micologia, Instituto de Botânica, Secretaria do Meio Ambiente, CEP 04045-972, São Paulo, SP, Brasil

<sup>3</sup>Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Estadual Paulista – UNESP, CEP 18087-180, Sorocaba, SP, Brasil

<sup>4</sup>Corresponding author: Patrícia do Amaral Meirinho, e-mail: patymeiri@ib.usp.br

MEIRINHO, P.A., NISHIMURA, P.Y., PIRES-ZOTTARELLI, C.L.A., MOCHINI-CARLOS, V. & POMPÊO, M.L.M. *Olpidium gregarium*, a chytrid fungus affecting rotifers populations in Rio Grande Reservoir, São Paulo State, Brazil. Biota Neotrop. 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?short-communication+bn00913012013>

**Abstract:** A chytrid fungus *Olpidium gregarium* was found in Rio Grande Reservoir as rotifers populations' parasite. Along the reservoir central axis, the rotifers density decreased in the dam direction, while the density of affected rotifers by the chytrid fungus increased in the same direction. Moreover, some rotifers species were more affected than others, thus showing certain preference for some rotifers species. Thereby, this parasite may be interfering in the distribution of rotifers population in Rio Grande Reservoir. This is the first report of this species for Brazil.

**Keywords:** parasite, Chytridiomycota, Rotifera, zones.

MEIRINHO, P.A., NISHIMURA, P.Y., PIRES-ZOTTARELLI, C.L.A., MOCHINI-CARLOS, V. & POMPÊO, M.L.M. *Olpidium gregarium*, um quitridiomiceto afetando populações de rotíferos no Reservatório Rio Grande, Estado de São Paulo, Brasil. Biota Neotrop. 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?short-communication+bn00913012013>

**Resumo:** O quitridiomiceto *Olpidium gregarium* foi encontrado no Reservatório Rio Grande parasitando diversas espécies de rotíferos. Ao longo do eixo central do reservatório, a densidade de rotíferos diminuiu em direção à barragem, enquanto que a abundância relativa de rotíferos afetados pelo quitrídio aumentou na mesma direção. Além disso, algumas espécies de rotíferos foram mais afetadas do que outras, mostrando com isso certa preferência por algumas espécies de rotíferos. Desta forma, este parasita pode estar afetando a distribuição das populações de rotíferos no reservatório. Este é o primeiro relato da espécie no Brasil.

**Palavras-chave:** parasita, Chytridiomycota, Rotifera, zonas.



## Introduction

Rotifers are an important part of the freshwater zooplankton, notably the most abundant and diverse in this community (Allan 1976). Classically are recognized three groups: Monogononta, Bdelloidea and Seisonacea. Monogononta and Bdelloidea have the largest number of species and occur predominantly in freshwater, while Seisonacea has only three marine species (Segers 2008). In aquatic ecosystems, many organisms can parasitize rotifers, among them are the fungi species that obtain part or all of their nutrition by attacking and consuming them (Barron, 2004). Some species parasitize bdelloids rotifers specifically (Barron & Szijarto 1984), while others affect different Monogononta rotifers.

*Olpidium* spp. are a holocarpic fungi belonging to Chytridiomycota (Kirk et al. 2008) that parasitize primarily freshwater algae, fungi, mosses, pollen, flowering plants and microscopic animals such as rotifers (Karling 1977). This endoparasitic genus produces zoosporangia which discharge zoospores via exit tubes that are plugged with mucus prior to zoospore release. Therefore, during the infection, the fungus digests the internal content of the host, while forms a thallus inside it where new zoospores can be produced and discharged, starting again the process (Barron 2004). Seven species of *Olpidium* have been reported to infect adults or eggs of rotifers and other invertebrates (Dick 2001), with *O. gregarium* most commonly reported (Glockling 1998). Until now, only two species, *Olpidium granulatum* and *O. rotiferum*, were cited parasitizing eggs and adult rotifers in Brazilian freshwaters in Amazonas and Rondônia States (Karling 1946).

## Materials and Methods

In March 2009, rotifers samples were collected in 12 sampling spots along the central axis of Rio Grande Reservoir, São Bernardo do Campo, São Paulo State, Brazil. Sampling spot 1 is the furthest from the dam, while sampling spot 12 is the closest. Rotifers samples were collected in vertical hauls with a 68 µm mesh net and posterior estimation of the water filtered volume. The organisms were narcotized with carbonated water and the samples were preserved with 4% formalin-sucrose solution. Rotifers were identified according to Koste (1978), Segers & Dumont (1995) and Shiel & Koste (1992), while the parasitic fungus was identified according to Sparrow Junior (1960), Karling (1977) and Glockling (1998). Sub-samples of the rotifers sample were counted in a Sedgwick-Rafter camber until 100 individuals of the most abundant species. Affected rotifers were considered the ones showing sporangium structures into the body. In the places where was observed the major number of affected organisms (sampling spots 10, 11 and 12), it was calculated the average percentage of affected individuals of each species in relation to the all affected individuals.

## Results and Discussion

The parasitic fungus was identified as *Olpidium gregarium* (Nowak.) J. Schröt., species that belongs to the phylum Chytridiomycota, class Chytridiomycetes, Olpidiaceae family (Figure 1). This species seems to be the most common and widely distributed around the world (Karling 1946, Sparrow Junior 1960, Glockling 1998). However, in Brazil, this is the first report of this species, where only rotifers adults were affected. Therefore, despite this species can also affect rotifers eggs, it was not observed the occurrence of zoosporangia in eggs. Perhaps the sampling has been inefficient to evaluate this fact. It is also important to highlight that the organisms considered here as affected, does not reveal the real number of the affected rotifers, but the occurrence of the zoosporangium.

Moreover, during the zoosporangium development, the fungus uses the internal content of the host, killing it, thus, rotifers considered here as affected are, in fact, dead (Karling 1946).

The zoosporangia of the specimens observed were smooth, commonly oval or ellipsoidal, 16-30× 15-25 µm, usually numerous into the rotifers, with a short tube, sometimes long, to discharge hyaline zoospores; encysted zoospores measuring 2-3.5 µm diameter, with a single eccentric refractive globule; resting spores not observed.

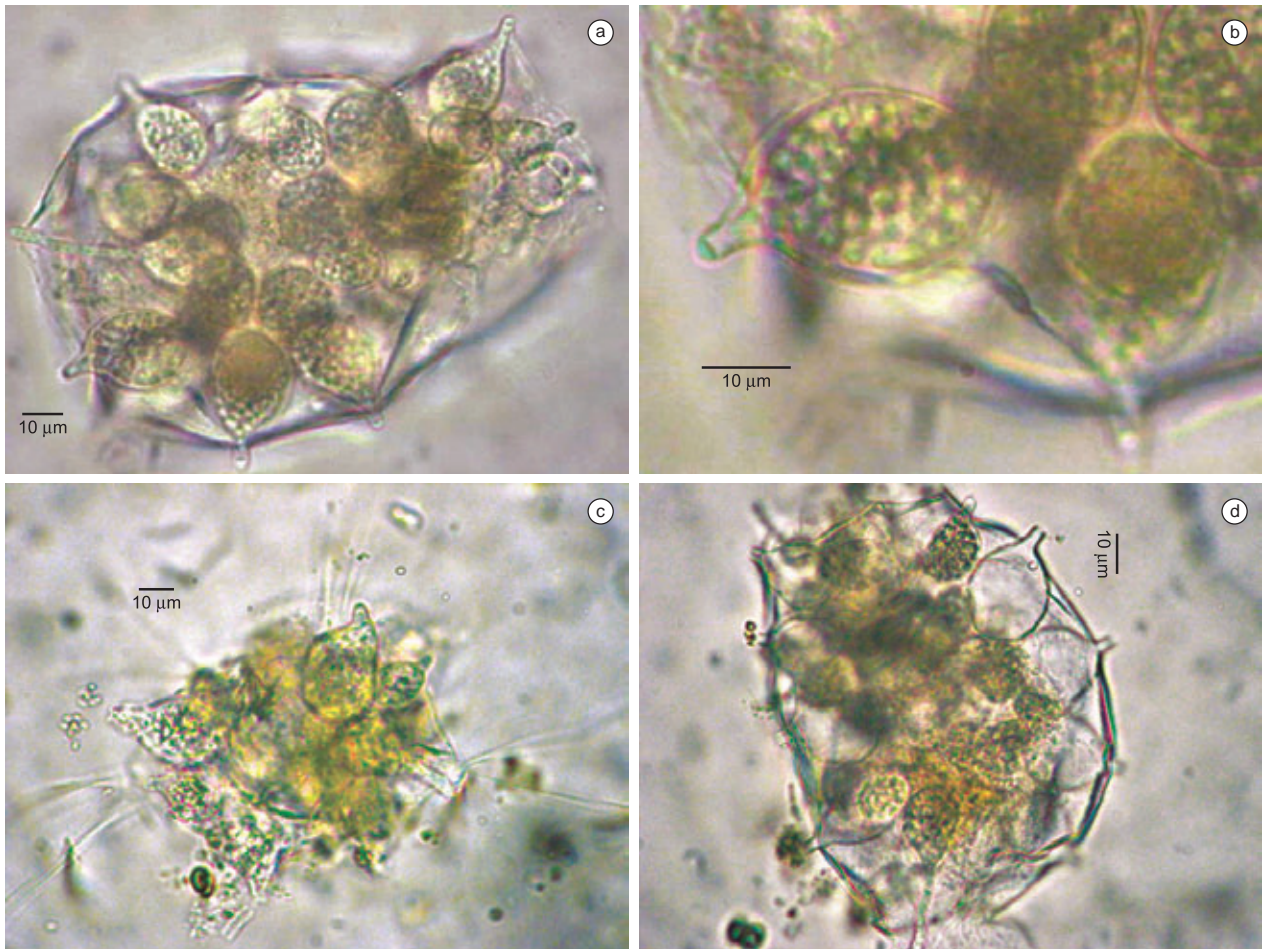
Affected rotifers were found in all sampling spots in Rio Grande Reservoir and 14 out of 27 rotifers species were affected. The most abundant rotifers were *Proales* sp., *Collotheca* sp. and *Polyarthra* aff. *vulgaris* (Figure 2). *Proales* sp. and *Polyarthra* aff. *vulgaris* were the most affected taxa, however, *Collotheca* sp. was not affected at all (Table 1), indicating that *O. gregarium* affected preferentially some rotifers taxa and may have influenced the rotifers distribution along the reservoir gradient. It is not known why this preference for some hosts species occurs. Glockling (1998) mentioned that species of the genus *Olpidium* do not affect bdelloids rotifers. Therefore, this genus may affect the Monogononta, the only group isolated in this study. In Monogononta, one factor observed that can contribute to host preference is the body shape, since the most affected species had a body with similar length and width, while not affected species as *Collotheca* sp. have a slimmer body (length greater than width).

A clear gradient was observed in Rio Grande Reservoir, with rotifers density decreasing near the dam (Figure 3). The proportion of affected rotifers displayed an opposite pattern, increasing near the dam (Figure 3). Rotifers species abundance also varied in the reservoir, corroborating the reservoir spatial heterogeneity (Figure 2). These patterns of spatial heterogeneity in rotifers' abundance and in affected rotifers proportion bring evidences that the rotifers distribution in Rio Grande Reservoir is being affected by the parasitic fungus *O. gregarium*. Thomas et al. (2011) suggested that the evidences on rotifers' parasitism show that this interaction can greatly affect the density of rotifers populations, rotifers evolution and other interspecific interactions. However, there are few studies about the potential influence of parasites on rotifers populations. Further investigations are required to elucidate how *O. gregarium* affects the rotifers populations and, in this way, its role in the zooplankton community structure and dynamic.

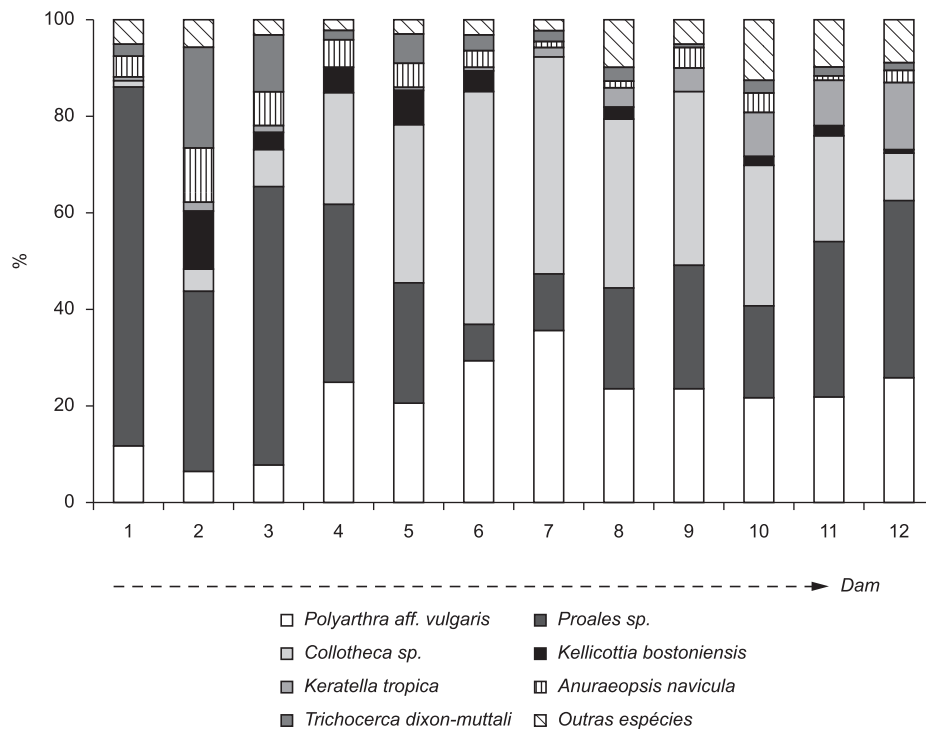
The distribution pattern of *O. gregarium* in Rio Grande Reservoir is not clear. According to Meirinho (2010), a gradient of environmental conditions occurs along the central axis of the Rio Grande Reservoir, what forms compartments with distinct characteristics; this gradient is followed by the zooplankton community that also displays differences among compartments. Therefore, in the same way as occur with rotifers, the *O. gregarium* pattern may also be related to the physical,

**Table 1.** Most abundant rotifers taxa in the sampling spots where the parasitic chytrid fungus was more abundant (near the dam), and the respective proportion (%) of affected individuals of each species in relation to all affected individuals (average data of the sampling spots 10, 11 and 12).

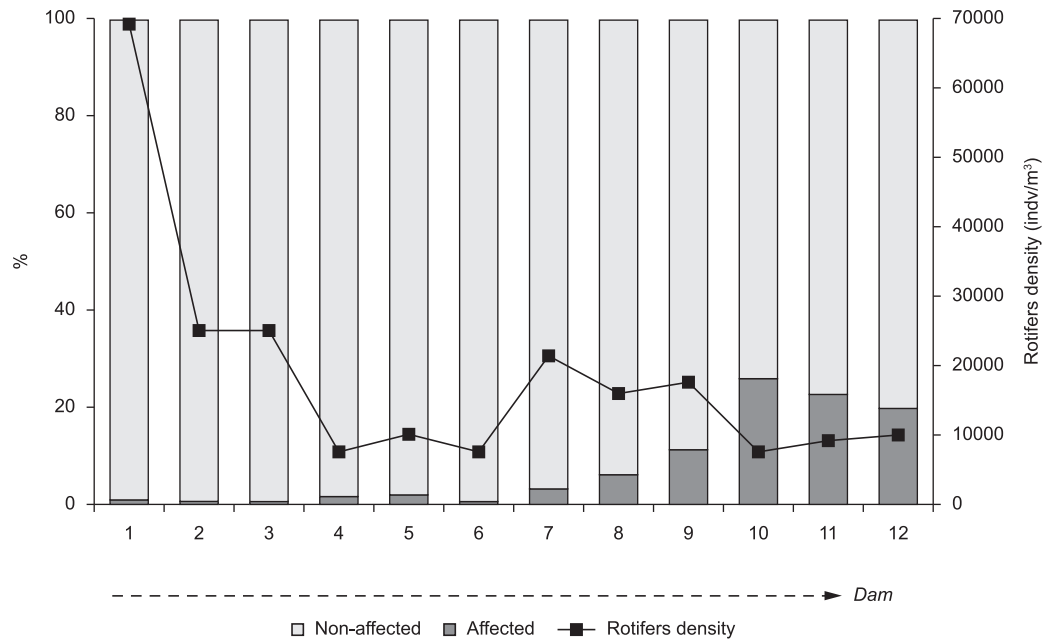
Rotifera species	%
<i>Anuraeopsis navicula</i> Rousselet, 1910	1.7
<i>Collotheca</i> sp.	0
<i>Kellicottia bostoniensis</i> (Rousselet, 1908)	2.4
<i>Keratella tropica</i> Apstein, 1907	12.1
<i>Polyarthra</i> aff. <i>vulgaris</i>	24.5
<i>Proales</i> sp.	31.9
<i>Trichocerca dixon-nuttalli</i> (Jennings, 1903)	0.8
Other species	26.6



**Figure 1.** a) *Proales* sp. displaying *Oplidium gregarium*' zoosporangia. b) In detail, the zoosporangia structure. c) *Polyarthra* aff. *vulgaris* displaying zoosporangium with zoospores released. d) *Proales* sp. with empty zoosporangia.



**Figure 2.** Relative abundance of rotifers' species along Rio Grande Reservoir central axis. Sampling spot 1 is the furthest from the dam, while sampling spot 12 is the closest.

*Olpidium gregarium*, a chytrid fungus affecting rotifers populations

**Figure 3.** Proportion of affected and non-affected rotifers, and rotifers density along Rio Grande Reservoir central axis. Sampling spot 1 is the furthest from the dam, while sampling spot 12 is the closest.

chemical and biological characteristics of the reservoir compartments. For example, *O. gregarium* was more abundant near the dam, where the environment presents lake characteristics and is less eutrophic compared to the rest of the reservoir.

### Acknowledgments

This project was supported by the Coordination for the Improvement of Higher Level (CAPES Master's scholarship for P. A. Meirinho).

### References

- ALLAN, J.D. 1976. Life history patterns in zooplankton. *Amer. Nat.* 110(971):165-180. <http://dx.doi.org/10.1086/283056>
- BARRON, G.L. & SZIJARTO, E. 1984. Fungal parasites of bdelloid rotifers: a new *Phialophora*. *Mycologia* 76(6):1107-1110. <http://dx.doi.org/10.2307/3793026>
- BARRON, G.L. 2004. Fungal parasites and predators of rotifers, nematodes and other invertebrates. In *Biodiversity of fungi, inventory and monitoring methods* (G.M. Mueller, G.F. Bills & M.S. Foster, eds.). Elsevier Academic Press, San Diego, p.435-450. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-012509551-8/50022-2>
- DICK, M.W. 2001. *Straminipilous fungi*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- GLOCKLING, S.L. 1998. Isolation of a new species of rotifers-attacking *Olpidium*. *Mycol. Res.* 102(2): 206-208. <http://dx.doi.org/10.1017/S0953756297004693>
- KARLING, J.S. 1946. Brazilian chytrids. Additional parasites of rotifers and nematodes. *Lloydia* 9(1):1-12.
- KARLING, J.S. 1977. *Chytridiomycetorum iconographia*. J. Cramer, Vaduz, New York.
- KIRK, P.M., CANNON, P.F., MINTER, D.W. & STALPERS, J.A. 2008. *Dictionary of Fungi*. 10th ed. CABI Bioscience, Wallingford.
- KOSTE, W. 1978. *Rotatoria, die Rädertiere Mitteleuropas: Überordnung Monogononta: ein Bestimmungswerk*. Gebrüder Borntraeger, Berlin.
- MEIRINHO, A.M. 2010. *Compartimentalização da comunidade zooplancônica em um reservatório tropical urbano eutrofizado (braço Rio Grande, Complexo Billings, SP)*. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- SEGBERS, H. & DUMONT, H.J. 1995. 102+ rotifer species (Rotifera: Monogononta) in Broa Reservoir (SP, Brazil) on 26 August 1994, with the description of three new species. *Hydrobiologia* 316:183-197. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00017436>
- SEGBERS, H. 2008. Global diversity of rotifers (Rotifera) in freshwater. *Hydrobiologia* 595:49-59. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-007-9003-7>
- SHIEL, R.J. & KOSTE, W. 1992. Rotifera from Australian inland waters VIII. Trichocercidae (Monogononta). *T. Roy. Soc. South. Aust.* 116(1):1-27.
- SPARROW JUNIOR, F.K., 1960. *Aquatic Phycomycetes*. 2nd ed. University of Michigan Press, Ann Arbor.
- THOMAS, S.H., HOUSLEY, J.M., REYNOLDS, A.N., PENCZYKOWSKI, R.M., KENLINE, K.H., HARDEGREE, N., SCHMIDT, S. & DUFFY, M. 2011. The ecology and phylogeny of oomycete infections in *Aplanchna* rotifers. *Freshwater Biol.* 56:384-394. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2427.2010.02505.x>

Received 23/07/2012

Revised 02/12/2012

Accepted 18/01/2013

**Nest architecture of the stingless bee *Geotrigona subterranea* (Friese,1901) (Hymenoptera: Apidae: Meliponini)**

**Fernando Mendes Barbosa<sup>1,5</sup>, Rogério Marcos de Oliveira Alves<sup>2</sup>,**

**Bruno de Almeida Souza<sup>3</sup> & Carlos Alfredo Lopes de Carvalho<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Setor de Zootecnia I, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais – IFNMG, Fazenda São Geraldo, Km 06, CEP 39480-000, Januária, MG, Brasil

<sup>2</sup>Grupo de Pesquisa Insecta, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – IF Baiano, CEP 41720-052, Salvador, BA, Brasil

<sup>3</sup>Embrapa Semi-Árido, BR 428, Km 152, Zona Rural, CP 23, CEP 56302-970, Petrolina, PE, Brasil

<sup>4</sup>Grupo de Pesquisa Insecta, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB, CEP 44380-000, Cruz das Almas, BA, Brasil

<sup>5</sup>Corresponding author: Fernando Mendes Barbosa, e-mail: fernando.barbosa@ifnmg.edu.br

BARBOSA, F.M., ALVES, R.M.O., SOUZA, B.A. & CARVALHO, C.A.L. **Nest architecture of the stingless bee *Geotrigona subterranea* (Friese,1901) (Hymenoptera: Apidae: Meliponini)**. Biota Neotrop. 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?article+bn03913012013>

**Abstract:** We located ten nests of *Geotrigona subterranea* in the transition area between Cerrado and Caatinga within the municipalities of Lontra and Januária, state of Minas Gerais, southeastern Brazil. We collected the nests to study their architecture in detail. In the present paper, we describe the general nest structure of this bee species in terms of: number, shape and area of the combs; size of the brood cells; size of honey and pollen pots; volume of honey and mass of pollen stored in closed pots; presence of inquiline species; and defensive characteristics. All nests were found in subterranean cavities. The nest structure of *G. subterranea* is similar to that of other congeneric species.

**Keywords:** *bionomy, nesting, stingless bee, mombuca bee.*

BARBOSA, F.M., ALVES, R.M.O., SOUZA, B.A. & CARVALHO, C.A.L. **Arquitetura do ninho de *Geotrigona subterranea* (Friese, 1901)(Hymenoptera: Apidae: Meliponini)**. Biota Neotrop. 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?article+bn03913012013>

**Resumo:** Foram localizados dez ninhos de *Geotrigona subterranea* em áreas de transição entre o Cerrado e a Caatinga nos municípios de Lontra e Januária, Estado de Minas Gerais. Os ninhos foram coletados para observação da arquitetura. Neste trabalho são apresentadas informações sobre estrutura geral e forma do ninho desta espécie; número, forma e área dos favos de cria; tamanho de células de cria; tamanho de potes de mel e pólen; volume dos potes de mel e massa de pólen em potes fechados; presença de inquilinos e características de defesa. Todos os ninhos foram encontrados em cavidades subterrâneas. De modo geral, esta espécie apresenta estrutura de ninho similar a apresentada por outras espécies do mesmo gênero.

**Palavras-chave:** *bionomia, nidificação, abelha sem ferrão, abelha Mombuca.*



## Introduction

Stingless bees (Meliponini) are found in tropical and subtropical regions of the world (Michener 2007); 33 genera are exclusively Neotropical (Camargo & Pedro 2012). The genus *Geotrigona* is broadly distributed in the Neotropics; it occurs from Michoacán, Mexico, to Santiago del Estero, northern Argentina (Camargo & Moure 1996, Gonzalez & Sepúlveda 2007), and comprises 22 species (Camargo & Pedro 2012, Gonzalez & Engel 2012). *G. subterranea* (Friese, 1901) occurs in the Brazilian states of Bahia, Minas Gerais, Paraná, and São Paulo (Camargo & Moure 1996, Silveira et al. 2002). This bee species is locally known as *mombuca*, *guiruçu*, or *guiruçu mineiro*, depending on the region. Its nests are found in underground cavities, which are usually abandoned chambers built by leafcutter ants.

Meliponini bees build their nests in several substrates, such as subterranean cavities, tree trunks, branches of living trees, rock crevices, brick walls, active or abandoned termite nests, arboreal ant nests, subterranean chambers abandoned by ants, active bird nests, or empty nests attached to branches (Schwarz 1948, Camargo 1970, Wille 1983, Campos 1987, Kerr et al. 1996, Roubik 2006).

The materials used for nest building are mainly pure wax or cerumen – a mixture of wax and propolis – resins, plant fibers, and clay (Rasmussen & Camargo 2008). Camargo (1970) considers the nesting site as the main limiting factor for population growth in stingless bees.

Currently, due to the accelerated destruction of forests, environmentalists have developed conservation programs for plant and animal species. In terms of restoration and preservation of the native flora, pollination is an important phenomenon that must be assessed. Studies on the biology of pollinating bees, issues related to their maintenance in artificial nests, and their reproduction and division of colonies are important for conservation (Kerr et al. 1996).

The nesting biology of *G. subterranea* was briefly described by Camargo & Moure (1996). A detailed description of the nest architecture of *G. mombuca* was made by Nogueira-Neto & Sakagami (1966). However, no description is available for *G. subterranea* yet.

The present study describes the nest structure of *G. subterranea*, and provides important information for the management of colonies and species conservation.

## Materials and Methods

The present study was carried out in Lontra (15 ° 54' 10" S, 44 ° 18' 18" W, 781 m a.s.l.) and Januária (15 ° 29' 16" S, 44 ° 21' 43" W; 554 m a.s.l.), state of Minas Gerais, southeastern Brazil. The vegetation in the region is characterized as a transition between Cerrado and Caatinga. The regional climate is Aw according to the Köppen system, and is characterized by a dry winter and a rainy summer.

We excavated and collected ten nests between November 2010 and August 2011 to analyze their external and internal structure, as well as other characteristics. The nests were numbered from 01 to 10. The description of nests followed Wille & Michener (1973), as presented by Souza et al. (2008).

We cleaned the surroundings of each nest, measured the diameter of the entrance, and excavated laterally to reach the nest. We measured the external part of the active cavity and its depth with a measuring tape. In some cases, we estimated the length of the entrance channel.

We estimated the space occupied by the brood based on the height and diameter of the combs. We counted honey and pollen pots, and measured their height and diameter with a caliper. We measured the volume of the honey pots using a 20-mL graduated syringe to

completely withdraw the contents. We weighed the mass of pollen in closed pots with analytic scales.

We estimated the population size with the equation  $(X + X/2)$ , in which X represents the total number of cells obtained, following Aidar (1996).

The collected specimens were sent to the Department of Biology, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, for identification.

## Results

### 1. Nesting site

All nests were built in underground cavities. The nests 01, 02, 07, 09, and 10 were built in abandoned ant nests; the nests 04 and 05 were found in inactive nests of subterranean termites; the nest 08 was found in a simple cavity between the ground and a masonry structure; the nests 03 and 06 were found in chambers formed by rainwater. Data on nest architecture are presented in Table 1.

Among the nests studied, two were located in shaded areas with dense vegetation and the others in sunny areas, which were clean or covered with undergrowth. The excavated nests were found in soils with different physical properties, especially in terms of texture.

### 2. Nest architecture

#### 2.1. Nest entrance

The entrance hole is circular with a diameter that ranges from 0.85 cm to 1.20 cm and an average value of 1.0 cm. In all nests, we observed detritus around the entrance, composed of particles of clay, gravel, leaves, sticks, and sawdust in a pile reaching up to 14 cm (Figure 1). The height of the pile of waste varied among environments; it was higher in areas where the humus layer was thicker. In periods of high rainfall, the deposit of sticks also increased. The entrance was guarded by three to four workers during the day.

#### 2.2. Channel to the nest cavity

The length of the access tunnel depended on nest depth and shape of the duct. We observed almost straight tunnels, with very slight curves as well as S-shaped tunnels. The diameter varied from 1.7 cm to 2.7 cm, with an average value of 2.5. In general, the tunnel was coated with a thin layer of cerumen and opened into the upper region of the nest (Figure 1).

#### 2.3. Nest cavity

As described above, the nests were found in several types of cavities. The studied nests did not occupy the cavities completely, but were built on top of the cavities, leaning on the side walls through slight evaginations of the outer involucrum. These characteristics are represented by values of cavity and nest volume in Table 1; the cavity had higher volume than the nest.

#### 2.4. Nest

The nest shape varied. In most cases the width was greater at the top and decreased until it reached the bottom. Oval-shaped nests were observed.

The nest was externally covered by a cerumen layer. i.e., the outer involucrum, and internally it contained a layer of food pots, several layers of internal involucrum, and the brood area.

#### 2.5. Outer involucrum

It consisted of a cerumen layer of brittle consistency and dark color (Figure 1d), which formed light evaginations to bind it to the

**Table 1.** Data of 10 nests of *Geotrigona subterranea* collected in Lontra and Januária, state of Minas Gerais, southeastern Brazil.

Variable	n	Unit	Range	Mean ± SD
Chamber length	10	cm	18.5-70.0	38.15 ± 14.92
Chamber width	10	cm	14.5-41.0	29.95 ± 8.93
Chamber height	10	cm	21.0-70.0	29.75 ± 14.44
Chamber volume	10	L	7.8-92.6	36.64 ± 26.75
Nest length	10	cm	17.0-36.0	25.59 ± 6.31
Nest width	10	cm	13.0-26.6	19.66 ± 4.76
Nest height	10	cm	14.0-28.0	17.92 ± 4.42
Nest volume	10	L	3.43-15.22	9.27 ± 4.03
Diameter of the brood area	10	cm	7.2-11.9	9.91 ± 1.40
Height of the brood area	10	cm	7.9-15.0	11.79 ± 2.28
Volume of the brood area	10	L	0.32-1.43	0.95 ± 0.35
Nest depth	10	cm	39.0-222.0	119.40 ± 59.02
Diameter of the nest entrance	10	cm	0.8-1.2	0.96 ± 0.14
Number of brood combs	10	un.	8.0-13.0	11.10 ± 1.91
Diameter of brood combs	110	cm	2.60-11.50	7.67 ± 1.84
Number of cells/cm <sup>2</sup> in brood combs	10	un.	9.168-9.427	9.275 ± 0.08
Height of brood cells	130	mm	5.79-6.73	6.13 ± 0.18
Diameter of brood cells	130	mm	3.36-4.46	4.00 ± 0.20
Pillar thickness	115	mm	0.90-2.98	1.80 ± 0.44
Pillar height	117	mm	2.35-3.96	3.20 ± 0.33
Height of the honey pot	151	cm	2.36-7.36	5.27 ± 1.04
Diameter of the honey pot	151	cm	1.14-2.34	1.50 ± 0.16
Volume of the honey pot	119	mL	1.80-11.00	6.82 ± 1.99
Height of the pollen pot	141	cm	2.25-7.51	5.26 ± 0.96
Diameter of the pollen pot	141	cm	1.13-1.78	1.45 ± 0.13
Pollen deposited in closed pots	93	g	2.50-14.91	7.04 ± 2.60
Population size	10	un.	2726-11074	7484.90 ± 2171.77

n = number of units assessed.

side walls of the underground cavity. This envelope has the function of separating the nest from the wall of the cavity.

## 2.6. Storage pots

Storage pots were located between the inner and outer involucrum. They formed a solid mass around the brood area and, in some cases, on the top of the nest. We found no differences in location and size between honey and pollen pots. The shape of the pots was cylindrical and slightly oval at the extremities (Figure 1d). The outer walls of the pots were thick and black; the walls between pots were thin and sometimes they broke, connecting one pot to the other. We observed honey and pollen in the same pot in some cases. We observed pots containing crystallized honey in three nests. The honey had a slightly sour taste and the average volume was 500 mL/colony. The average mass of pollen stored was 250 g/colony.

## 2.7. Inner involucrum

This structure was observed in all nests. It consisted of 4-6 layers of cerumen, 1 cm apart from each other, with colors ranging from light brown to black. Unlike the outer involucrum, it was soft. On the outer layers, small resin deposits were built.

## 2.8. Brood area

The height of the brood area varied from 7.9 to 13.0 cm and the diameter from 7.2 to 11.9 cm. It consisted of complete spiral combs arranged horizontally (Figure 1c). Comb diameter varied from 2.6 to 11.5 cm, with an average value of 7.67 cm. The number of brood

combs varied from 8 to 13. The average distance between combs was 3.2 mm. Combs were supported by many pillars, with thickness varying from 0.90 to 2.98 mm. The volume of the brood area volume varied from 0.32 to 1.43 L, with an average value of 0.95 L.

Brood cells had an average height of 6 mm and an average diameter of 4 mm. The height of one royal cell was 9.8 mm and its diameter was 5.8 mm. Royal cells are built at the extremities of the combs. We observed that several brood cells were constructed at the same time; we found from 5 to 12 cells at several growth stages in the same comb (Figure 1c).

## 2.9. Drainage canal

Despite being a common structure in the nests of ground-nesting bees, whose function is to drain the excess of moisture, we did not observe the presence of any draining canal in the studied nests.

## 2.10. Resin deposits

On the layers of the inner involucrum small deposits of dark-colored resin were built. The outermost layer of deposit, which contacts the colony environment, had a hard consistency and a sticky interior. The shape of the deposits was not clearly defined, and it was often irregular.

## 2.11. Garbage

In the free space between the nest and the cavity bottom, we detected the presence of dead bees and other decomposing materials, possibly discarded by workers. In this place, we also detected other





**Figure 1.** Nest architecture of *Geotrigona subterranea*: (a) nest entrance; (b) general view of the nest in the underground cavity, showing the entrance tube; (c) brood combs with spiral shape; (d) view of the nest showing food pots and the outer involucrum.

arthropods. The ground next to the garbage was very dry and its texture was loose and light, even if the surrounding soil was moist.

### 2.12. Population

The estimated population, including young and adult individuals, varied from 2,726 to 11,074, with an average value of 7,485 bees. We did not observe virgin queens and males during the period when the nests were collected, since swarming was not taking place.

### 2.13. Inquilines

We observed several arthropods, especially in the region where the bees deposited the garbage. There were beetles (Insecta: Coleoptera), earwigs (Insecta: Dermaptera), woodlice (Malacostraca: Isopoda), myriapods (Quilopoda), pseudoscorpions (Pseudoescorpiones), and mites (Acarina: Acari). Although these arthropods have different feeding habits, they all find their food in sources of decomposing organic matter.

## Discussion

Species that build underground nests are relatively rare among stingless bees (Wille 1966). According to Schwarz (1948) and Camargo & Moure (1996) all species of the genus *Geotrigona* have subterranean nests. Nogueira-Neto & Sakagami (1966) studied

three nests of *Geotrigona mombuca* and observed a preference for abandoned chambers built by *Atta* leafcutter ants.

The presence of nests in soils with different physical properties suggests that soil type did not affect chamber choice. Nogueira-Neto & Sakagami (1966) also observed that soil differences did not influence nesting in *G. mombuca*.

Despite the location of the nests in areas with dense vegetation, the preference for nesting in open areas allows high light incidence, which directly affects the external activity of bees.

The detritus adorning the entrance has the function to guide foraging bees to the nest (Nogueira-Neto & Sakagami 1966, Camargo & Moure 1996, Lacerda et al. 1998). It was observed that debris deposited around the entrance can help protect the colony. Large amounts of sticks deposited during periods of high rainfall prevent germination and development of weeds that may block the nest entrance. The entrance is not closed at night, as observed in other bee species (Wille 1983).

Nogueira-Neto & Sakagami (1966) studied three nests of *G. mombuca*, and observed that the chamber walls were lined with a cerumen layer. However, Camargo & Moure (1996) did not observe this characteristic in other two species of the same genus: *G. subterranea*, focus of the present study, and *G. mattogrossensis*. We did not observe coating on chamber walls either.

The presence of honey and pollen in the same pot can be explained by a lack of storage space in peak periods of storage.

In the brood area, multiple involucrum layers have the function of keeping the temperature constant within the nest and retaining the heat produced by the brood metabolism (Wille 1983). Alves et al. (2003) observed that this structure was, in most cases, absent in *Trigona fulviventris*, because the soil allows low temperature variation. São-Thiago et al. (2009) observed this structure surrounding the brood area in five nests of *Melipona quinquefasciata*.

Some species of stingless bees build no involucrum. It usually occurs in bee groups that build brood cell clusters. However, even in species that build compact honeycombs, sometimes the shell is reduced or absent (Nogueira-Neto 1997). Kerr et al. (1967) stated that the involucrum may be optional, and its construction is related to external temperature conditions. However, Camargo (1970) noted that the lack of an involucrum in some species is not determined by climate, but rather by the nesting site, which was also observed in *Scaura lattarsis*.

Although temperature variation is low in the soil, soil temperature at the average depth where the nests are built ( $24.9 \pm 0.25$  °C) was lower than the temperature of the soil in the brood region ( $28.7 \pm 1.12$  °C). This may be explained the presence of several involucrum layers in the brood region. It is possible that waste decomposition inside the colony generates heat, helping maintain the nest temperature constant.

The non-permeability of the soil in the waste area may be due to the presence of high amounts of organic matter from the decomposition of waste materials. According to Silva (2008) high levels of organic matter reflect a high hydrophobic characteristic of the soil. The hydrophilic portion of the material is oriented toward the interior of the aggregate, whereas the hydrophobic portion is directed to the outer surface, forming a water-repellent layer.

The pattern of cell construction resembles that of other species. In *G. mombuca*, Lacerda et al. (1991) and Lacerda & Zucchi (1999) found out that brood cell construction is successive. According to these authors, the provision of the cells is synchronized.

The presence of a drainage channel was observed by Portugal-Araújo (1963) in two African species of stingless bees (*Plebeïella lendliana* and *Meliplebeia beccarii*), in which the channel ends in a sandy region located on the bottom of the nest. The same structure was described for *Nogueirapis mirandula* and *Tetragonisca buchwaldi* in Costa Rica (Wille 1964, 1966); and for *Partamona testacea* and *Trigona recursa* (Camargo 1970). The observations of Nogueira-Neto & Sakagami (1966) are consistent with the present study since the authors did not find this structure in another species of the genus: *G. mombuca*, whose nest is similar to that of *G. subterranea*. The nests found in abandoned chambers built by leafcutter ants had other cavities, which were connected to each other by channels located near the nest cavity. Nogueira-Neto & Sakagami (1966) believe that these cavities play a role in moisture drainage, in case of overflow.

In general, bee colonies with a single entrance tube have any mechanism of ventilation (Moritz & Crewe 1988). According to Nogueira-Neto & Sakagami (1966) ventilation may be made through air spaces in the soil.

The characteristics of nest architecture in *G. mombuca* described by Nogueira-Neto & Sakagami (1966) are similar to those in *G. subterranea* observed in the present study. Camargo & Moure (1996), studying one nest of *G. mottogrossensis*, obtained similar results.

Camargo & Moure (1996) described briefly two nests of *G. subterranea*, showing characteristics similar to those found in the present study. According to these authors, the nest of *G. subterranea* differs a little from that of other species of *Geotrigona*, in terms of architecture.

## Conclusion

Nest architecture in *G. subterranea* is similar to other species of the genus, as this bee species builds its nests in several types of underground cavities.

## Acknowledgments

To Dr. Sílvia R. M. Pedro of the Department of Biology of the FFCLRP-USP for identification of the bee species. At the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) for the studentship to CALC (Proc. 30327/2010-4).

## References

- AIDAR, D.S. 1996. A mandacaiá - biologia de abelhas, manejo e multiplicação artificial de colônias de *Melipona quadrfasciata* Lep. (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae). Sociedade Brasileira de Genética 04.
- ALVES, R.M.O., CARVALHO, C.A.L. & SOUZA, B.A. 2003. Arquitetura do ninho e aspectos bioecológicos de *Trigona fulviventris* Guerin, 1853 (Hymenoptera: Apidae). Magistra 15:97-100.
- CAMARGO, J.M.F. & MOURE, J.S. 1996. Meliponini neotropicais: o gênero *Geotrigona* Moure. Arq. Zool. 33(3):95-161.
- CAMARGO, J.M.F. 1970. Ninhos e biologia de algumas espécies de Meliponídeos (Hymenoptera: Apidae) da região de Porto Velho, Território de Rondônia, Brasil. Rev. Biol. Trop. 16:207-239.
- CAMARGO, J.M.F. & PEDRO, S.R.M. 2012. Meliponini Lepageletier, 1836. In Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region (J.S. Moure, D. Urban, & G.A.R. Melo, orgs.). Online version. <http://www.moure.cria.org.br/catalogue> (último acesso em 28/09/2012).
- CAMPOS, L.A.O. 1987. Abelhas indígenas sem ferrão: o que são? Info. Agrop. 13(147).
- GONZALEZ, V.H. & ENGEL, M.S. 2012. A new species of *Geotrigona* Moure from the Caribbean coast of Colombia (Hymenoptera, Apidae). ZooKeys 172:77-87. <http://dx.doi.org/10.3897/zookeys.172.2735>
- GONZALEZ, V.H. & SEPÚLVEDA, P. 2007. Una especie nueva de *Geotrigona* (Hymenoptera: Apidae, Meliponini), con comentarios sobre el género en Colombia. Acta Biol. Colomb. 12S:103-108.
- KERR, W.E., CARVALHO, G.A. & NASCIMENTO, V.A. 1996. Abelha urucu: biologia, manejo e conservação. Fundação Acangaú, Belo Horizonte.
- KERR, W.E., SAKAGAMI, S.F., ZUCCHI, R., ARAÚJO, V.P. & CAMARGO, J.M.F. 1967. Observações sobre a arquitetura dos ninhos e comportamento de algumas espécies de abelhas sem ferrão das vizinhanças de Manaus, Amazonas (Hymenoptera, Apoidea). Atas Simp. Biota Amazônia. 5(Zool.):255-309.
- LACERDA, L.M., ZUCCHI, R. & ZUCOLOTO, F.S. 1991. Colony condition and bionomic alterations in *Geotrigona inusitata* (Apidae, Meliponini). Acta Biol. Par. 20(1,2,3,4):109-123.
- LACERDA, L.M. & ZUCCHI, R. 1999. Behavioral Alterations and Related Aspects in Queenless Colonies of *Geotrigona mombuca* (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae). Sociobiology 33(3):277-288.
- LACERDA, L.M., ZUCCHI, R. & SAKAGAMI, S.F. 1998. Oviposition behavior of the stingless bees, XXV. Ethological relationships of *Geotrigona mombuca* to other stingless bees taxa (Insecta: Hymenoptera; Apidae, Meliponinae). Nat. Hist. Bull. Ibaraki Univ. 2:263-276.
- MICHENER, C.D. 2007. The bees of the world. 2. ed. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- MORITZ, R.F.A. & CREWE, R.M. 1988. Air ventilation in nests of two African stingless bees *Trigona denoiti* and *trigona gribodoi*. Experientia 44:1024-1027. <http://dx.doi.org/10.1007/BF01939912>
- NOGUEIRA-NETO, P. 1997. Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão. Editora Nogueirapis, São Paulo.
- NOGUEIRA-NETO, P. & SAKAGAMI, S.F. 1966. Nest structure of a subterranean stingless bee *Geotrigona mombuca* Smith (Meliponinae, Apidae, Hymenoptera). An. Acad. Bras. Ciênc. 38(1):187-194.



- PORTUGAL-ARAÚJO, V. 1963. Subterranean nests of two African stingless bees (Hymenoptera: Apidae). *J. N. Y. Ent. Soc.* 71:130-141.
- RASMUSSEN, C. & CAMARGO, J.M. 2008. A molecular phylogeny and the evolution of nest architecture and behavior in *Trigona* s.s. (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Apidologie* 39:102-118. <http://dx.doi.org/10.1051/apido:2007051>
- ROUBIK, D.W. 2006. Stingless bee nesting biology. *Apidologie* 37:124-143. <http://dx.doi.org/10.1051/apido:2006026>
- SÃO-THIAGO, P.S., SABINO, W., SILVEIRA, M.A., BASTOS, E.M.A.F. & ANTONINI, Y. 2009. Internal structure of *Melipona quinquefasciata* Lepeletier nests in a Cerrado area, Minas Gerais, Brazil. In *Anais do III Congresso Latino Americano de Ecologia*. São Lourenço.
- SCHWARZ, H.F. 1948. Stingless bees (Meliponidae) of the western hemisphere. *Lestrimellita* and the following subgenera of *Trigona*: *Trigona*, *Paratrigona*, *Schwarziana*, *Parapartamona*, *Cephalotrigona*, *Oxitrigona*, *Scaura* and *Mourella*. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* 90:1-546.
- SILVA, I.R. 2008. Constituição, propriedades e classificação de solos. Viçosa.
- SILVEIRA, F.A., MELO, G.A.R. & ALMEIDA, E.A.B. 2002. *Abelhas Brasileiras: Sistemática e Identificação*. Fundação Araucária, Belo Horizonte.
- SOUZA, B.A., CARVALHO, C.A.L. & ALVES, R.M.O. 2008. Notas sobre a bionomia de *Melipona asilvai* (Apidae: Meliponini) como subsídio à sua criação racional. *Arch. Zootec.* 57:53-62.
- WILLE, A. 1964. Notes on a primitive stingless bees, *Trigona (Nogueirapis) mirandula*. *Rev. Biol. Trop.* 12(1):117-151.
- WILLE, A. 1966. Notes on two species of ground nesting stingless bees (*Trigona mirandula* and *T. buchwaldi*) from the pacific rain forest of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 14(2):251-277.
- WILLE, A. 1983. Biology of the stingless bees. *Ann. Rev. Entomol.* 28:41-64. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.en.28.010183.000353>
- WILLE, A. & MICHENER, C.D. 1973. The nest architecture of stingless bees with special reference to those of Costa Rica (Hymenoptera: Apidae). *Rev. Biol. Trop.* 21:1-278.

Received 03/05/2012

Revised 25/10/2012

Accepted 22/03/2013

## Biological aspects of *Cyclocephala tucumana* Brethes, 1904 and *Cyclocephala melanocephala* (Fabricius, 1775) (Coleoptera: Scarabaeidae)

Gerson Aler de Lima Nogueira<sup>1</sup>, Sérgio Roberto Rodrigues<sup>1,2</sup> & Elison Floriano Tiago<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Entomologia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UFMS, Rod. Aquidauana/CERA, Km 12, CEP 79200-000, Aquidauana, MS, Brasil

<sup>2</sup>Corresponding author: Sérgio Roberto Rodrigues, e-mail: sergio@uemms.br

NOGUEIRA, G.A.L., RODRIGUES, S.R. & TIAGO, E.F. **Biological aspects of *Cyclocephala tucumana* Brethes, 1904 and *Cyclocephala melanocephala* (Fabricius, 1775) (Coleoptera: Scarabaeidae).** Biota Neotrop. 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?article+bn01713012013>

**Abstract:** The studies were conducted on the biological aspects of *Cyclocephala tucumana* Brethes, 1904 and *C. melanocephala* (Fabricius, 1775) in Aquidauana, MS, Brazil. From January to December 2009 a light trap was installed to make collections of adults of *C. tucumana* and from January 2010 to February 2011 for collections of adults of *C. melanocephala*, at the experimental farm of the Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. Adults were maintained in plastic containers with soil and complete plants of *Brachiaria decumbens* Stapf cv. Basilisk to oviposition and start biological studies. Adults of *C. tucumana* were collected from September to November in the field; the embryonic period lasted on average 14.7 days, and the first, second and third larval instars lasted 47.7, 66.1 and 78.6 days, respectively. Pre-pupa and pupa phases lasted 98.2 and 15.1 days, respectively, and longevity of the adults was 13.3 days. From the egg to adult stage of *C. tucumana* was a period of average 211.2 days. Adults of *C. melanocephala* were collected from September to October 2010 and February 2011. The embryonic period lasted 17.8 days, and larvae in the first, second and third instars lasted 22.3, 21.0 and 27.0 days, respectively. The pre-pupa stage lasted 11.3 days and pupa phase lasted 13.3 days. The longevity of adults was 26 days, and the cycle from egg to adult lasted 113 days.

**Keywords:** life cycle, *Cyclocephalini*, *Dynastinae*, insects of the soil.

NOGUEIRA, G.A.L., RODRIGUES, S.R. & TIAGO, E.F. **Aspectos biológicos de *Cyclocephala tucumana* Brethes, 1904 e *Cyclocephala melanocephala* (Fabricius, 1775) (Coleoptera: Scarabaeidae).** Biota Neotrop. 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?article+bn01713012013>

**Resumo:** Foram desenvolvidos estudos sobre os aspectos biológicos de *Cyclocephala tucumana* Brethes, 1904 e *C. melanocephala* (Fabricius, 1775) em Aquidauana, MS. Foi instalada uma armadilha luminosa de janeiro a dezembro de 2009 para obter adultos de *C. tucumana* e de janeiro de 2010 a fevereiro de 2011 para obter adultos de *C. melanocephala*, na fazenda experimental da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. Adultos foram mantidos em recipientes de plástico, contendo solo e plantas de *Brachiaria decumbens* Stapf cv. Basilisk, para oviposição e início dos estudos biológicos. Os adultos de *C. tucumana* foram coletados de setembro a novembro no campo, o período embrionário durou em média 14,7 dias, e o primeiro, segundo e terceiro instar larval duraram 47,7, 66,1 e 78,6 dias, respectivamente. As fases de pré-pupa e pupa duraram 98,2 e 15,1 dias, respectivamente, e a longevidade dos adultos foi de 13,3 dias. A fase de ovo a adulto de *C. tucumana* durou em média 211,2 dias. Os adultos de *C. melanocephala* foram coletados em setembro e outubro de 2010 e em fevereiro de 2011. O período embrionário durou 17,8 dias, as larvas no primeiro, segundo e terceiro instar duraram 22,3, 21,0 e 27,0 dias, respectivamente. A fase de pré-pupa durou 11,3 dias a pupa durou 13,3 dias. A longevidade dos adultos foi de 26 dias, e o ciclo de ovo a adulto durou 113 dias.

**Palavras-chave:** ciclo de vida, *Cyclocephalini*, *Dynastinae*, insetos de solo.

## Introduction

According to Ratcliffe & Cave (2002) there are approximately 300 known species in the American genus *Cyclocephala* Dejean, 1821. In the various regions of Brazil, 83 species of the genus *Cyclocephala* are registered (Morón 2004).

In the city of São Gabriel da Cachoeira, AM, Brazil, Andreazze & Mota (2002) used light traps for attract *Cyclocephala guianae* Endrödi, 1969, *C. lunulata* Burmeister, 1847, *C. simulatrix* Hohné, 1923, and three *Cyclocephala* spp.. Andreazze & Fonseca (1998) collected 18 species of Dynastinae in Itacoatiara, AM with light traps, where nine species were of the genus *Cyclocephala*, identified as *C. colasi* Endrödi, 1964, *C. bicolor* Castelnau, 1840, *C. affinis* Endrödi, 1966, *C. hardyi* Endrödi, 1975, *C. testacea* Burmeister, 1847, *C. mecynotarsis* Hohné, 1923, *C. acellata* Burmeister, 1847, *C. variabilis* Burmeister, 1847 and *C. verticalis* Burmeister, 1847.

Andreazze (2001) collected 11 species of *Cyclocephala* in the National Park of Jaú, AM using light traps, being identified as *C. colasi* Endrödi, 1964, *C. bicolor* Castelnau, 1840, *C. guianae* Endrödi, 1969, *C. hardyi* Endrödi, 1975, *C. paraflora* Martinez, 1978, *C. testacea* Burmeister, 1847 and *C. verticalis* Burmeister, 1847, as well as four species identified only at the genus level.

In an area of *Eucalyptus grandis* in Santa Bárbara, MG, Brazil, Freitas et al. (2002) obtained *Cyclocephala laminata* Burmeister, 1847 with a light trap. Nine species of *Cyclocephala* were collected by Ronqui & Lopes (2006) in Tamarana, PR, Brazil with light traps, which were identified only at the genus level. In five locations of Paraná, in southern Brazil, Riehs (2006) used light traps to collect *C. variabilis* Burmeister, 1847, *C. clarae* Hohné, 1923, *C. suturalis* Ohaus, 1911, *C. signaticollis* Burmeister 1847, *C. paraguayensis* Arrow, 1903 and *C. variolosa* Burmeister, 1847.

In 23 municipalities in the region of Planalto, Rio Grande do Sul, Brazil, Cherman (2011) sampled larvae of Scarabaeidae in different cultures, and identified *Cyclocephala flavipennis* Arrow, 1914, *C. modesta* Burmeister, 1855, *C. putrida* Burmeister, 1847, *C. tucumana* Brethes, 1904 and *C. metrica* Steinheil, 1874. Salvadori & Pereira (2006) found that *C. flavipennis* feeds on decaying organic matter and Salvadori (1999) reported that this species, even at the densities sampled of approximately 80 to 100 larvae/m<sup>2</sup> in the field do not cause damage to crops.

In the Midwest region of Brazil, the occurrence of *C. melanocephala* (Fabr., 1775) was registered in sunflower crop (Camargo & Amabile 2001). In Aquidauana, MS, Brazil, Rodrigues et al. (2010) collected adults of *C. verticalis* with a light trap. In soybean fields of Macaraju, MS, Brazil, Santos & Ávila (2007) encountered larvae of *C. forsteri* Endrödi, 1966 feeding of roots of this legume. In a sugar cane field in Sidrolândia, MS, Brazil, Coutinho (2010) found larvae of *C. verticalis* and *C. forsteri* feeding of the root system. *Cyclocephala verticalis* was found feeding of roots of *Acrocomia aculeata* (Puker et al. 2009).

According to observations of Prance & Arias (1975) in the region of Manaus, AM, adults of *Cyclocephala hardyi* were encountered in flowers of *Victoria amazonica*, where they were frequently encountered feeding on and cross pollinizing this plant species. In experiments conducted in the municipalities of Goiânia and Vila Propício in Goiás, Brazil, Cavalcante et al. (2009) found as visitors to flowers araticum (*Annona crassiflora*) (Annonaceae), *Cyclocephala atricapilla* Mannerheim, 1829, *Cyclocephala latericia* Hohné, 1923 and *Cyclocephala octopunctata* Burmeister, 1847, being considered as important pollinators.

In Brazil, *C. melanocephala* is reported as occurring in various states including BA, ES, MG, MT, PE, RJ, RS and SC, while the occurrence of *C. tucumana* is registered in PR and RS (Camargo & Amabile 2001, Morón 2004, Cherman 2011). Information on

biological aspects of the *Cyclocephala* species occurring in Brazil are scarce. Based on the lack of information studies were developed with the objective of understanding the biological aspects of *C. tucumana* and *C. melanocephala* in Aquidauana, MS, Brazil.

## Materials and Methods

The study was developed at the Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), in the municipality of Aquidauana, MS. Adults of *Cyclocephala tucumana* and *Cyclocephala melanocephala* were collected with a "Luiz de Queiroz" light trap installed daily between the pasture and field areas, at 6:00 PM and collected at 6:00 AM on the following day. Adults of *C. tucumana* were collected from January to December 2009, and *C. melanocephala* from January 2010 to February 2011.

During the periods of trapping, adults of *C. tucumana* and *C. melanocephala* were separated and quantified in the laboratory for observation of behavior and the oviposition period, as was performed by Rodrigues et al. (2010) when studying *Cyclocephala verticalis*.

Adults were maintained in plastic recipients (20 × 5 × 30 × 12 cm in depth) containing soil and complete plants of *Brachiaria decumbens* Stapf cv. Basilisk (Poaceae) so that the insects would mate and oviposition. Recipients were covered with a voile fabric that allowed plant growth and prevented escape of the insects.

Containers were inspected daily for acquisition of eggs and initiation of the biological study. When encountered, eggs were measured, transferred to Petri dishes containing sieved soil, moistened and maintained in laboratory conditions (26 °C, 12h photoperiod). Periodically (every two days) the plates were observed and larvae that hatched had their head capsule measured and durations verified, followed by transfer to individual 500 mL plastic containers containing soil and *B. decumbens* where plants were replaced weekly to monitor development and change of instar. When larvae reached the pre-pupae phase they no longer fed, but larvae remained on the soil at the surface of the recipient where they remained until reaching the adult phase (adapted from Rodrigues et al. 2010).

Biological variables evaluated for both species were the duration of the embryonic period, duration of the larval and pupal periods, and also longevity of the adults.

Specimens were deposited in the entomology collection of the Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, in Aquidauana, MS, Brazil.

## Results

### 1. *Cyclocephala tucumana*

Regarding population dynamics of adults of *C. tucumana* was verified that these were found in the field during a short period of time, where 34 adults were collected in September (28.1%), in October 52 (43.0%) and in November 35 (28.9%) (Figure 1).

When dissecting some of the females it was found that in September there was an average of 10.5 eggs (4-14) (n = 6) per female, in October 10.8 (5-15) (n = 6) and November 6.5 (1-12) (n = 6). Thus, it can be inferred that the period in which females are encountered in flight in the field is also the oviposition period.

Eggs of *C. tucumana* were found individually at the bottom of recipients where adults were maintained, protected in chambers within the soil with average dimensions of 2 to 3 mm in diameter (n = 20), probably constructed with saliva from adults as well as soil. Eggs are white with average dimensions of 1.5 × 1.7 mm (n = 20). The embryonic period of *C. tucumana* lasted 14.7 days (Table 2).

In the first instar larvae possess an average width of 1.4 mm and body length of 3.8 mm, width of 1.4 mm and average weight of

0.0039 g. Larvae of the second instar had an average head capsule width of 2.1 mm, body length of 10.3 mm, width of 2.1 mm and weight of 0.0485 g (Table 1).

The third instar larvae presented head capsule width of 3.1 mm and body length of 16.6 mm, width of 3.1 mm, and weight of 0.1649 g (Table 1). From the first to third instar, it was observed that larvae significantly increase in size, showing an increase of 4.4 times its length and 2.2 times its width (Table 1). With regards to larvae weight, from the first to third instar the weight increased from 0.0039 g in the first instar to 0.1649 g in the third instar, an increase of roughly 42.2 times.

Larvae remained in the first instar for 47.7 days (Table 2). The second instar stage lasted 66.1 days and third instar phase 78.6 days (Table 2). The pre-pupal stage lasted 98.2 days on average, thus, duration of the larval stage was on average 191.9 days (Table 2).

When reaching the pre-pupa stage the larvae acquired a white color and no longer feed, and when transforming into pupae prepare a chamber in the soil where they remain protected. Normally chambers where the pupae remained were at the bottom of the recipients. Pupae presented average dimensions of 9.2 mm in length and in 4.3 mm

width (Table 1), and the average duration was 15.1 days on average (Table 2).

Upon reaching adult hood, it was observed that the average longevity was 13.3 days (Table 2). The adults measure 9.1 mm long by 4.1 mm in chest width (n = 10). They have light brown thorax and elytra. The head is dark tending to black in the frontal region between the eyes, and on the clypeus the color is dark brown. The biological cycle was completed with an average of 211.2 days, which allows for the formation of one generation per year, characterizing the species as univoltine.

## 2. *Cyclocephala melanocephala*

Adults of *C. melanocephala* were encountered in small quantity, finding two (28.6%) adults in September and five (71.4%) in October of 2010, and only one adult (12.5%) was obtained in February of 2011. Flight activity in the field thus occurred during a very short period (Figure 2).

In the rearing recipients eggs were encountered, which were isolated in chambers constructed of soil and saliva which have

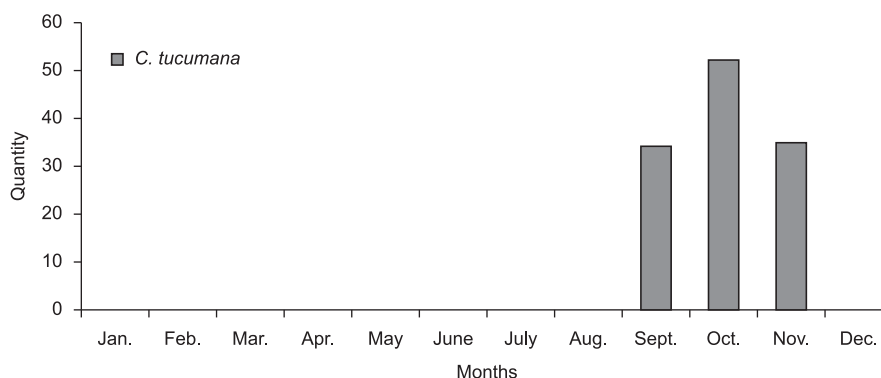


Figure 1. Number of adults of *Cyclocephala tucumana* collected in trap light from January to December 2009, in Aquidauana, MS.

Table 1. Means ( $\pm$ SE) of the length and width of the development stages of *Cyclocephala tucumana* in the laboratory ( $26 \pm 1^\circ\text{C}$ , 12h photoperiod).

Stage	Length (mm)			Width (mm)		
	Mean $\pm$ SE	N	Amplitude	Mean $\pm$ SE	N	Amplitude
Egg	1.7 $\pm$ 0.03	210	1.4-2.2	1.5 $\pm$ 0.02	210	1.0-2.0
Larval						
1 <sup>st</sup> instar	3.8 $\pm$ 0.05	155	3.0-4.0	1.4 $\pm$ 0.01	155	1.2-1.4
2 <sup>nd</sup> instar	10.3 $\pm$ 0.68	98	0.9-14.0	2.1 $\pm$ 0.02	98	1.8-2.6
3 <sup>rd</sup> instar	16.6 $\pm$ 0.47	81	13.0-21.0	3.1 $\pm$ 0.02	81	2.85-3.25
Pupal	9.2 $\pm$ 1.22	23	1.1-12.9	4.3 $\pm$ 0.58	23	0.47-6.5
Adult	9.2 $\pm$ 0.08	17	8.8-10	3.9 $\pm$ 0.03	17	3.7-4.1

Table 2. Duration (mean  $\pm$  SE) of the development stages of *Cyclocephala tucumana* in the laboratory ( $26 \pm 1^\circ\text{C}$ , 12h photoperiod).

Stage	Duration (days)	N	Interval of variation	Viability (%)
Egg	14.7 $\pm$ 0.24	210	9-22	73.8
1 <sup>st</sup> instar	47.7 $\pm$ 1.69	155	29-93	63.2
2 <sup>nd</sup> instar	66.1 $\pm$ 2.04	98	28-109	82.6
3 <sup>rd</sup> instar	78.6 $\pm$ 1.77	81	34-113	66.6
Pre-pupal	98.2 $\pm$ 2.01	54	76-121	42.5
Larval duration	191.9 $\pm$ 0.79	54	185-201	25.7
Pupal	15.1 $\pm$ 0.63	23	12-23	73.9
Adult	13.3 $\pm$ 1.05	17	8-20	100
Egg to adult	211.2 $\pm$ 9.70	17	179-270	8.1



average dimensions of 9.7 to 9.75 mm in diameter (n = 4). Eggs have a white color and average dimensions of 2.65 × 2.30 mm (Table 3). It is possible that the chambers were constructed by females, which provide a protective environment for the egg.

The incubation period of eggs was on average 17.8 days (Table 4). Larvae of the first instar remained 22.3 days in this phase, in the second instar larvae remained 21.0 days and in the third instar an average of 27.0 days (Table 4). The pre-pupal stage lasted 11.3 days on average. Thus, larval duration was 70.7 days (Table 4).

First instar larvae of *C. melanocephala* had an average length of 5 mm, weight of 0.0163 mg and average head capsule width of 1.4 mm. Second instar larvae had an average length of 10.7 mm, weight of 0.0405 mg and head capsule width of 2.45 mm. The third instar larvae had an average length of 21.0 mm, weight of 0.1882 mg and head capsule width of 3.50 mm (Table 3). From the first to third instar the larvae increased 4.2 times, showing a considerable increase in their size.

Upon reaching the pre-pupae phase the insects stop feeding and remain in chambers with external average length of 32.0 mm and average width of 18.0 mm, and inner average length of 22.0 mm and width of 14.0 mm, constructed at the bottom of the rearing recipient. In this stage the pre-pupae have a greyish to white color.

The pupal stage lasted 13.3 days and adults had an average longevity of 26.0 days (Table 4). Pupae of *C. tucumana* had an average length of 12.1 mm and average width of 5.3 mm, and the adults had an average length of 11.9 mm and average chest width of 4.9 mm (Table 3). The elytra of adults are light brown, but the chest is red.

Duration of the egg to adult phase of *C. melanocephala* lasted 113 days on average in the laboratory, where the formation of two generations per year may be possible. In the laboratory a single moment of mating was observed when inspecting the rearing recipients, and on this occasion it was observed that copulation lasted seven minutes followed by the male remaining on top of the female for three minutes.

**Discussion**

The period of flight activity of two species studied was similar to other Scarabaeidae collected in the region of Aquidauana, MS, as observed by Rodrigues et al. (2008a, b, 2010).

Eggs of *C. tucumana* had dimensions similar to those of *C. verticalis* which measured 1.5 × 1.8 mm (Rodrigues et al. 2010) and *C. parallela* with average diameter of 1.9 mm (Cherry 1985), however, the eggs of *C. melanocephala* are larger. Regarding the

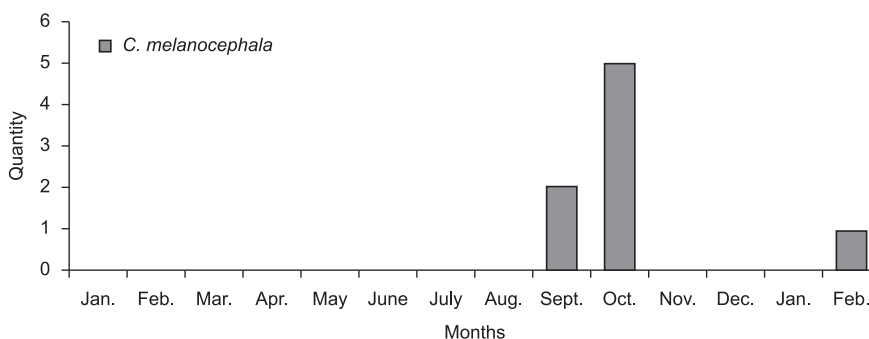


Figure 2. Number of adults of *Cyclocephala melanocephala* collected in trap light from January 2010 to February 2011, in Aquidauana, MS.

Table 3. Means (±SE) of the length and width of the development stages of *Cyclocephala melanocephala* in the laboratory (26 ± 1 °C, 12h photoperiod).

Stage	Length (mm)			Width (mm)		
	Mean ± SE	N	Amplitude	Mean ± SE	N	Amplitude
Egg	2.65 ± 0.07	10	2.45-2.80	2.30 ± 0.06	10	2.20-2.55
Larval						
1 <sup>st</sup> instar	5.0 ± 0.03	8	4.8-5.0	1.2 ± 0.03	8	1.1-1.3
2 <sup>nd</sup> instar	10.7 ± 0.43	6	9.0-11.0	2.3 ± 0.02	6	2.20-2.35
3 <sup>rd</sup> instar	21.0 ± 0.45	6	19.0-22.0	3.3 ± 0.02	6	3.25-3.40
Pupal	12.1 ± 0.35	6	11.0-13.0	5.3 ± 0.14	6	4.9-5.7
Adult	11.9 ± 0.48	6	9.5-12.5	4.9 ± 0.96	6	4.2-5.0

Table 4. Duration (mean ± SE) of the development stages of *Cyclocephala melanocephala* in the laboratory (26 ± 1 °C, 12h photoperiod).

Phase	Duration (days)	N	Interval of variation	Viability (%)
Egg	17.8 ± 0.20	10	17-18	80.0
1 <sup>st</sup> instar	22.3 ± 0.75	8	21-24	75.0
2 <sup>nd</sup> instar	21.0 ± 1.53	6	19-24	100.0
3 <sup>rd</sup> instar	27.0 ± 1.73	6	24-30	100.0
Pre-pupal	11.3 ± 0.67	6	10-12	100.0
Larval duration	70.7 ± 1.76	6	68-74	100.0
Pupal	13.3 ± 0.67	6	12-14	100.0
Adult	26.0 ± 0.58	6	25-27	100.0
Egg to adult	113 ± 3.5	6	112-117	60.0

embryonic period, *C. tucumana* exhibited shorter duration in this phase when compared with *C. melanocephala*.

The head capsule width of *C. tucumana* and *C. melanocephala* present similar values. However, Santos & Ávila (2007) found that the average width of the head capsule of *C. forsteri* was greater than the two mentioned species, measuring 2.49, 4.18 and 7.04 mm in first, second and third instar, respectively.

The larval phase of *C. tucumana* lasts 191.9 days, being longer than that of *C. melanocephala* which lasted 70.7 days. The larval phase of *C. verticalis* is 195.7 days (Rodrigues et al. 2010), very similar to that observed for *C. tucumana*.

The behavior observed for construction of chambers by pre-pupae of the two species studied was also observed by Rodrigues et al. (2010) for *C. verticalis* reared in the laboratory.

Duration of the cycle from egg to adult of *C. tucumana* allows for the formation of one generation per year, as observed for *C. verticalis* by Rodrigues et al. (2010). According to Santos & Ávila (2007), *C. forsteri* completes its life cycle in one year, and according to Mondino et al. (1997), *C. signaticollis* Burmeister, 1847 also completes its cycle in one year.

The cycle from egg to adult of *C. melanocephala*, was similar to that observed for *Anomala testaceipennis* Blanchard, 1856 which required 139.4 days to complete its development (Rodrigues et al. 2008a).

The coupling behavior of *C. melanocephala*, which remained on top of the female after terminating coupling was reported by Rodrigues et al. (2010) for *C. verticalis*, where even after finishing copulation the male remained fixed on the female, presenting a defensive position, possibly trying to ensure fertilization of the egg with its genetic material.

## Acknowledgments

The authors thank Dr. Miguel Angel Morón (Instituto de Ecología, México) for identification of *C. tucumana* and Dr. Fernando Zagury Vaz-de-Mello (Universidade Federal de Mato Grosso, Brazil) for identification of *C. melanocephala*.

## References

- ANDREAZZE, R. 2001. Dinastíneos (Coleoptera, Scarabaeidae, Dynastinae) do Parque Nacional do Jaú, Amazonas, Brasil. *Acta Amaz.* 31(3):431-435.
- ANDREAZZE, R. & MOTTA, C.S. 2002. Besouros dinastíneos (Coleoptera, Scarabaeidae, Dynastinae) de Querari, Município de São Gabriel da Cachoeira, Estado do Amazonas, Brasil. *Acta Amaz.* 32(4):725-727.
- ANDREAZZE, R. & FONSECA, C.R.V. 1998. Dinastíneos (Coleoptera, Scarabaeoidea, Melolonthidae) em uma área de terra firme na Amazônia Central, Brasil. *Acta Amaz.* 28(1):59-66.
- CAVALCANTE, T.R.M., NAVES, R.V., FRANCESCHINELLI, E.V. & SILVA, R.P. 2009. Polinização e formação de frutos em araticum. *Bragantia.* 68(1):13-21. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052009000100002>
- CAMARGO, A.J.A. & AMABILE, R.F. 2001. Identificação das Principais Pragas do Girassol na Região Centro-Oeste. Ministério da Agricultura e do Abastecimento, Embrapa/CNPDF, Brasília, 4p. Comunicado Técnico, n.50.
- CHERMAN, M.A. 2011. Análise populacional de Melolonthidae (Coleoptera) da região do Planalto do Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- CHERRY, R.H. 1985. Seasonal phenology of white grubs (Coleoptera: Scarabaeidae) in Florida sugarcane fields. *J. Econ. Entomol.* 78(4):787-789.
- COUTINHO, G.V. 2010. Aspectos biológicos e densidade de larvas de Scarabaeidae fitófagos em cultura de cana-de-açúcar, em Sidrolândia, na região central de Mato Grosso do Sul. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana.
- FREITAS, F.A., ZANUNCIO, T.V., LACERDA, M.C. & ZANUNCIO, J.C. 2002. Fauna de Coleoptera coletada com armadilhas luminosas em plantio de *Eucalyptus grandis* em Santa Bárbara, Minas Gerais. *Rev. Arv.* 26(4):505-511.
- MONDINO, E.A., LÓPEZ, A.N., ALVAREZ-CASTILLO, H.A. & CARMONA, D.M. 1997. Ciclo de vida de *Cyclocephala signaticollis* Burmeister, 1847 (Coleoptera, Scarabaeidae, Dynastinae) y su relación con los factores ambientales. *Elytron.* 11:145-156.
- MORÓN, M.A. 2004. Melolontídeos edafícolas. In Pragas de Solo no Brasil (J.R. Salvadori, C.J. Ávila & M.T.B. Silva, eds.). Embrapa-CNPT, Passo Fundo, Embrapa-CPAO, Dourados, Fundacep Fecotriga, Cruz Alta, p.133-166.
- PRANCE, G.T. & ARIAS, J.R. 1975. A Study of the Floral Biology of *Victoria amazonica* (Poepp.) Sowerly (Nymphaeaceae). *Acta Amaz.* 5(2):109-139.
- PUKER, A., RODRIGUES, S.R., TIAGO, E.F. & SANTOS, W.T. 2009. Espécies de Scarabaeidae fitófagos (Insecta: Coleoptera) associadas ao sistema radicular de *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart. (Arecaceae). *Biota Neotrop.* 9(3):105-109. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032009000300009>
- RATCLIFFE, B.C. & CAVE, R.D. 2002. New species of *Cyclocephala* from Honduras and El Salvador (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae: Cyclocephalini). *The Coleopt. Bull.* 56(1):152-157. [http://dx.doi.org/10.1649/0010-065X\(2002\)056\[0152:SNOCFH\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1649/0010-065X(2002)056[0152:SNOCFH]2.0.CO;2)
- RIEHS, P.J. 2006. Fenologia de algumas espécies do gênero *Cyclocephala* (Coleoptera, Scarabaeidae) do Leste e Centro-Oeste do Paraná, Brasil. *Rev. Ciênc. Ex. Nat.* 8(2):201-223.
- RODRIGUES, S.R., NOGUEIRA, G.A.L., ECHEVERRIA, R.R. & OLIVEIRA, V.S. 2010. Aspectos biológicos de *Cyclocephala verticalis* Burmeister (Coleoptera: Scarabaeidae). *Neotrop. Entomol.* 39(1):15-18. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2010000100003>
- RODRIGUES, S.R., PUKER, A., ABOT, A.R., BARBOSA, C.L., IDE, S. & COUTINHO, G.V. 2008a. Ocorrência e aspectos biológicos de *Anomala testaceipennis* Blanchard (Coleoptera, Scarabaeidae). *Rev. Bras. Entomol.* 52(1):68-71. <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262008000100012>
- RODRIGUES, S.R., BARBOSA, C.L., PUKER, A., ABOT, A.R. & IDE, S. 2008b. Occurrence, biology and behavior of *Liogenys fuscus* Blanchard (Insecta, Coleoptera, Scarabaeidae) in Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brazil. *Rev. Bras. Entomol.* 52(4):637-640. <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262008000400015>
- RONQUI, D.C. & LOPES, J. 2006. Composição e diversidade de Scarabaeoidea (Coleoptera) atraídos por armadilha de luz em área rural no norte do Paraná, Brasil. *Iheringia.* 96(1):103-108. <http://dx.doi.org/10.1590/S0073-47212006000100018>
- SANTOS, V. & ÁVILA, C.J. 2007. Aspectos bioecológicos de *Cyclocephala forsteri* Endrödi, 1963 (Coleoptera: Melolonthidae) no estado de Mato Grosso do Sul. *Rev. Agric.* 82:298-303.
- SALVADORI, J.R. & PEREIRA, P.R.V.S. 2006. Manejo integrado de corós em trigo e culturas associadas. Embrapa CNPT, Passo Fundo, 9p. Comunicado Técnico online, n. 203. Disponível em: [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/co/p\\_co203.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/co/p_co203.htm). Acesso em 01.12.2008.
- SALVADORI, J.R. 1999. Manejo de corós em cereais de inverno. Comunicado Técnico online n.º 3. Passo Fundo, Embrapa CNPT, 3p. [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p\\_co03.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co03.htm) (ultimo acesso em 27/11/2008).

Received 21/06/2011

Revised 22/08/2012

Accepted 08/02/2013

## Does human influence on coastal grasslands habitats affect predation pressure on snakes?

Maurício Beux dos Santos<sup>1,5</sup>, Mauro Cesar Lamim Martins de Oliveira<sup>2</sup>, Tatiane Penteadó Gonçalves<sup>3</sup>,

Francis de Mattos Almeida<sup>3</sup>, Daniel Loebmann<sup>3</sup> & Alexandro Marques Tozetti<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Animal,  
Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM,  
Av. Roraima, s/n, Camobi, CEP 97105-000, Santa Maria, RS, Brasil

<sup>2</sup>Laboratório de Ictiologia, Programa de Pós-graduação em Oceanografia Biológica,  
Instituto de Oceanografia, Universidade Federal de Rio Grande – FURG, Campus Carreiros, CP 474,  
CEP 96201-900, Rio Grande, RS, Brasil

<sup>3</sup>Laboratório de Ecologia de Vertebrados Terrestres, Instituto de Ciências Biológicas,  
Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Av. Itália, Km 8, CEP 96201-900, Rio Grande, RS, Brasil

<sup>4</sup>Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, Av. Unisinos, 950,  
CEP 93022-000, São Leopoldo, RS, Brasil

<sup>5</sup>Corresponding author: Maurício Beux dos Santos, e-mail: mbeuxs@yahoo.com.br

SANTOS, M.B., OLIVEIRA, M.C.L.M., GONÇALVES, T.P., ALMEIDA, F.M., LOEBMANN, D. & TOZETTI, A.M. **Does human influence on coastal grasslands habitats affect predation pressure on snakes?** Biota Neotrop. 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?short-communication+bn01913012013>

**Abstract:** The loss and modification of habitats by humans have been considered key factors in the decline of diversity of species worldwide. However, the real effect caused by these disturbances on the biota is still poorly understood. The assessment of the changes in the network of interspecific interactions, such as predation rates on the native fauna, can be an important tool to diagnose the functionality of disturbed ecosystems. In this study we evaluate the predation rate on snakes in coastal grasslands in South America under human influence. Predation rate of artificial snakes, unlike that obtained in other studies, was lower in human-altered areas than preserved ones. Our findings may be due to a reduction in the abundance and/or richness of species of native predators in more disturbed areas.

**Keywords:** reptiles, coastal dunes, human impact, predation, Brazil.

SANTOS, M.B., OLIVEIRA, M.C.L.M., GONÇALVES, T.P., ALMEIDA, F.M., LOEBMANN, D. & TOZETTI, A.M. **A influência humana afeta a pressão de predação em serpentes em ambientes de campos costeiros?** Biota Neotrop. 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?short-communication+bn01913012013>

**Resumo:** A perda e modificação de habitats por seres humanos têm sido consideradas fatores chave no declínio da diversidade de espécies em todo o mundo. No entanto, o efeito real causado por estes distúrbios sobre a biota ainda é pouco compreendido. A avaliação das mudanças na rede de interações interespecíficas, como as taxas de predação sobre a fauna nativa, pode ser uma importante ferramenta para diagnosticar a funcionalidade dos ecossistemas perturbados. Neste estudo foi avaliada a taxa de predação de serpentes em campos costeiros na América do Sul sob a influência humana. A taxa de predação de serpentes artificiais, ao contrário do que foi observado em outros estudos, foi menor em áreas antropizadas do que em áreas preservadas. Esse resultado pode ser devido a uma redução na abundância e/ou riqueza de espécies de predadores nativos nas áreas perturbadas.

**Palavras-chave:** répteis, dunas costeiras, impacto humano, predação, Brasil.

## Introduction

The loss of natural habitats is considered the main factor for the decline of populations and local extinction of species (Wilcove et al. 1998, Vié et al. 2009). Habitat loss is not limited to destruction or substitution, but also changes in basic characteristics (i.e. soil properties, sunlight, humidity, and vegetation cover), sometimes making them unsuitable for native species (Hobbs 1987, Campos et al. 2006).

In addition, habitat changes can isolate populations, modify migration, genetic flow patterns, and interspecific interactions (Lillywhite & Henderson 1993, Shine & Fitzgerald 1996, Újvári et al. 2002). Changes in the patterns of interactions may be a consequence of disturbances on habitat (Polis 1981, Ricklefs 2003, May et al. 2007). An example is the increase in predator population (Robinson & Wilcove 1994, Oehler & Litvaitis 1996) in altered areas, resulting in a negative impact on local communities (Connell 1975, Jaksic et al. 1982). The action of predators can drastically reduce prey populations, especially when they are confined in small fragments of habitat, and even result in local extinctions (Andren & Angelstam 1988, Oehler & Litvaitis 1996). By this way, the study of the networks of interactions among species has become an important tool to diagnose the functionality of ecosystems after human disturbances in their habitat.

However, unlike with birds and mammals, little is known on the general effects of habitat changes on reptile assemblages (Gibbons et al. 2000, Kjos & Litvaitis 2001). This is even more concerning since reptiles are especially vulnerable to changes in their habitat, due to their limited ability of dispersion and low fecundity (Congdon et al. 1993).

The Neotropical region harbors a large variety of reptile species and habitats, many under human pressure (Seeliger 2003). In Brazil most studies on the interface conservation/habitat/fauna has been conducted in forests, while grasslands are poorly known (Brasil 2004). For coastal grasslands in the southernmost Brazil, the lack of information is a reality and this area is considered a high priority study area (see Brasil 2004). Coastal grasslands in southernmost Brazil have been gradually cleared for the expansion of urban areas, agriculture, and cattle ranching (Seeliger et al. 2000, Seeliger 2003, Rio Grande do Sul 2007). Thus, these habitats are laboratories for studies on human impact on the native fauna (Tozetti et al. 2010).

In the last decades, predator-prey interactions have been examined using assays with plasticine replicas for several animal groups, such as salamanders (Kuchta 2005), birds (Keyser et al. 1998, Roos 2002), lizards (Castilla & Labra 1998, Shepard 2007) and snakes (e.g. Madsen 1987, Buasso et al. 2006, Mitrovich & Cotroneo 2006, Sherbrooke & Westphal 2006, Pfennig et al. 2007, Harper Junior & Pfennig 2008). Because they are an efficient alternative to direct observation of predation, this method is a tool for studies on interactions or evolutionary processes (Pfennig et al. 2001). Therefore, the present study aimed at assessing the predation rate on artificial snakes in coastal grasslands with different levels of human influence in a southernmost area of Brazil.

## Materials and Methods

### 1. Study area

The study was conducted in coastal grasslands associated with sand dunes in a southernmost region of Brazil, municipality of Rio Grande, Rio Grande do Sul. The vegetation cover is sparse with predominance of grasses and short herbs associated with seasonal water bodies (Cordazzo & Seeliger 1987, Calliari & Klein 1993). The daily temperature varies widely, and can range between 0 °C and

40 °C in the same day, due to the low density of the vegetation and the sandy soil (Calliari & Klein 1993). The climate of the region is classified as superhumid mesothermal, with average annual maximum temperature of 23.3 °C and minimum of 12.7 °C. The seasons are well defined, rainfall is homogeneously distributed throughout the year and the average total annual precipitation is 1.252 mm (Maluf 2000). The region encompasses one of the last remnants of relatively well-preserved coastal grasslands in Brazil. However, this area has been gradually cleared for the expansion of urban and agricultural areas or transformed in pastures for cattle ranching (Seeliger et al. 2000). Experiments were conducted inside an area of approximately 3000 ha of extension of continuous native coastal grassland located between the pairs of coordinates 32° 07' 54.65" S; 52° 06' 38.80" O and 32° 17' 35.07" S; 52° 20' 53.36" O, approximately at sea level (Figure 1). The area exhibits dispersed human settlements consisted of small groups of families of farmers, cattle ranchers or fishers at the subsistence level. The spatial distribution of the settlements is disorganized and dispersed with extensive uninhabited areas and relatively well-preserved vegetal cover.

### 2. Sampling design

To examine the relationship between aspects of habitat changes and predation pressure on snakes, two sampling subareas were compared. One of them was a predominantly man-altered habitat and the other, predominantly preserved habitats. The classification of the human interference in these two subareas was defined based on a pilot study. In this stage, 12 transect of 800 m in length and at least 2 km apart were set out. The transects were run during five days each month between 08:00 and 5:00 PM between April 2009 and March 2010.

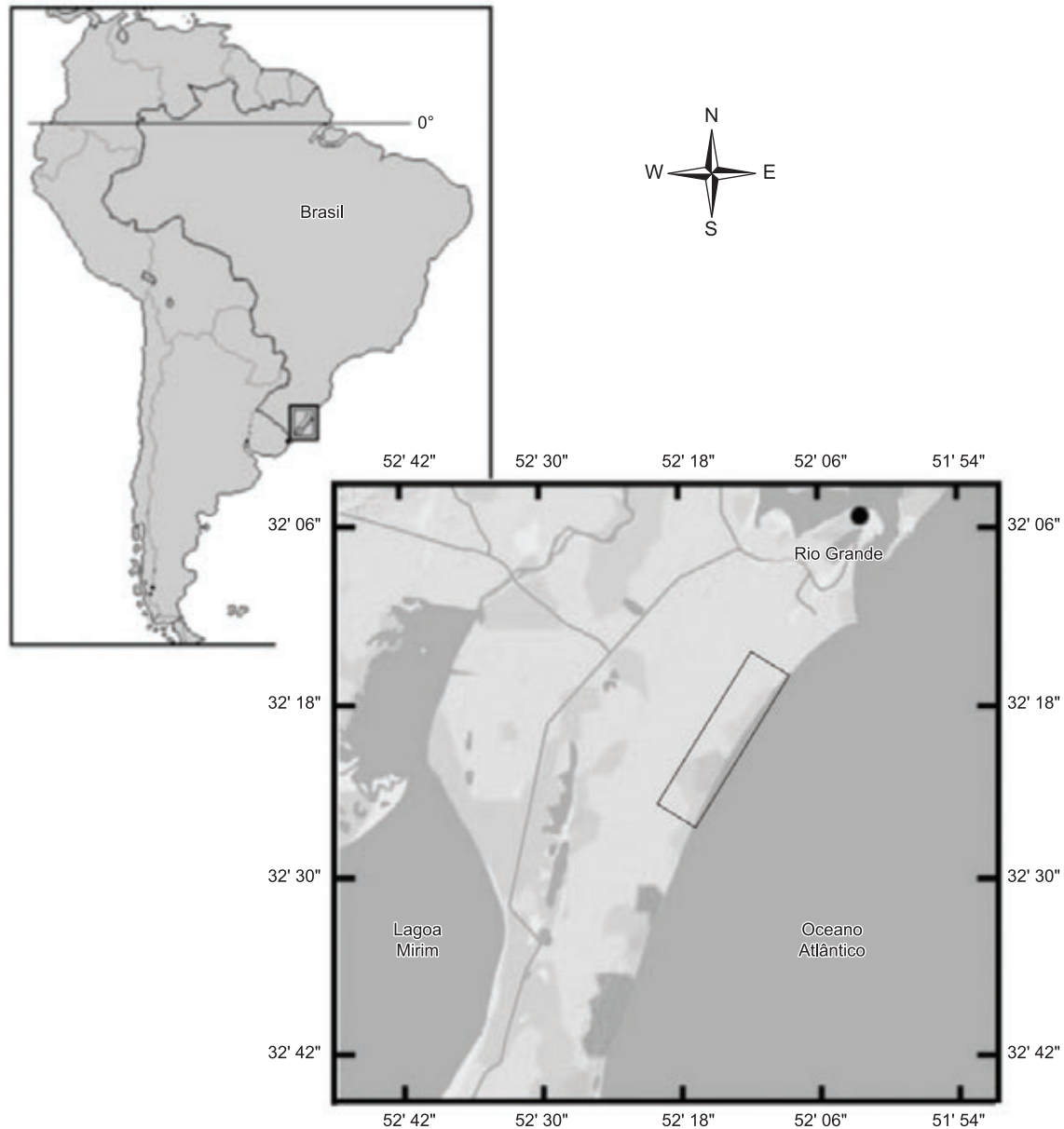
Areas with preserved habitats were defined as those at least 10 km away from any settlement and that during pilot monitoring of transects exhibited the following characteristics: (a) absence of signs of cattle activity as tracks or scats, (b) domestic animals (dogs and cats) rarely observed (less than one record per month), (c) low traffic in the nearest road (less than one record every five hours), (d) low traffic of people (less than one per month). Human-altered habitats were defined as those less than 10 km from human settlements where: (a) cattle were frequently observed (more than five observations per month), (c) other domestic animals commonly observed (more than one record per month), (d) moderate to high traffic of vehicles and people (at least ten records per month).

## Assessment of Snake Predation

After the pilot study, two sampling subareas of approximately 10 ha were established. One was classified as "human-altered habitat" and the other as "preserved habitat". The assessment of predation consisted of examining imprints of predation attempts on plasticine replicas of snakes distributed in the two habitats. Each model was approximately 20 cm long and 20 g. The coloration was olive green, similar to the color pattern of species commonly found in the region (e.g. *Liophis jaegeri* (Güther 1858), *L. poecilogyrus* (Wied 1953); Quintela et al. 2006, 2011).

In each area (preserved and human-altered), 60 artificial snakes were arranged in three groups of 20 snakes each, separated by a distance of at least 200 m. In each group, snakes were placed on the substrate 10 m apart from each other and their location was recorded with GPS. Artificial snakes were placed in portions of the substrate with low density of vegetation, minimizing variations in vegetal cover between areas. The replicas remained in the habitats for three consecutive days. At the end of this period, artificial snakes were located and examined for imprints of predators. "Predated" models were defined as those removed or with marks of beaks, scratches or lacerations. Marks by insects, such as beetles or ants, were not accounted in the analysis.





**Figure 1.** Study area and sampling design.

### 1. Data analysis

Predation was evaluated by calculating the predation rate, defined as the number of predation events divided by the number of artificial snakes (number of events/total number of snakes). Predation rates for artificial snakes attacked in the two habitats were compared with the Mann-Whitney test. Differences between the number of attacks to artificial snakes among repetitions in each habitat were verified with the Kruskal Wallis test. All differences were considered significant when  $p \leq 0.05$  (Zar 1999).

### Results

Of the 120 artificial snakes, 69 (57%) exhibited marks of attempted predation. Fewer predation events were observed in the human-altered habitat (25 events or 36.2% of the snakes) than in the

preserved habitat (44 events or 63.8% of the attacked snakes; Table 1). The predation rate in the preserved area was 1.76 times higher than that in the human altered habitat.

The predation rate was significantly higher in the preserved area (mean = 0.30; variation = 0.09 – 0.50) than in the human-altered area (mean = 0.15; variation = 0.03 – 0.2;  $U = 4122.5$ ;  $P = 0.004$ ;  $n = 60$ ). The predation rate varied significantly among the patches of the natural area ( $H_{[2;60]} = 9.01$ ;  $p = 0.0110$ ). However, this variation was not significant among the patches of the human-altered area ( $H_{[2;60]} = 0.11$ ;  $p = 0.9463$ ).

In both areas, the most common event was the removal of snakes, totaling 28 records in the preserved grassland and 13 in the human-altered area (Table 1). We observed three lacerations in the artificial snakes, all in the human-altered habitat, and a total of 23 marks of beaks, of which 15 were in the preserved habitat and eight in the



**Figure 2.** General aspect of imprints of predatory attacks to artificial snakes. a) beak imprint; b) laceration; c) scratch.

**Table 1.** Absolute number of predatory attacks on artificial snakes in coastal grasslands with different levels of human disturbance in southernmost Brazil.

Habitat	Type of attack				Total
	Laceration	Beak	Removal	Scratch	
Preserved	0	15	28	1	44
Human-altered	3	8	13	1	25
Total	3	23	41	2	69

human-altered habitat. Claw marks, although relatively rare (one record for each habitat) were probably made by small mammals (Figure 2).

## Discussion

Reptiles, especially snakes, represent an important food source for a large number of vertebrates, especially birds and mammals (Greene 1997, Hinman et al. 1997, Buasso et al. 2006, Tozetti et al. 2009). However, little is known on how the habitat interferes in predation rates or whether habitat changes can maximize the action of a given type of predator. Our findings allow generalizations on human influence on predation pressure on snakes.

Usually, the difference in the predation rate might be associated to a higher density and/or richness of predator species in the preserved area (see McKinney 2002). However, a large number of studies have reported higher predation rates of the native fauna in human-altered areas due to the introduction of exotic species of predators, such as mammals (Mackin-Rogalska et al. 1988) and birds (Marzluff 2001, Ruxton et al. 2002).

However our data suggests a lower predation rate of snakes in altered area, probably due to the reduction in the number of native predators. We believe that birds exercises the more intense predation pressure on snakes as showed in other studies (e.g. Brodie 1993, Hinman et al. 1997, Pfennig et al. 2001). In fact, despite the intense search and low density of vegetal cover, the removed models were not found, possibly removed by birds of prey (Wilgers & Horne 2007). The human disturbance in study site may be a factor which contributes for decreasing of the birds' density, a important predators of snakes (Marzluff 2001).

Our results suggest a change in the network of ecological interaction in the studied area. This is a concerning situation, given the threat and intensity with which coastal areas have been modified throughout Brazil.

## References

- ANDREN, H. & ANGELSTAM, P. 1988. Elevated predation rates as an edge effect in habitat islands: experimental evidence. *Ecology* 69(2):544-547. <http://dx.doi.org/10.2307/1940455>
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA. 2004. Segundo Relatório Nacional para a Convenção sobre Diversidade Biológica. Diretoria do Programa Nacional de Conservação da Biodiversidade. Distrito Federal, Brasília.
- BRODIE, E.D. 1993. Differential Avoidance of Coral Snake Banded Patterns by Free-Ranging Avian Predators in Costa Rica. *Evolution* 47(1):227-235. <http://dx.doi.org/10.2307/2410131>
- BUASSO, C.M., LEYNAUD, G.C. & CRUZ, F.B. 2006. Predation on snakes of Argentina: Effects of coloration and ring pattern on coral and false coral snakes. *Stud. Neotrop. Fauna. E.* 41(3):183-188. <http://dx.doi.org/10.1080/01650520600630725>
- CALLIARI, L.J. & KLEIN, A.H.F. 1993. Características morfodinâmicas e sedimentológicas das praias oceânicas entre Rio Grande e Chuí, RS. *Pesquisas.* 20(1):48-56.
- CAMPOS, J.B., TOSSULINO, M.G.P. & MÜLLER, C.R. 2006. Unidades de conservação, ações para valorização da biodiversidade. Instituto ambiental do Paraná, Curitiba.
- CASTILLA, A.M. & LABRA, A. 1998. Predation and spatial distribution of the lizard *Podarcis hispanica atrata*: an experimental approach. *Acta. Oecol.* 19(2):107-114. [http://dx.doi.org/10.1016/S1146-609X\(98\)80014-3](http://dx.doi.org/10.1016/S1146-609X(98)80014-3)
- CONGDON, J.D., DUNHAM, A.E. & VAN LOBEN SELS, R.C. 1993. Delayed Sexual Maturity and Demographics of Blanding's Turtles (*Emydoidea blandingii*): Implications for Conservation and Management of Long-Lived Organisms. *Conserv. Biol.* 7(4):826-833. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1523-1739.1993.740826.x>
- CONNELL, J.H. 1975. Some mechanisms producing structure in natural communities: a model and evidence from field experiments. In *Ecology and evolution of communities* (M.L. Cody & J.M. Diamond, eds). Balknap press, Cambridge, Massachusetts, p.460-490.
- CORDAZZO, C.V. & SEELIGER, U. 1987. Composição e distribuição da vegetação nas dunas costeiras ao sul do Rio Grande (RS). *Cienc. Cult.* 39(3):321-324.
- 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(8):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)
- GREENE, H.W. 1997. *Snakes: the evolution of mystery in nature*. University of California Press, California.
- HARPER JUNIOR, G.R. & PFENNIG, D.W. 2008. Mimicry on the edge: why do mimics vary in resemblance to their model in different parts of their geographical range? *Proc. Biol. Sci.* 274:1955-1961. PMID:17567563 PMCID:2275182. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2007.0558>

- HINMAN, K.E., THROOP, H.L., ADAMS, K.L., DAKE, A.J., McLAUHLAN, K.K. & McKONE, M.J. 1997. Predation by free-ranging birds on partial coral snake mimics: the importance of ring width and color. *Evolution*. 51(3):1011-1014. <http://dx.doi.org/10.2307/2411177>
- HOBBS, R.J. 1987. Disturbance regimes in remnants of natural vegetation. In *Nature Conservation: The Role of Remnants of Native Vegetation* (D.A. Saunders, G.W. Arnold, A.A. Burbidge & A.J.M. Hopkins, eds). Surrey Beatty and Sons, Chipping Norton, p.151-162.
- JKASIĆ, F.M., GREENE, H.W., SCHWENK, K. & SEIB, R.L. 1982. Predation upon Reptiles in Mediterranean Habitats of Chile, Spain and California: A Comparative Analysis. *Oecologia* 53(2):152-159. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00545658>
- KEYSER, A.J., HILL, G.E. & SOEHREN, E.C. 1998. Effects of Forest Fragment Size, Nest Density, and Proximity to Edge on the Risk of Predation to Ground-Nesting Passerine Birds. *Conserv. Biol.* 12(5):986-994. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1523-1739.1998.97177.x>
- KJOSS, V.A. & LITVAITIS, J.A. 2001. Community structure of snakes in a human-dominated landscape. *Biol. Conserv.* 98(3):285-292. [http://dx.doi.org/10.1016/S0006-3207\(00\)00167-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0006-3207(00)00167-1)
- KUCHTA, S.R. 2005. Experimental Support for Aposematic Coloration in the Salamander *Ensatina eschscholtzii xanthoptica*: Implications for Mimicry of Pacific Newts. *Copeia* 2:265-271. <http://dx.doi.org/10.1643/CH-04-173R>
- LILLYWHITE, H.B. & HENDERSON, R.W. 1993. Behavioral and functional ecology of arboreal snakes. In *Snakes, ecology and behavior* (R.A. Seigel & J.T. Collins, eds.). McGraw-Hill Companies, New York, p.1-48.
- MACKIN-ROGALSKA, R., PINOWSKI, J., SOLON, J. & WOJCIK, Z. 1988. Changes in vegetation, avifauna, and small mammals in a suburban habitat. *Pol. Ecol. Stud.* 14:293-330.
- MADSEN, T. 1987. Are juvenile grass snakes, *Natrix natrix*, aposematically coloured? *Oikos*. 48(3):265-267. <http://dx.doi.org/10.2307/3565512>
- MALUF, J.R.T. 2000. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. *Rev. Bras. Agromet.* 8(1):141-150.
- MARZLUFF, J.M. 2001. Worldwide urbanization and its effects on birds. In *Avian Ecology in an Urbanizing* ( J.M. Marzluff, R. Bowman & R. Donnelly, eds.). Kluwer, World Norwell, p.19-47.
- MAY, R.M., CRAWLEY, M.J. & SUGIHARA, G. 2007. Communities: patterns. In *Theoretical Ecology Principles and Applications* (R.A.M. May & A.R. McLean, eds.). Oxford University Press Inc., New York, p.7-16. PMID:17997635.
- 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)
- MITROVICH, M.J. & COTRONEO, R.A. 2006. Use of plasticine replica snakes to elicit antipredator behaviour in the California ground squirrel (*Spermophilus beecheyi*). *Southwest. Nat.* 51(2):263-267. [http://dx.doi.org/10.1894/0038-4909\(2006\)51\[263:UOPRST\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1894/0038-4909(2006)51[263:UOPRST]2.0.CO;2)
- OEHLER J.D. & LITVAITIS, J.A. 1996. The role of spatial scale in understanding responses of medium-sized carnivores to forest fragmentation. *Can. J. Zoolog.* 74:2070-2079. <http://dx.doi.org/10.1139/z96-235>
- PFENNIG, D.W., HARCUMBE, W.R. & PFENNIG, K.S. 2001. Frequency-dependent Batesian mimicry. *Nature*. 410(6826):323. PMID:11268195. <http://dx.doi.org/10.1038/35066628>
- PFENNIG, D.W., HARPER, G.R., BRUMO, A.F., HARCUMBE, W.R. & PFENNIG, K.S. 2007. Population differences in predation on Batesian mimics in allopatry with their model: selection against mimics is strongest when they are common. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 61:505-511. <http://dx.doi.org/10.1007/s00265-006-0278-x>
- POLIS, G.A. 1981. The evolution and dynamics of intraspecific predation. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 12:225-251. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.es.12.110181.001301>
- QUINTELA, F.M., LOEBMANN, D. & GIANUCA, N.M. 2006. Répteis continentais do município de Rio Grande do Sul, Brasil. *Biosciências*. 14(2):180-188.
- QUINTELA, F.M., PINHEIRO, R.M. & LOEBMANN, D. 2011. Composição e uso do habitat pela herpetofauna em uma área de mata paludosa da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, extremo sul do Brasil. *R. Bras. Bioci.* 9(1):6-11
- RICKLEFS, R.E. 2003. *Economia da Natureza*. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.
- RIO GRANDE DO SUL. Secretaria do Planejamento e Gestão - SPG. 2007. Projeto Conservação da Biodiversidade como Fator de Contribuição ao Desenvolvimento do Estado do Rio Grande do Sul. <http://www.seplag.rs.gov.br/index.asp> (último acesso em 03/04/2011).
- ROBINSON, S.K. & WILCOVE, D.S. 1994. Forest fragmentation in the temperate zone and its effects on migratory songbirds. *Bird. Conserv. Int.* 4:233-249. <http://dx.doi.org/10.1017/S0959270900002793>
- ROOS, S. 2002. Functional response, seasonal decline and landscape differences in nest predation risk. *Oecologia* 133(4):608-615. <http://dx.doi.org/10.1007/s00442-002-1056-8>
- RUXTON, G.D., THOMAS, S. & WRIGHT, J.W. 2002. Bells reduce predation of wildlife by domestic cats (*Felis catus*). *J. Zool.* 256(1):81-83. <http://dx.doi.org/10.1017/S0952836902000109>
- SEELIGER, U. 2003. Response of southern brazilian coastal foredunes to natural and human-induced disturbance. *J. Coastal. Res.* 35:51-55.
- SEELIGER, U., CORDAZZO, C.V. & OLIVEIRA, C.P.L. 2000. Long-term changes of coastal foredunes in the Southern Atlantic. *J. Coastal. Res.* 16(4):1068-1072.
- SHEPARD, D.B. 2007. Habitat but not body shape affect 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\[193:HBNBSA\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1655/0018-0831(2007)63[193:HBNBSA]2.0.CO;2)
- SHERBROOKE, W.C. & WESTPHAL, M.F. 2006. Responses of greater roadrunners during attacks on sympatric venomous and nonvenomous snakes. *Southwest. Nat.* 51(1):41-47. [http://dx.doi.org/10.1894/0038-4909\(2006\)51\[41:ROGRDA\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1894/0038-4909(2006)51[41:ROGRDA]2.0.CO;2)
- SHINE, R. & FITZGERALD, M. 1996. Large snakes in a mosaic rural landscape: the ecology of carpet pythons *Morelia spilota* (Serpentes: Pythonidae) in coastal eastern Australia. *Biol. Conserv.* 76:113-122. [http://dx.doi.org/10.1016/0006-3207\(95\)00108-5](http://dx.doi.org/10.1016/0006-3207(95)00108-5)
- TOZETTI, A.M., OLIVEIRA, R.B. & PONTES, G.M.F. 2009. Defensive repertoire of *Xenodon dorbignyi* (Serpentes, Dipsadidae). *Biota Neotrop.* 9:1-7. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032009000300016>
- TOZETTI, A.M., PONTES, G.M.F., MARTINS, M.B. & OLIVEIRA, R.B. 2010. Temperature preferences of *Xenodon dorbignyi*: field and experimental observations. *Herpetol. J.* 20:277-280.
- ÚJVÁRI, B., MADSEN, T., KOTENKO, T., OLSSON, M., SHINE, R. & WITZELL, H. 2002. Low genetic diversity threatens imminent extinction for the Hungarian meadow viper (*Vipera ursinii rakosiensis*). *Biol. Conserv.* 105:127-130. [http://dx.doi.org/10.1016/S0006-3207\(01\)00176-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0006-3207(01)00176-8)
- VIÉ, J.C., HILTON-TAYLOR, C. & STUART, S.N. (EDS.) 2009. *Wildlife in a Changing World – An Analysis of the 2008 IUCN Red List of Threatened Species*. IUCN, Gland, Switzerland, 180p.
- WILCOVE, D.S., ROTHSTEIN, D., DUBOW, J., PHILLIPS, A. & LOSOS, E. 1998. Quantifying threats to imperiled species in the United States. *Bioscience*. 48(8): 607-615. <http://dx.doi.org/10.2307/1313420>
- WILGERS, D.J. & HORNE, E.A. 2007. Spatial variation in predation attempts on artificial snakes in a fire-disturbed tallgrass prairie. *Southwest. Nat.* 52(2):263-270. [http://dx.doi.org/10.1894/0038-4909\(2007\)52\[263:SVIPAO\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1894/0038-4909(2007)52[263:SVIPAO]2.0.CO;2)
- ZAR, J.H. 1999. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall, New Jersey.

Received 29/06/2011  
 Revised 03/10/2012  
 Accepted 13/03/2013

**New records of *Forcipomyia (Pterobosca) incubans*  
(Diptera: Ceratopogonidae) parasitizing wings of Odonata in Brazil**

**Rhainer Guillermo-Ferreira<sup>1,3</sup> & Diogo Silva Vilela<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Departamento de Biologia, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo – USP, CEP 14040-901, Ribeirão Preto, SP, Brazil*

<sup>2</sup>*Laboratório de Ecologia Comportamental e de Interações – LECl, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia – UFU, CP 593, CEP 38400-902, Uberlândia, MG, Brazil*

<sup>3</sup>*Corresponding author: Rhainer Guillermo-Ferreira, e-mail: rhainerguillermo@yahoo.com.br*

GUILLERMO-FERREIRA, R. & VILELA, D.S. **New records of *Forcipomyia (Pterobosca) incubans* (Diptera: Ceratopogonidae) parasitizing wings of Odonata in Brazil.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?short-communication+bn01013012013>

**Abstract:** *Forcipomyia (Pterobosca) incubans* Macfie (1937) (Diptera: Ceratopogonidae) is recorded here for the first time for Brazil. Females were collected in the Brazilian Neotropical Savanna parasitizing the wings of *Erythrodiplax juliana* Ris (1911), *Erythrodiplax* aff. *anomala* Brauer (1865) and *Erythemis credula* Hagen (1861), all Libellulidae dragonflies. A map of potential distribution of this species in the New World is also provided. The results suggest that its distribution may range from southern South America to Mexico, with higher densities in the Brazilian and Colombian Tropical Rain Forests.

**Keywords:** *biting midge, flies, parasite, new record, Neotropical.*

GUILLERMO-FERREIRA, R. & VILELA, D.S. **Novos registros de *Forcipomyia (Pterobosca) incubans* (Diptera: Ceratopogonidae) parasitando asas de Odonata no Brasil.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?short-communication+bn01013012013>

**Resumo:** *Forcipomyia (Pterobosca) incubans* Macfie (1937) (Diptera: Ceratopogonidae) é registrada aqui pela primeira vez para o Brasil. Fêmeas foram coletadas parasitando as asas de *Erythrodiplax juliana* Ris (1911), *Erythrodiplax* aff. *anomala* Brauer (1865) e *Erythemis credula* Hagen (1861), todas libélulas da família Libellulidae. Um mapa da distribuição potencial desta espécie no Novo Mundo também é fornecido. Os resultados sugerem que sua distribuição pode variar do sul da América do Sul ao México, com maiores densidades nas Florestas Tropicais Úmidas do Brasil e da Colômbia.

**Palavras-chave:** *maruim, mosquitos, parasita, novo registro, Neotropical.*



## Introduction

The genus *Forcipomyia* Meigen (1818) is one of the most diverse groups in the family Ceratopogonidae, with a widespread distribution in the New World and Old World tropics. Some species are known as pollinators of tropical crops, such as cacao (Wirth 1982).

The subgenus *Pterobosca* Macfie has 23 species distributed worldwide, with only *F. (P.) fusicornis* recorded for Brazil (Borkent 2012). Female ceratopogonids (biting midges) of this subgenus parasite wings of dragonflies and damselflies (Odonata), feeding on the hemolymph of their host (Clastrier & Legrand 1991, Wildermuth & Martens 2007). The behavior of these midges may affect the reproductive success of the dragonfly hosts, influencing on their quality and territorial behavior (Orr & Cranston 1997).

*F. (P.) incubans* Macfie (1937) was described by Macfie (1937) after it was collected attached to the wings of *Argia ulmeca* Calvert (Odonata: Coenagrionidae) in Belize. Since then, this species was recorded parasitizing 18 Odonata species in South and Central Americas (Huerta 2006); of which 12 occur in Brazil: *Hetaerina occisa* Hagen in Selys (Calopterygidae), *Coryphaesha viriditas* Calvert (Aeshnidae), *Erythemis vesiculosa* (Fab.) (Libellulidae), *Erythrodiplax umbrata* (L.) (Libellulidae), *Libellula herculea* Karsch (Libellulidae), *Misagria parana* Kirby (Libellulidae), *Orthemis schmidtii* Buchholz (Libellulidae), *O. sibylla* Ris (Libellulidae) (synonymized with *Orthemis ambirufa* Calvert, 1909), *Uracis imbuta* (Burmeister) (Libellulidae), *Erythrodiplax melanorubra* Borror (Libellulidae), *Miathyria marcella* (Selys in Sagra) (Libellulidae) and *Dythemis sterilis* Hagen (Libellulidae).

In this study, we recorded individuals of *F. (P.) incubans* attached to the wing veins of three dragonfly species in the Neotropical Savanna environment of Minas Gerais State, Brazil. We also predicted potential suitable habitat for *F. (P.) incubans*, based on maximum entropy distribution modeling considering that such approach may assist future studies and improve the knowledge on the distribution of this group of ceratopogonids.

## Materials and Methods

The study was conducted in the Ecological Reserve of the “Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia”, Uberlândia, Minas Gerais (18° 57' S and 48° 12' W; altitude 863 m; 640 ha). The reserve is covered by a Cerrado *stricto sensu* (tropical woodland savanna) vegetation and is located near the urban area. The study was conducted in a ~100 m<sup>2</sup> pond and an outflow stream, both located inside the reserve.

We collected dragonflies and damselflies with an insect net weekly from 10:00 AM to 3:00 PM between July 2010 and June 2011. After capture, we examined their wings for the presence of parasite midges. When a midge was located, we placed the odonate and the attached parasite in a plastic vial. Manipulation of the dragonfly did not provoke detachment of the midge.

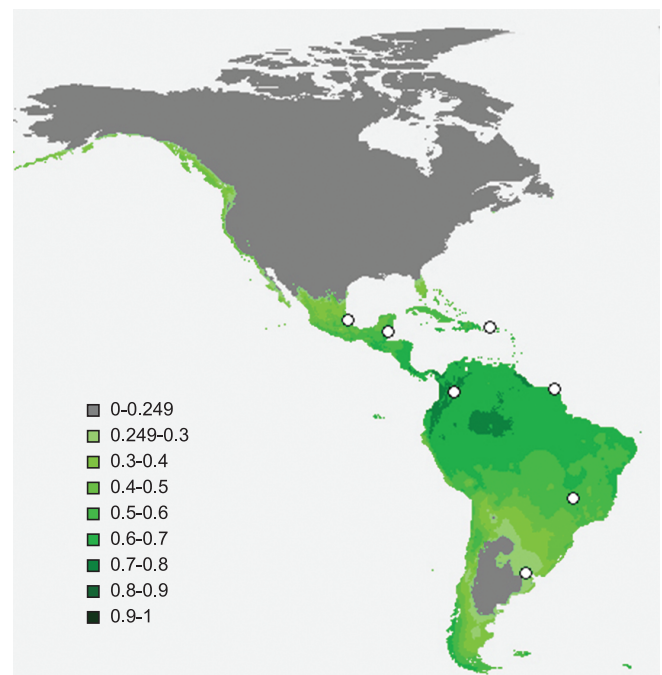
The potential distribution of *F. (P.) incubans* was modeled using the programs Maxent<sup>®</sup> and Diva-Gis<sup>®</sup>. We used Maxent because it has a strong performance and stability in prediction accuracy, with low sensitivity to sample size (Hernandez et al. 2006, Wisz et al. 2008). Diva-Gis was used to edit the species distribution map gradient, an option that is not included in Maxent. We obtained six georeferenced records of *F. (P.) incubans* (Huerta 2006, Marino & von Ellenrieder 1999, Clastrier & Legrand 1990, Macfie 1937, Wirth 1956, Johannsen 1951) and inserted the data in Maxent along with the World Clim's Environmental layers with 2.5 arc-minutes resolution (<http://www.worldclim.org/>). We used all temperature, precipitation, Bioclim and altitude layers. After running the analysis, we opened the resultant data in Diva-Gis.

Using the file properties and the 10% percentile training presence threshold (0.249), we created a gradual scale to show the potential distribution of the species. The predictive ability of the generated model was assessed by the Area Under Curve (AUC) of the Receiver Operating Characteristic (ROC) curve (Philips et al. 2006). We adopted the interpretation of AUC results by Araujo et al. (2005): Excellent AUC>0.90; Good 0.80>AUC≤0.90; Acceptable 0.70>AUC≤0.80; Bad 0.60>AUC≤0.70; Invalid 0.50>AUC≤0.60. The percent contribution and permutation importance of environmental variables were used to identify what variables contributed more to the Maxent model.

## Results and Discussion

We collected a total number of 605 dragonflies and damselflies, distributed in 17 species, seven Zygoptera and ten Anisoptera. The most common species were *Erythrodiplax* aff. *anomala* Brauer, *Erythrodiplax umbrata* (L.), *Zenithoptera lanei* Santos, *Acanthagrion truncatum* Selys, *Acanthagrion lancea* Selys and *Mnesarete pudica* (Hagen in Selys).

Only three Libellulidae species had midges attached to their wings: one male *Erythrodiplax juliana* Ris (12% of the captured specimens of this species), a Neotropical species (Muzón & Garre 2005) that oviposits on lentic environments (Carvalho 1998); four males *Erythrodiplax* aff. *anomala* Brauer (2% of the captured specimens of this species); and one male *Erythemis credula* Hagen (5% of the captured specimens of this species), which is widely distributed in Central and South Americas, dwelling in streams in Argentina (Muzón et al. 2008) and lakes in Brazil (Franco & Takeda 2002) and Panama (May 1998). This information suggest that this midge may parasitize both stream and lake dwelling odonates, being transported in phoresy to many environments and supporting its wide distribution range. We found only one midge on the basal or apical portion of wings of each dragonfly. Midges clearly had mouthparts



**Figure 1.** Map of the potential distribution of *Forcipomyia (P.) incubans* (Diptera: Ceratopogonidae) in the New World. Darker tones of green indicate higher probabilities of occurrence. Grey areas indicate low probabilities of occurrence. White circles are sites of observed occurrence.

inserted in the veins and, after removal, left a scar-like mark on the vein. We collected only male odonates because we could not identify some females that belonged to the same genera.

The results of the potential distribution model for *F. (P.) incubans* (Figure 1) suggest that this species may occur from southern South America to Mexico, with higher probabilities of occurrence in the Tropical Rain Forests of Brazil and Colombia. The model has a good predictability, with AUC=0.892. The results of relative contributions of the environmental variables to the Maxent model show that Temperature Seasonality and Temperature Annual Range (see <http://www.worldclim.org/bioclim> for descriptions) were the variables with higher percent contribution (87.7 and 8.2, respectively) and permutation importance (57.7 and 41.3, respectively). The contribution of these predictor variables and the potential high occurrence in tropical forests suggest that this species may present higher occurrence probabilities in habitats where temperature shows little variation throughout the year. Since temperature regimes influence on the odonate host development and distribution (Corbet 1999, Dingemanse & Kalkman 2008), such variables should also influence on the distribution of the parasite midge.

In conclusion, the results suggest that this midge may be a common parasite of dragonflies, with a wide distribution in the Americas. In addition, since this midge presents no host specificity, it is highly probable that this species can be found parasitizing other Odonata species in other parts of the Americas.

## Acknowledgements

We thank Dr. Kleber Del Claro, Dr. Pitágoras C. Bispo and the direction of the Ecological Reserve for supporting this study. We also thank Dr. Gustavo Spinelli for insect identification. We acknowledge Dr. Fabio de Oliveira Roque and two anonymous referees for their valuable comments, which greatly improved this manuscript. RGF thanks CAPES for financial support.

## References

- ARAUJO, M.B., PEARSON, R.G., THUILLER, W. & ERHARD, M. 2005. Validation of species-climate impact models under climate change. *Glob. Change Biol.* 11: 1504-1513. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.01000.x>
- BORKENT, A. 2012. World species of biting midges (Diptera: Ceratopogonidae). [www.inhs.uiuc.edu/research/FLYTREE/CeratopogonidaeCatalog.pdf](http://www.inhs.uiuc.edu/research/FLYTREE/CeratopogonidaeCatalog.pdf) (último acesso em 06/08/2012).
- CARVALHO, A.L. & NESSIMIAN, J.L. 1998. Odonata do Estado do Rio de Janeiro, Brasil: Hábitats e hábitos das larvas. *Oecol. Austral.* 5: 3-28.
- CLASTRIER, J. & LEGRAND, J. 1990. *Forcipomyia (Pterobosca) incubans* (Macfie) et *F. (Trichohelea) machen* n. sp. Parasites des ailes de libellules en Guyane Française (Diptera, Ceratopogonidae; Odonata). *Rev. Fr. Entomol.* 12: 167-170.
- CLASTRIER, J. & LEGRAND, J. 1991. *Forcipomyia (Trichohelea) araneivora* n. sp. ectoparasite d'une araignée habitant les monts nimba en Guinée (Diptera, Ceratopogonidae; Araneae, Araneidae). *Rev. Fr. Entomol.* 13: 155-158.
- CORBET, P.S. 1999. *Dragonflies: Behavior and Ecology of Odonata*. Comstock, Ithaca.
- DINGEMANSE, N.J. & KALKMAN, V.J. 2008. Changing temperature regimes have advanced the phenology of Odonata in the Netherlands. *Ecol. Entomol.* 33: 394-402. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2311.2007.00982.x>
- FRANCO, G. & TAKEDA, A. 2002. Variação espacial e temporal de larvas de Odonata associadas com macrófitas aquáticas em duas lagoas da planície de inundação do alto rio Paraná, Brasil. *Biol. Sci.* 24: 337-344.
- HERNANDEZ, P.A., GRAHAM, C.H., MASTER, L.L. & ALBERT, D.L. 2006. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography* 29: 773-785. <http://dx.doi.org/10.1111/j.0906-7590.2006.04700.x>
- HUERTA, H. 2006. Nuevo registro de *Forcipomyia (Pterobosca) incubans* (Macfie) (Diptera: Ceratopogonidae) como parásito de Odonata. *Acta Zool. Mex.* 22: 157-158.
- JOHANNSEN, O.A. 1951. Notes on North American species of *Pterobosca*. *Fla. Entomol.* 34: 116-117. <http://dx.doi.org/10.2307/3492023>
- MACFIE, J.W.S. 1937. Notes on Ceratopogonidae (Diptera). *Proc. R. Entomol. Soc. Lond.* 6: 111-118.
- MARINO, P.I. & VON ELLENRIEDER, N. 1999. New records of *Forcipomyia (Pterobosca) incubans* (Macfie) (Diptera: Ceratopogonidae) on libellulids (Anisoptera). *Not. Odonatol.* 5: 38-39.
- MAY, M. 1998. Body temperature regulation in a late-season dragonfly, *Sympetrum vicinum* (Odonata: libellulidae). *Int. J. Odonatol.* 1: 1-13. <http://dx.doi.org/10.1080/13887890.1998.9748090>
- MUZÓN, J. & GARRÉ, A. 2005. Description of the last instar larva of *Erythrodiplax paraguayensis* (Anisoptera: Libellulidae). *Rev. Soc. Entomol. Argent.* 64: 85-91.
- MUZÓN, J., VON ELLENRIEDER, N., PESSACQ, P., LOZANO, F., GARRÉ, A., LAMBRUSCHINI, J., RAMOS, L. & MUÑOZ, M.S. 2008. Odonata from Iberá Wetlands (Corrientes, Argentina): preliminary inventory and biodiversity. *Rev. Soc. Entomol. Argent.* 67: 59-67.
- ORR, A.G. & CRANSTON, P.S. 1997. Hitchhiker or parasite? A ceratopogonid midge and its odonate host. *J. Nat. Hist.* 31: 1849-1858. <http://dx.doi.org/10.1080/00222939700770961>
- PHILIPS, S.J., ANDERSON, R.P. & SCHAPIRE, R.E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecol. Model.* 190: 231-259. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- WILDERMUTH, H. & MARTENS, A. 2007. The feeding action of *Forcipomyia paludis* (Ceratopogonidae, Diptera), a parasite of Odonata imagines. *Int. J. Odonatol.* 10: 249-255. <http://dx.doi.org/10.1080/13887890.2007.9748302>
- WIRTH, W.W. 1956. New species and records of biting midges ectoparasitic on insects (Diptera, Heleidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 49: 356-364.
- WIRTH, W.W. 1982. The cacao-pollinating midges of the *Forcipomyia argenteola* group (Diptera: Ceratopogonidae). *Proc. Entomol. Soc. Wash.* 84: 568-585.
- WISZ, M.S., HIJMANS, R.J., LI, J., PETERSON, A.T., GRAHAM, C.H. & GUISAN, A. 2008. Effects of sample size on the performance of species distribution models. *Diversity Distrib.* 14: 763-773. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1472-4642.2008.00482.x>

Received 03/05/2012

Revised 09/01/2013

Accepted 21/01/2013

**New records and checklist of aquatic and semi-aquatic Heteroptera  
(Insecta: Hemiptera: Gerromorpha and Nepomorpha) from the  
Southern region of Mato Grosso do Sul, Brazil**

**Carla Fernanda Burguez Floriano<sup>1,2,4</sup>, Iana Aparecida Dalla Valle Oliveira<sup>2</sup> & Alan Lane de Melo<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Zoology Department, Universidade Federal do Paraná – UFPR, CEP 80060-000, Curitiba, PR, Brazil  
<http://www.pgento.ufpr.br/BolsistaCAPES>

<sup>2</sup>Group of Environmental Studies and Education GEAMBE, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UFMS, CEP 79980-000, Mundo Novo, MS, Brazil. <http://www.uems.br/portal/mundonovo.php>

<sup>3</sup>Parasitology Department, Biological Sciences Institute, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, CEP 31270-901, Belo Horizonte, MG, Brazil. <http://www.icb.ufmg.br>

<sup>4</sup>Corresponding author: Carla Fernanda Burguez Floriano, e-mail: [carlla.floriano@gmail.com](mailto:carlla.floriano@gmail.com)

FLORIANO, C.F.B., OLIVEIRA, I.A.D.V. & MELO, A.L. **New records and checklist of aquatic and semi-aquatic Heteroptera (Insecta: Hemiptera: Gerromorpha and Nepomorpha) from the Southern region of Mato Grosso do Sul, Brazil.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?inventory+bn01813012013>

**Abstract:** A list of aquatic and semi-aquatic Heteroptera species from the southern region of Mato Grosso do Sul State is presented. The material was collected between 2008 and 2009. Samples were obtained from 10 streams (Água Boa, Cerro Verde, Cumprida, Ponte, Doradão, Guaçú, Guaporites, Nhu-Verá, Perobão and Santa Maria), one river (Iguatemi River) and nine ponds (Bacal, Balan, Ponte, Cinco, Macrófitas, Bugão, Sítio, Cascalho, and Oxbow). A total of 63 aquatic and semi-aquatic species of Heteroptera were recorded, of which 32 are new records.  
**Keywords:** *water-bug, aquatic insects, Iguatemi River.*

FLORIANO, C.F.B., OLIVEIRA, I.A.D.V. & MELO, A.L. **Novos registros e checklist de Heteroptera semi-aquáticos e aquáticos (Insecta: Hemiptera: Gerromorpha e Nepomorpha) para o Sul do Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?inventory+bn01813012013>

**Resumo:** Uma lista das espécies de Heteroptera aquáticos e semi-aquáticos para a região sul do Estado de Mato Grosso do Sul é apresentada. O material foi coletado entre 2008 e 2009. As amostras foram obtidas a partir de 10 córregos (Água Boa, Cerro Verde, Cumprida, Ponte, Doradão, Guaçú, Guaporites, Nhu-Verá, Perobão e Santa Maria), um rio (rio Iguatemi) e nove lagoas (Bacal, Balan, da Ponte, Cinco, Macrófitas, Bugão, Sítio, Cascalho, Oxbow). Um total de 63 espécies de heterópteros aquáticos e semi-aquáticos foram registrados, das quais 32 são novos registros.

**Palavras-chave:** *percevejos aquáticos, insetos aquáticos, Rio Iguatemi.*

## Introduction

Hemiptera is a group of hemimetabolous insects with some fossil members dating from the late Permian (Grimaldi & Engel 2005). Currently, it comprises four suborders (Forero 2008), whose the referred suborder Heteroptera consist of insects having piercing-sucking mouthparts inserted into the anterior part of the head and forewings, when present, of hemelytra type (Nieser & Melo 1997, Gullan & Cranston 2008). However, Gerromorpha is not divided into a leathery part (corium and clavus) and membranous apical part (membrane) (Andersen 1982).

The Heteroptera is a group of insects of great interest found worldwide (Nieser & Melo 1997), except Antarctica (Polhemus & Polhemus 2007, Schuh & Slater 1995). Although most species have terrestrial habits, aquatic and semi-aquatic ones are also found (McCafferty 1981, Merrit & Cummins 1984). Since 1555, about 4,800 species of Gerromorpha, Nepomorpha and Leptopodomorpha have been described (Polhemus & Polhemus 2007). In the tropical South America, 700 species of Nepomorpha and Gerromorpha were cataloged (Pérez 1988), in Brazil 479 species were reported and in the Mato Grosso do Sul State were reported 27 species (Moreira et al. 2011).

The Brazilian States of Amazonas, Minas Gerais, Pará, Rio de Janeiro and Santa Catarina have the largest number of publications recording and or describing species of aquatic and semi-aquatic Heteroptera. In recent years, Espírito Santo and São Paulo were also subjected to studies with Veliidae (Moreira et al. 2010, Moreira & Barbosa 2011), whereas few reports are available for other States. However, there are few records on the regional fauna and ecological studies about the various habitats of aquatic Heteroptera. Generally, such studies have been hampered by the lack of identification keys for the species of aquatic organisms.

For the State of Mato Grosso do Sul, there are records of some families in the Pantanal do Negro, in the Municipality of Aquidauana

(Bervian et al. 2006, Donald 2006, Silva et al. 2009), and families and genera in the southern region of the State (Floriano et al. 2008, 2009). However, studies of species are extremely scarce.

This study aimed to present a preliminary checklist of Gerromorpha and Nepomorpha species for the Mato Grosso do Sul State, in order to provide numerical data that will show the reality of regional species in Brazil.

## Materials and Methods

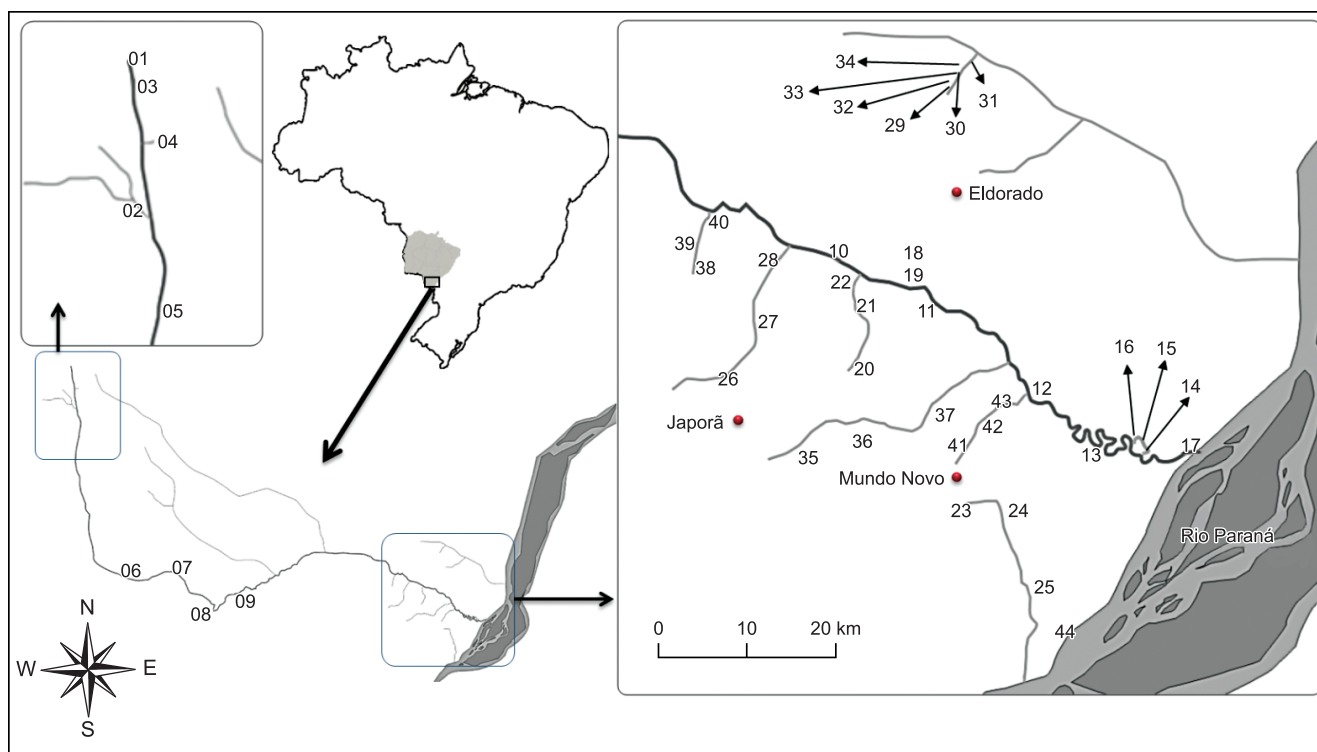
The 2,940 km long Paraná River, originates in the junction of the Rivers Paranaíba and Grande, on the border of Mato Grosso do Sul, Minas Gerais and São Paulo (Godoy 1986), having as one of its main tributaries, the Iguatemi River, located in the extreme south of Mato Grosso do Sul State.

The Iguatemi River is 235 km long, presenting a meandering course, high water flow and several marginal lagoons near its mouth (Paiva 1982). The spring is located between the municipalities of Amambaí and Coronel Sapucaia, at about 520 m of altitude and flows into the Parana River at 226 m above sea level, between the municipalities of Eldorado, Mundo Novo and Guairá, about 20 km above the ancient Salto das Sete Quedas (Súarez & Petrere Junior 2003).

For the sampling activities three areas along the Iguatemi River were determined, these are, the upper region (Coronel Sapucaia and Amambaí), middle region (Sete Quedas and Tacuru) and lower region (Mundo Novo, Japorã and Eldorado).

The illustrative locations of the sampling points are shown in Figure 1, and the geographical coordinates as well as the codes of the sampled areas are shown in Table 1.

For the upper region of the Iguatemi river five sampling points were determined, among them three were located in the Iguatemi River and two refer to the Nhu-Verá and Cumprida streams. As for the middle region, four sampling points were chosen (Iguatemi River,



**Figure 1.** Map showing the 44 sampling sites in southern region of the Mato Grosso do Sul State.



**Table 1.** Codes, names and geographical coordinates for 44 sampling sites in southern region of the Mato Grosso do Sul State.

Region	Code	Site	Geographical coordinates	
			Latitude	Longitude
ARI	01 - ARI	Iguatemi River, sourcee	23°13'24.1"	55°25'15.0"
	02 - CN	Nhu-Verá Stream	23°18'48.1"	55°25'16.3"
	03 - ARI	Iguatemi River	23°13'41.8"	55°25'17.4"
	04 - CC	Cumprida Stream *	23°15'20.1"	55°25'04.0"
	05 - ARI	Iguatemi River	23°20'24.9"	55°27'47.5"
MRI	06 - MRI	Iguatemi River	23°47'37.1"	55°06'30.8"
	07 - LB	Bugão Lagoon *	55°06'30.8"	55°05'21.8"
	08 - CV	Cerro Verde Stream	23°50'30.5"	55°04'32.4"
	09 - LC	Cinco Lagoon *	23°53'30.6"	55°00'16.6"
BRI	10 - BRI	Iguatemi River	23°49'01.3"	54°22'05.7"
	11 - BRI	Iguatemi River	23°50'22.3"	54°19'31.0"
	12 - BRI	Iguatemi River	23°53'04.2"	54°15'38.1"
	13 - BRI	River Iguatemi	23°55'09.5"	54°12'50.7"
	14 - LO	Oxbow Lagoon	23°55'22.6"	54°11'19.0"
	15 - LO	Oxbow Lagoon	23°55'11.4"	54°11'15.4"
	16 - LO	Oxbow Lagoon	23°54'53.8"	54°11'25.3"
	17 - BRI	Iguatemi River, mouth	23°55'36.1"	54°09'60.1"
	18 - LM	Macrófitas Lagoon *	23°49'11.5"	54°20'01.9"
	19 - LP	Ponte Lagoon *	23°50'02.9"	54°20'02.3"
	20 - AB	Água Boa Stream	23°52'43.7"	54°21'56.9"
	21 - AB	Água Boa Stream	23°50'16.6"	54°20'55.5"
	22 - AB	Água Boa Stream	23°50'30.3"	54°20'58.5"
	23 - CP	Ponte Stream	23°56'45.9"	54°17'28.2"
	24 - CP	Ponte Stream	23°56'50.3"	54°16'37.4"
	25 - CP	Ponte Stream	23°59'48.5"	54°15'22.7"
	26 - CD	Doradão Stream	23°52'24.1"	54°26'40.4"
	27 - CD	Doradão Stream	23°51'04.9"	54°25'13.9"
	28 - CD	Doradão Stream	23°49'23.2"	54°23'48.2"
	29 - CA	Guaporites Stream	23°43'32.3"	54°17'43.4"
	30 - CA	Guaporites Stream	23°43'43.7"	54°17'25.1"
	31 - CA	Guaporites Stream	23°42'59.0"	54°17'10.3"
	32 - LL	Balan Lagoon *	23°43'32.7"	54°17'49.4"
	33 - LA	Bacal Lagoon *	23°43'15.9"	54°17'24.6"
	34 - LS	Sítio Lagoon*	23°43'12.5"	54°17'29.5"
	35 - CG	Guaçú Stream	23°55'04.1"	54°23'40.7"
	36 - CG	Guaçú Stream	23°54'19.6"	54°21'43.4"
	37 - CG	Guaçú Stream	23°53'31.4"	54°18'42.3"
	38 - BB	Perobão Stream	23°49'25.8"	54°26'43.2"
	39 - BB	Perobão Stream	23°48'59.4"	54°26'43.2"
	40 - BB	Perobão Stream	23°48'40.6"	54°26'26.0"
	41 - CF	Santa Maria Stream	23°55'22.7"	54°17'49.5"
	42 - CF	Santa Maria Stream	23°54'29.1"	54°17'14.4"
	43 - CF	Santa Maria Stream	23°53'52.4"	54°16'13.5"
44 - LH	Cascalho Lagoon	24°02'28.4"	54°14'00.2"	

\*Names suggested by authors. ARI: upper region of Iguatemi River; MRI: middle region of Iguatemi River and BRI: low regions of Iguatemi River.

Cerro Verde stream, Bugão lagoon and Cinco lagoon). The sampling work in the upper and middle regions was carried out in February and May 2008, and February 2009.

Along the lower region of the Iguatemi River, ten sampling points were chosen, four in the river itself, three in the Oxbow lagoon, two in marginal lagoons (Macrófitas and Ponte) and one in the mouth. The collections were carried out in January, April, July and October 2008.

In the lower region seven streams were also investigated (Água Boa, Doradão, Guaçú, Guaporites, Perobão, Ponte, and Santa Maria).

For each stream, three sampling points were selected (near the source, in the middle region and near the mouth). As regards the frequency of collection, for the Doradão and Guaçú streams, they were performed in a two-month period between February and October 2007. For the Perobão, Água Boa, Ponte and Santa Maria streams, the collections were quarterly, between March and December 2008. As for the Guaporites stream and the lagoons (Bacal, Balan, Ponte, Macrófitas, Cascalho and Sítio), samples were collected quarterly from September 2008 to June 2009.

**Table 2.** Species of aquatic and semi-aquatic Heteroptera (Nepomorpha and Gerromorpha) recorded from the Mato Grosso do Sul State, with new records.

Taxa	New record	SRT	SPR
<b>Infraordem GERROMORPHA Popov, 1971</b>			
<b>Gerridae Leach, 1815</b>			
<i>Brachymetra furva</i> Drake, 1957	X	X	
<i>Cylindrostethus palmaris</i> Drake & Harris, 1934	X	X	
<i>Halobatopsis platensis</i> (Berg, 1879)	X	X	
<i>Limnogonus aduncus</i> Drake & Harris, 1933	X	X	
<i>Limnogonus ignotus</i> Drake & Harris, 1934			X
<i>Limnogonus profugus</i> Drake & Harris, 1930		X	X
<i>Neogerris lubricus</i> (White, 1879)	X	X	
<i>Metrobates vigilis</i> Drake & Harris, 1945	X	X	
<i>Rheumatobates crassifemur</i> Esaki, 1926	X	X	
<b>Hebridae Amyot &amp; Serville, 1843</b>			
<i>Merragata hebroides</i> White, 1877	X	X	
<b>Hydrometridae Billberg, 1820</b>			
<i>Hydrometra argentina</i> Berg, 1879		X	X
<b>Mesoveliidae Douglas &amp; Scott, 1867</b>			
<i>Mesovelia mulsanti</i> White, 1879	X	X	
<b>Veliidae Amyot &amp; Serville, 1843</b>			
<i>Microvelia longipes</i> Uhler, 1894			X
<i>Microvelia mimula</i> White, 1879			X
<i>Microvelia pulchella</i> Westwood, 1834		X	X
<i>Platyvelia brachialis</i> (Stål, 1860)	X	X	
<i>Rhagovelia hambletoni</i> Drake, 1958	X	X	
<i>Rhagovelia tenuipes</i> Champion, 1898	X	X	
<i>Rhagovelia whitei</i> (Breddin, 1898)	X	X	
<i>Rhagovelia zela</i> Drake, 1959	X	X	
<i>Steinovelvia virgata</i> (White, 1879)	X	X	
<i>Stridulivelia astralis</i> (Drake & Harris, 1938)			X
<i>Xiphovelia lacunana</i> (Drake & Plaumann, 1953)			X
<b>Infraordem NEPOMORPHA Popov 1971</b>			
<b>Belostomatidae Leach, 1815</b>			
<i>Belostoma bosque</i> De Carlo, 1932			X
<i>Belostoma dentatum</i> (Mayr, 1863)			X
<i>Belostoma dilatatum</i> (Dufour, 1863)		X	X
<i>Belostoma discretum</i> Montandon, 1903		X	X
<i>Belostoma elongatum</i> Montandon, 1908		X	X
<i>Belostoma foveolatum</i> (Mayr, 1863)			X
<i>Belostoma gestroi</i> Montandon, 1900			X
<i>Belostoma micantulum</i> (Stål, 1858)		X	X
<i>Belostoma pygmeum</i> (Dufour, 1863)	X	X	
<i>Lethocerus annulipes</i> (Herrich-Schäffer, 1846)	X	X	
<i>Lethocerus maximus</i> De Carlo, 1838		X	X
<i>L. melloleitaoi</i> De Carlo, 1933			X
<b>Corixidae Leach, 1815</b>			
<i>Heterocorixa brasiliensis</i> Hungerford, 1928			X
<i>Tenagobia incerta</i> Lundblad, 1928		X	X
<i>Tenagobia schadei</i> Lundblad, 1929			X
<b>Gelastocoridae Champion, 1901</b>			
<i>Gelastocoris amazonensis</i> Melin, 1929			X
<i>Gelastocoris flavus</i> (Guérin-Méneville, 1835)	X	X	
<i>Gelastocoris monrosi</i> De Carlo, 1959			X
<i>Nerthra terrestris</i> (Kevan, 1948)			X
<i>Nerthra ranina</i> (Herrich-Schäffer, 1853)	X	X	
<b>Naucoridae Fallén, 1814</b>			

RST: species registered in this study; SPR: species previously reported.

Table 2. Continued...

Taxa	New record	SRT	SPR
<i>Ambrysus bifidus</i> La Rivers & Nieser, 1972	X	X	
<i>Limnocoris maculiceps</i> Montandon, 1897			X
<i>Limnocoris minutus</i> De Carlo, 1951	X	X	
<i>Pelocoris bipunctulus</i> (Herrich-Schäffer, 1853)			X
<i>Pelocoris subflavus</i> Montandon, 1898	X	X	
<i>Placomerus micans</i> La Rivers, 1956	X	X	
<b>Nepidae Latreille, 1802</b>			
<i>Curicta granulosa</i> De Carlo, 1951			X
<i>Curicta volxemi</i> (Montandon, 1895)		X	X
<i>Ranatra heydeni</i> Montandon, 1909	X	X	
<i>Ranatra horvathi</i> Montandon, 1910			X
<i>Ranatra rabida</i> White, 1879			X
<i>Ranatra siolii</i> De Carlo, 1970	X	X	
<b>Notonectidae Latreille, 1802</b>			
<i>Buenoa amnigenus</i> (White, 1879)			X
<i>Buenoa salutis</i> Kirkaldy, 1904	X	X	
<i>Martarega brasiliensis</i> Truxal, 1949	X	X	
<i>Martarega membranacea</i> White, 1879	X	X	
<i>Martarega uruguayensis</i> (Berg, 1883)	X	X	
<i>Notonecta pulchra</i> Hungerford, 1926	X	X	
<b>Pleidae Fieber, 1851</b>			
<i>Neoplea maculosa</i> (Berg, 1879)	X	X	
<i>Neoplea semipicta</i> (Horváth, 1918)	X	X	

RST: species registered in this study; SPR: species previously reported.

The samples were taken by sweeping the water column, edges and bottom of the water bodies with entomological hand nets, when possible. The collected insects were sorted from detritus and transferred to vials containing 80% ethanol. In the laboratory, each sample was examined under a dissecting microscope and species identification was performed basically according to Nieser & Melo (1997) and Heckman (2011). The sampled material was deposited in the Laboratório de Entomologia aquática da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS) e Departamento de Parasitologia da Universidade Federal de Minas Gerais (DPIC).

## Results and Discussion

A total of 42 aquatic and semi-aquatic Heteroptera species (18 Gerromorpha, 24 Nepomorpha) were recorded, of which 32 are new records for the Mato Grosso do Sul State. A list of the species, grouped in 29 genera and distributed in 12 is presented (List 1 and Table 2).

The family of Gerromorpha with the greatest number of species was Gerridae with eight species, followed by Veliidae with seven. Among the Nepomorpha, Belostomatidae showed the highest richness, with seven species (five of *Belostoma* and two of *Lethocerus*).

Pleidae, which features small species that do not exceed three millimeters in length, are not frequently collected by not specialist, due to either their size or because they are rare or even their specific habitat. Thus, there are few records of their geographical distribution. Nevertheless, two species of *Neoplea* were registered in the State.

The State now contains 63 species of aquatic and semi-aquatic Heteroptera, with 10 species being recorded again in our studies, which were: *Belostoma dilatatum* (Dufour, 1863) (Ribeiro 2007), *B. discretum* Montandon, 1903 (Ribeiro 2007), *B. elongatum* Montandon, 1908 (Ribeiro 2007), *B. micantulum* (Stål, 1860)

(Ribeiro 2007), *Curicta volxemi* (Montandon, 1895) (Heckman 2011), *Hydrometra argentina* Berg, 1879 (Moreira et al. 2009, Heckman 2011), *Lethocerus maximus* De Carlo, 1938 (Ribeiro 2005, Heckman 2011), *Limnogonus profugus* Drake & Harris, 1930 (Heckman 2011), *Microvelia pulchella* Westwood, 1834 (Drake & Plaumann 1953), *Tenagobia incerta* Lundblad, 1929 (Nieser 1977) (Table 2).

The species *B. bosqi* De Carlo, 1932 (Ribeiro 2007), *B. dentatum* (Mayr, 1863) (Nieser 1975), *B. foveolatum* (Mayr, 1863) (Ribeiro 2007), *B. gestroi* Montandon, 1900 (Ribeiro 2004), *Buenoa amnigenus* (White, 1879) (Heckman 2011), *C. granulosa* De Carlo, 1951 (Heckman 2011), *Gelastocoris amazonensis* Melin, 1929 (Schnack & Estévez 1979), *G. monrosi* De Carlo, 1959 (De Carlo 1959), *Heterocorixa brasiliensis* Hungerford, 1928 (Hungerford 1948), *L. melloleitaoi* De Carlo, 1933 (Heckman 2011), *Limnocoris maculiceps* Montandon, 1897 (Heckman 2011), *L. ignotus* Drake & Harris, 1934 (Heckman 2011), *M. longipes* Uhler, 1894 (Drake & Plaumann 1953), *M. mimula* White, 1879 (Drake & Plaumann 1953, Heckman 2011), *Nerthra terrestris* (Kevan, 1948) (Heckman 2011), *Pelocoris bipunctulus* (Herrich-Schäffer, 1853) (Heckman 2011), *Ranatra horvathi* Montandon, 1910 (Nieser & Melo 1997), *R. rabida* White, 1879 (Heckman 2011), *Stridulivelia astralis* (Drake & Harris, 1938) (Heckman 2011), *T. schadei* Lundblad, 1929 (Hungerford 1948), *Xiphovelia lacunana* (Drake & Plaumann, 1953) (Drake & Plaumann 1953) were previously reported, however, unregistered in this study (Table 2).

According to Moreira et al. (2011), species *Pelocoris binotulatus nigriculus* Berg, 1879 and *Lipogomphus lacuniferus* Berg, 1879, possibly occurring in the State, but were not recorded in the sampling points, there is the possibility that these species occur further north of the State.

For records of species occurrence *G. amazonensis*, *G. monrosi* 1959, *M. longipes*, *M. mimula*, *M. pulchella* Westwood, 1834 and *X. lacunana*, the same were performed before the geopolitical division of the State in 1977. However, today these localities belong to the State of Mato Grosso do Sul (Moreira et al. 2011).

The Mato Grosso do Sul State has an important regional fauna of water bugs on the current records. However, knowledge about the aquatic and semi-aquatic Heteroptera in the State is still scarce. Further studies are necessary and important in order to provide numerical data that contribute to the reality of regional species in Brazil.

## Acknowledgements

The authors wish to thank the Dr. Valéria Flávia Batista da Silva for coordinating the development of the project; Dr. Jelly Makoto Nakagaki for the guidance provided in the development of the work; Fernando Zimmer Waslawick for preparing the illustrative map. To the Estadual University of Mato Grosso do Sul, CIABRI and FUNDECT for financial support, and the Municipalities Coronel Sapucaia, Japorã, Mundo Novo, and Tacuru (MS) for logistical support in the collection work.

## References

- ANDERSEN, N.M. 1982. The Semiaquatic Bugs (Hemiptera, Gerromorpha) Phylogeny, Adaptations, Biogeography and Classification. *Entomograph* 3:1-455.
- BERVIAN, B., INACIO, C., PEDOTTI-STRIQUER, L. & FAVERO, S. 2006. Heterópteros (Insecta) aquáticos e semi-aquáticos associados a *Salvinia auriculata* (Salviniaceae) em três ambientes do pantanal do Negro, município de Aquidaua, MS. *Ensaios Ciênc.* 10(1):143-152.
- DE CARLO, J.A. 1959. Géneros *Gelastocoris* y *Montandonius* (Hemiptera-Gelastocoridae) revisión de las espécies de Guérin y De Carlo consideradas sinónimas. *Acta Zool. Lilloana* 17:53-85.
- DONALD, P.E. 2006. Contribuição para conservação de macroinvertebrados, peixes, e habitats de água doce no pantanal de Nhecolândia e do rio Negro, Mato Grosso do Sul. *Ensaios Ciênc.* 10(1):99-118.
- DRAKE, C.J. & PLAUMANN, F. 1953. A new waterstrider from Brazil (Hemiptera: Veliidae). *Dusenía* 4(5-6):414-416.
- FLORIANO, C.F.B., VIDOVIK, T.A.S. & OLIVEIRA, I.A.D.V. 2008. Levantamento preliminar das famílias de Heteroptera (Hemiptera), em dois substratos distintos, sub-bacia do rio Iguatemi/MS. In *Anais XXII Congresso Brasileiro de Entomologia*. Sociedade Brasileira de Entomologia, Uberlândia. CD-ROM.
- FLORIANO, C.F.B., OLIVEIRA, I.A.D.V. & CRUZ, G.K. 2009. Heterópteros aquáticos e semi-aquáticos em quatro córregos distintos da região sul do estado de Mato Grosso do Sul. In *Anais 19º Congresso de Biólogos do CRBio*. São Pedro, p.132-133.
- FORERO, D. 2008. The systematics of the Hemiptera. *Rev. Colomb. Entomol.* 34(1):1-21.
- GODOY, M.P. 1986. Peixes e pesca do rio Paraná: área do futuro reservatório de Ilha Grande. Eletrosul, Florianópolis.
- GRIMALDI, D. & ENGEL, M. S. 2005. *Evolution of the Insects*. Cambridge University Press, New York.
- GULLAN, P.J. & CRANSTON, P.S. 2008. *Os insetos: um resumo de entomologia*. Rocca, São Paulo.
- HECKMAN, C.W. 2011. *Encyclopedia of South American Aquatic Insects: Hemiptera-Heteroptera Illustrated Keys to Known Families, Genera, and Species in South America*. Springer, London, New York. <http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-0705-4>
- HUNGERFORD, D.B. 1948. The Corixidae of the Western Hemisphere (Hemiptera). *Univ. Kans. Sci. Bull.* 32: 5-827.
- McCAFFERTY, W.P. 1981. *Aquatic entomology*. Jones and Barlett, Sudbury.
- MERRIT, R.W. & CUMMINS, K.W. 1984. *An introduction to the aquatic insects of North America*. Kendall, Hunt Publ. Co, Dubuque.
- MOREIRA, F.F.F., NESSIMIAN, J.A., RÚBIO, J.A., & SALLES, F.F. 2010. New species and new records of Veliidae from Espírito Santo State and adjacent Minas Gerais State, Brazil, with notes on nomenclature (Insecta: Heteroptera: Gerromorpha). *J. Nat. Hist.* 44(45-46):2761-2801. <http://dx.doi.org/10.1080/00222933.2010.512423>
- MOREIRA, F.F.F. & BARBOSA, J.F. 2011. The Veliidae (Hemiptera: Heteroptera: Gerromorpha) from São Paulo State, Brazil: new species, description of the male of *Microvelia ioana* Drake & Hottes, 1952, and synonymical and distributional notes. *Ann. Limnol.* 47(3):297-311. <http://dx.doi.org/10.1051/limn/2011010>
- MOREIRA, F.F.F., BARBOSA, J.F., RIBEIRO, J.R.I. & ALECRIM, V.P. 2011. Checklist and distribution of semiaquatic and aquatic Heteroptera (Gerromorpha and Nepomorpha) occurring in Brazil. *Zootaxa* 2958:1-74.
- MOREIRA, F.F.F., RIBEIRO, J.I. & NESSIMIAN, J.L. 2009. A synopsis of the *Hydrometra* (Hemiptera, Heteroptera, Hydrometridae) from the Amazon River floodplain, Brazil, with redescription of *Hydrometra argentina* Berg. *Acta Amazon.* 53(1):69-73.
- NIESER, N. 1975. The water bugs (Heteroptera: Nepomorpha) of the Guyana Region. *Stud. fauna Suriname other Guyanas* 16(59):1-303.
- NIESER, N. 1977. A revision of the genus *Tenagobia* Bergroth (Heteroptera: Corixidae). *Stud. Neotr. Fauna Envir.* 12(1):1-56. <http://dx.doi.org/10.1080/01650527709360510>
- NIESER, N. & MELO, A.L. 1997. *Os Heterópteros Aquáticos de Minas Gerais - Guia Introditório com Chave de Identificação para as Espécies de Nepomorpha e Gerromorpha*. UFMG, Belo Horizonte.
- PAIVA, M.P. 1982. *Grandes represas do Brasil*. Editerra, Brasília.
- PÉREZ, G. R. 1988. *Guia para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Editorial Presencia Ltda, Bogotá.
- POLHEMUS, J.T. & POLHEMUS, D.A. 2007. Global trends in the description of aquatic and semi aquatic Heteroptera species, 1758-2004. *Tijdschr Entomol.* 150:271-288. <http://dx.doi.org/10.1163/22119434-900000230>
- RIBEIRO, J.R.I. 2004. Redescription and taxonomic considerations of *Belostoma gestroi* Montandon, 1900 (Heteroptera: Belostomatidae). *Stud. Neotr. Fauna Envir.* 39(1):53-56. <http://dx.doi.org/10.1080/01650520412331270972>
- RIBEIRO, J.R.I. 2005. Família Belostomatidae Leach, 1815 (Insecta: Hemiptera: Heteroptera): Chave e catálogo de identificação para as espécies ocorrentes no estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Arq. Mus. Nac.* 63(2):247-262.
- RIBEIRO, J.R.I. 2007. A review of the species of *Belostoma* Latreille, 1807 (Hemiptera: Heteroptera: Belostomatidae) from the four southeastern Brazilian states. *Zootaxa* 1477:1-70.
- SILVA, F.H., FAVERO, S., SABINO, J. & GARNÉS, S.J.A. 2009. Distribuição da entomofauna associada às macrófitas aquáticas na vazante do rio Correntoso, Pantanal do Negro, Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil. *Acta Sci., Biol. Sci.* 31(2):127-134.
- SCHNACK, J.A. & ESTÉVEZ, A.L. 1979. *Monografía sistemática de los Gelastocoridae de la República Argentina (Hemiptera)*. *Limnobiós* 1(9):346-380.
- SCHUH, R. T. & SLATER, J.A. 1995. *True Bugs of the World (Hemiptera: Heteroptera): Classification and Natural History*. Comstock Publishing Associates, London.
- SÚAREZ, Y.R. & PETRERE JUNIOR, M. 2003. Associações de espécies de peixes em ambientes lóticos da bacia do rio Iguatemi, Estado do Mato Grosso do Sul. *Acta Sci., Biol. Sci.* 25(2):361-367.

Received 09/09/2011

Revised 10/10/2012

Accepted 11/02/2013



## Appendix

**List 1.** Species of aquatic and semi-aquatic Heteroptera (Nepomorpha and Gerromorpha) collected and identified for 44 sampling sites in southern region of the Mato Grosso do Sul State. (\*) species previously reported.

### Infraordem GERROMORPHA Popov, 1971

#### Gerridae Leach, 1815

##### *Brachymetra furva* Drake, 1957

Ocurrence: AB; ARI; BRI; CA; CC; CD; CF; CG; CV; MRI.

One specimen: 'CF P3 FA 12-08\ *Brachymetra furva*'; 13 specimens: 'ARI P1 PE 01.09\ *B. furva*'; Two specimens: 'AB P1 PE 12.08\ *Brachymetra furva*'; Two specimens: 'P6 FA 06.08\ *B. furva*'; One specimen: 'BRI P8 FA\ *Brachymetra furva*'; Six specimens: 'P6 FA 06.09\ *B. furva*'; One specimen: 'P2 FA 03.09\ *B. furva*'; Three specimens: 'P6 PE 06.09\ *Brachymetra furva*'; One specimen: 'P6 PE CA 06.08\ *B. furva*'; Six specimens: 'P6 FA 12.08\ *Brachymetra furva*'; One specimen: 'P6 FA 06.09\ *B. furva*'; One specimen: 'P3 FA 06.08\ *Brachymetra furva*'; One specimen: 'P6 FA 06.08\ *B. furva*'; Three specimens: 'P6 FA 03.09\ *B. furva*'; One specimen: 'P3 FA 12.08\ *B. furva*'; Three specimens: 'P2 PE 12.08\ *B. furva*'; 10 specimens: 'P2 PE 03.09\ *B. furva*'; Eight specimens: 'P2 FA 03.09\ *B. furva*'; One specimen: 'CF P3 PL 09.08\ *Brachymetra furva*'; One specimen: 'AB PE P2 06.08\ *Brachymetra furva*'; Three specimens: 'AB PE P2 06.08\ *Brachymetra furva*'; Two specimens: 'AB P1 PE 09.08\ *Brachymetra furva*'; Seven specimens: 'AB P3 PE 09.08\ *Brachymetra furva*'; Two specimens: 'CF P2 PE 12.08\ *Brachymetra furva*'; One specimen: 'BRI P2 PE 02.08\ *B. furva*'; One specimen: 'AB P1 PL 12.08\ *B. furva*'; Four specimens: 'AB P1 FA 09.08\ *B. furva*'; One specimen: 'ARI P2 PE 01.09\ *B. furva*'; Nine specimens: 'CF PE P3 06.08\ *Brachymetra furva*'; One specimen: 'CG P1 FA 02.07\ *Brachymetra furva*'; One specimen: 'MRI P3 P2 05.08\ *B. furva*'; One specimen: 'AB P2 FA 03.08\ *B. furva*'; One specimen: 'BRI P3 PL 05.08\ *B. furva*'; Two specimens: 'ARI P4 PE 05.08\ *B. furva*'; Five specimens: 'ARI P1 FA 05.08\ *Brachymetra furva*'; Two specimens: 'AB P2 FA 03.08\ *Brachymetra furva*'; One specimen: 'CF PE P1 06.08\ *B. furva*'; One specimen: 'MRI P3 PL 05.08\ *B. furva*'; 20 specimens: 'ARI FA P1 09.08\ *B. furva*'; One specimen: 'CD PE P3 02.07\ Gerridae\ *Brachymetra*'; Eight specimens: 'ARI P4 FA 01.09\ *B. furva*'; Three specimens: 'ARI P4 PE 01.09\ Gerridae\ *Brachymetra*'; One specimen: 'P3 FA 12.08\ *B. furva*'; One specimen: 'AB P3 FA 09.08\ *Brachymetra furva*'; One specimen: 'CF P3 FA 06.08\ *Brachymetra furva*'; One specimen: 'AB P3 FA 06.08\ *Brachymetra furva*'; One specimen: 'AB PE P2 03.08\ *Brachymetra furva*'; Three specimens: 'ARI PL P1 01.09\ *B. furva*'; Three specimens: 'ARI PL P1 01.09\ *B. furva*'; One specimen: 'ARI P3 PE 01.09\ *B. furva*'; Three specimens: 'CF P3 PL 06.08\ *Brachymetra furva*'.

##### *Cylindrostethus palmaris* Drake & Harris, 1934

Ocurrence: CV; MRI.

Three specimens: 'MRI P2 FA 05.08\ *C. palmaris*'; Five specimens: 'MRI P3 FA 05.08\ *C. palmaris*'.

##### *Halobatopsis platensis* (Berg, 1879)

Ocurrence: AB; ARI; CA; CF; LC; MRI.

Two specimens: 'MRI P1 FA 05.08\ *Halobatopsis platensis*'; Four specimens: 'P3 PE 06.09\ *H. platensis*'; One specimen: 'CA P3 SD 03.08\ *H. platensis*'; Three specimens: 'MRI P4 FA 05.08\ *H. platensis*'; One specimen: 'CF P3 FA 09.08\ *H. platensis*'; One specimen: 'ARI P3 FA 05.08\ *H. platensis*'; One specimen: 'AB P3 FA 09.08\ *H. platensis*'; One specimen: 'MRI P3 PE 02.08\ *H. platensis*'; One specimen: 'MRI FA 05.08\ *H. platensis*'; One specimen: 'ARI P5 PE 01.09\ *H. platensis*'.

##### *Limnogonus aduncus* Drake & Harris, 1933

Ocurrence: CA; CF; LL; LO; LM; LS.

Two specimens: 'CF PE P3 06-08\ *Limnogonus aduncus*'; One specimen: 'P2 PE 03.09\ *L. aduncus*'; One specimen: 'P4 PE 06.08\ *L. aduncus*'; Two specimens: 'P4 PE 12.08\ *L. aduncus*'; One specimen: 'P1 PE CA 12.08\ *Limnogonus aduncus*'; Two specimens: 'P6 FA 03.09\ *L. aduncus*'; One specimen: 'BRI P5 PE 10.08\ *L. aduncus*'.

##### *Limnogonus profugus* Drake & Harris, 1930\*

Ocurrence: AB; BB; CA; CF; LA; LB; LO; LS.

Three specimens: 'BB P2 PE 06-08\ *Limnogonus profugus*'; Three specimens: 'AB P2 PE 09-08\ *Limnogonus profugus*'; Seven specimens: 'P5 FA 06.09\ *L. profugus*'; Three specimens: 'P5 FA 06.09\ *Limnogonus profugus*'; One specimen: 'P2 FA 12.08\ *L. profugus*'; Four specimens: 'P6 FA 03.09\ *L. profugus*'; One specimen: 'P6 PE 06.09\ *L. profugus*'; One specimen: 'AB P1 PL 06.08\ *L. profugus*'; One specimen: 'MRI P2 PE 05.08\ *L. profugus*'; One specimen: 'BB P2 PL 09.08\ *L. profugus*'; One specimen: 'AB P1 FA 06.08\ *L. profugus*'; One specimen: 'P4 PE 12.08\ *L. profugus*'; One specimen: 'BB P1 PL 09.08\ *L. profugus*'; One specimen: 'BB PL P3 06.08\ *L. profugus*'; One specimen: 'BB P3 FA 09.08\ *L. profugus*'; One specimen: 'BB P1 FA 09.08\ *L. profugus*'; One specimen: 'AB P3 PE 06.08\ *L. profugus*'; Two specimens: 'BB P1 PL 09.08\ *Limnogonus profugus*'; One specimen: 'BB P1 PL 06.08\ *Limnogonus profugus*'; One specimen: 'P5 FA 12.08\ *L. profugus*'; One specimen: 'BB P2 PL 06.08\ *L. profugus*'; One specimen: 'BRI P5 FA 10.08\ *L. profugus*'; Two specimens: 'CF P3 PE 09.08\ *L. profugus*'.

##### *Neogerris lubricus* (White, 1879)

Ocurrence: LO; LS.

Two specimens: 'BRI P5 PE 07.08\ *N. lubricus*'; One specimen: 'P4 FA 12.08\ *N. lubricus*'.

*Metrobates vigilis* Drake & Harris, 1945

Ocurrence: ARI, BRI; MRI.

One specimen: 'BRI P1 FA 07.08\ *Metrobates\ vigilis*'; One specimen: 'BRI P2 FA 02.09\ *M. vigilis*'; Five specimens: 'MRI P4 FA 05.08\ *M. vigilis*'; Eight specimens: 'BRI P3 PE 10.08\ *M. vigilis*'; Two specimens: 'ARI P1 FA 06.08\ *M. vigilis*'; Three specimens: 'BRI P1 FA 01.08\ *M. vigilis*'.

*Rheumatobates crassifemur* Esaki, 1926

Ocurrence: BRI; LO; LS; MRI.

One specimen: 'BRI P3 PE 10-08\ *R. crassifemur*'; One specimen: 'BRI P7 FA 10-08\ *R. crassifemur*'; Four specimens: 'MRI P1 PE 01.09\ *R. crassifemur*'; One specimen: 'MRI P3 FE 01.09\ *R. crassifemur*'. Nine specimens: 'P4 P3 FA 03.09\ *Rheumatobates*'.

**Hebridae Amyot & Serville, 1843***Merragata hebroides* White, 1877

Ocurrence: LA.

Seven specimens: 'LN\ PE\ 06.08\ *M. hebroides*'.

**Hydrometridae Billberg, 1820***Hydrometra argentina* Berg, 1879\*

Ocurrence: BRI; LA.

One specimen: 'BRI P7 PE 04.08\ Hydrometridae\ *H. argentina*'; Five specimens: 'BRI P6 PE 10.08\ Hydrometridae\ *Hydrometra*'; One specimen: 'P1 PE CA\ *Hydrometra*' '*Hydrometra argentina*\ Berg, 1879'.

**Mesoveliidae Douglas & Scott, 1867***Mesovelgia mulsanti* White, 1879

Ocurrence: LO; CA.

One specimen: 'BRI P5 PE 07.08\ Mesoveliidae\ *Mesovelgia mulsanti*'; One specimen 'P3 PE 12.08 CA\ *Mesovelgia\ mulsanti*'.

**Veliidae Amyot & Serville, 1843***Microvelia pulchella* Westwood, 1834\*

Ocurrence: LA.

Four specimens: 'P5 PE 12.05\ *Microvelia*'; Two specimens: 'P5 FA 06.09\ *Microvelia*'; One specimen: LN PE 09.08\ *Microvelia*'.

*Platyvelia brachialis* (Stål, 1860)

Ocurrence: BB.

One specimen: 'BB P2 P2 03-08\ *Platyvelia\ P. brachialis*'.

*Rhagovelia hambletoni* Drake, 1958

Ocurrence: AB; BRI.

Two specimens: 'BRI P4 FA 07.08\ Veliidae\ *Rhagovelia*' '*Rhagovelia hambletoni*'; One specimen: 'BRI P8 PE 10.08\ Veliidae\ *Rhagovelia*' '*R. hambletoni*'; One specimen: 'AB P3 PE 06.09\ Veliidae\ *Rhagovelia\ R. hambletoni*'; One specimen: 'BRI P2 PE 10.08\ Veliidae\ *Rhagovelia hambletoni*'; 30 specimens: 'BRI P4 FA 10.08\ *R. hambletoni*'; Two specimens: 'AB P3 PE 06.08\ *R. hambletoni*'.

*Rhagovelia tenuipes* Champion, 1898

Ocurrence: CN; BRI.

18 specimens: 'BRI PE FA 07.08z\ *Rhagovelia\ tenuipes*'; Seven specimens: 'BRI P2 FA 07.08\ *Rhagovelia\ hambletoni*'; One specimen: 'ARI P3 FA 05.08\ Veliidae\ *Rhagovelia*'.

*Rhagovelia whitei* (Breddin, 1898)

Ocurrence: CF.

11 specimens: 'CF P1 P2 12-08\ *Rhagovelia*' '*R. whitei*'.

*Rhagovelia zela* Drake, 1959

Ocurrence: CC; CF.

12 specimens: 'CF PE 09-08\ *Rhagovelia*' '*R. zela*'; Three specimens: 'ARI P4 PE 05.08\ Veliidae\ *Rhagovelia\ R. zela*'.

*Steinovelgia virgata* (White, 1879)

Ocurrence: CF

Two specimens: 'CF P1 PE 06.08\ Veliidae\ *Steinovelgia*'.

**Infraordem NEPOMORPHA Popov 1971****Belostomatidae Leach, 1815***Belostoma dilatatum* (Dufour, 1863)\*

Ocurrence: CF; BRI.

One specimen: 'BRI P5 PE 07.08\ *Belostoma*' '*B. dilatatum*'; Four specimens: 'CF PE Belostomatidae\ *B. dilatatum*' (Dufour, 1863).

*Belostoma discretum* Montandon, 1903\*

Ocurrence: BRI; CP.

One specimen: 'CP P3 PE 03.08\ *Belostoma*' '*B. discretum*'; One specimen: 'BRI PE\ Belostomatidae\ *Belostoma*' '*Belostoma discretum*' Montandon, 1903'.

*Belostoma elongatum* Montandon, 1908\*

Ocurrence: BB.

Two specimens: 'BB P2 PL 06.08\ *Belostoma*' 'BB P2 PL 06.08\ *Belostoma*\ *elongatum*'; Two specimens: 'BB P1 PE 06.08\ *Belostoma*' '*Belostoma elongatum*'.

*Belostoma micantulum* (Stål, 1858) \*

Ocurrence: BRI.

One specimen: 'BRI P4 PE 10.08\ *B. micantulum*'.

*Belostoma pygmeum* (Dufour, 1863)

Ocurrence: LO.

One specimen: 'BRI P6 PE 07.08\ *Belostoma pygmeum*'.

*Lethocerus annulipes* (Herrich-Schäffer, 1846)

Ocurrence: CP.

One specimen: 'CP PL\ Belostomatidae\ *Lethocerus*' '*Lethocerus annulipes*' (Herrich-Schäffer, 1846)'.

*Lethocerus maximus* De Carlo, 1838\*

Ocurrence: CP.

One specimen: 'CP PL\ Belostomatidae\ *Lethocerus*' '*L. maximus*'.

**Corixidae Leach, 1815**

*Tenagobia incerta* Lundblad, 1928\*

Ocurrence: BB.

Eight specimens: 'BB P1 FA 09.08\ *Tenagobia*\ *incerta*'.

**Gelastocoridae Champion, 1901**

*Gelastocoris flavus* (Guérin-Méneville, 1835)

Ocurrence: BB.

One specimen: 'BB P3 PE 12.08\ *Gelastocoris*' '*Gelastocoris flavus flavus* (G. Méneville)'.

*Nerthra ranina* (Herrich-Schäffer, 1853)

Ocurrence: MRI.

One specimen: 'MRI PE 02.08\ *Nerthra*' '*Nerthra ranina*' (Herrich-schaffer); One specimen: 'MRI P4 PE 02.08\ *Nerthra ranina*' '*Nerthra ranina*' (Herrich-schaffer)'.

**Naucoridae Fallén, 1814**

*Ambrysus bifidus* La Rivers & Nieser, 1972

Ocurrence: AB.

Two specimens: 'AB PE\ Naucoridae\ *Ambrysus*' '*Ambrysus bifidus*'.

*Limnocoris minutus* De Carlo, 1951

Ocurrence: BRI; MRI.

Two specimens: 'BRI P7 PE 01.08\ *Limnocoris*\ *minutus*'; One specimen: 'MRI P4 SDP 05.08\ *Limnocoris*\ *minutus*'.

*Pelocoris subflavus* Montandon, 1898

Ocurrence: LH.

Four specimens: 'L. Cascalho\ *Pelocoris*\ *subflavus*'.

*Placomerus micans* La Rivers, 1956

Ocurrence: LA.

Five specimens: 'LN PE CA\ *Placomerus*\ *micans*'.

**Nepidae Latreille, 1802**

*Curicta volxemi* (Montandon, 1895)\*

Ocurrence: LH.

One specimen: 'L. Cascalho' 'Patty' '*Curicta volxemi*' (Montandon, 1895)'.

*Ranatra heydeni* Montandon, 1909

Occurrence: CD.

One specimen: 'CD' '*Ranatra heydeni*\ Montandon'.*Ranatra siolii* De Carlo, 1970

Occurrence: AB.

One specimen: 'CD PE\ *Ranatra*' '*Ranatra siolii*\ De Carlo 1970'.**Notonectidae Latreille, 1802***Buenoa salutis* Kirkaldy, 1904

Occurrence: CD; LO.

Four specimens: 'BRI P6 PE. 07.08\ *Buenoa*' '*B. salutis*'; One specimen: 'CD P3 PE 04.07\ *Buenoa*' '*B. salutis*'.*Martarega brasiliensis* Truxal, 1949

Occurrence: BRI.

Three specimens: 'BRI P3 PE 10.08\ *Martarega*' '*Martarega brasiliensis*\ Truxal, 1949'; Two specimens: 'BRI P2 FA\ 04.08\ *Martarega brasiliensis*'; Five specimens: 'MRI P3 FA 05.08\ *Martarega*' '*M. uruguayensis*'; One specimen: 'BRI P5 FA\ 07.08\ *M. brasiliensis*'; Two specimens: 'BRI P4 PE 10.08\ *Martarega*' '*M. brasiliensis*'.*Martarega membranacea* White, 1879

Occurrence: LO.

Two specimens: 'BRI P7 FA 04.08\ *Martarega*\ sp2' '*Martarega membranacea*\ White, 1879'; One specimen: 'BRI P7 FA 07.08\ *Martarega*' '*Martarega membranacea*\ White, 1879'; Three specimens: 'BRI P7 FA\ *M. membranacea*'; One specimen: 'BRI P5 PE\ 04.08\ *M. membranacea*'; Two specimens: 'BRI P8 PE 04.08\ *Martarega*' '*M. membranacea*'.*Martarega uruguayensis* (Berg, 1883)

Occurrence: ARI; BB; BRI; MRI; CA; CV; LO.

One specimen: 'ARI P4 FA 05.08\ *Martarega*' '*M. uruguayensis*'; Six specimens: 'ARI P3 FA 05.08\ *Martarega*' '*Martarega uruguayensis*\ (Berg, 1883); One specimen: 'ARI FA 05.08\ *Martarega*' '*M. uruguayensis*'; Two specimens: 'ARI P4 FA 02.08\ *Martarega uruguayensis*'; Two specimens: 'ARI P4 FA 05.08\ *Martarega uruguayensis*'; One specimen: 'MRI FA P3 02.08\ *Martarega*' '*M. uruguayensis*'; One specimen: 'MRI P3 FA 02.08\ *Martarega*' '*M. uruguayensis*'; One specimen: 'MRI P3 PE 02.08\ *Martarega*' '*Martarega uruguayensis*'; One specimen: 'MRI FA P1 02.08\ *Martarega*' '*Martarega uruguayensis*'; One specimen: 'BRI P2 FA 04.08\ *Martarega*' '*M. uruguayensis*'; One specimen: 'BRI P3 PE 10.08\ *Martarega*' '*M. uruguayensis*'; 15 specimens: 'BRI P7 PE 07.08\ *Martarega*' '*M. uruguayensis*'; One specimen: 'BRI P5 FA 07.08\ *Martarega*' '*M. uruguayensis*'; Eight specimens: 'BRI P7 PE 07.08\ *Martarega*' '*M. uruguayensis*'; Two specimens: 'BRI P8 PE 01.08\ *Martarega*' '*Martarega uruguayensis*'; Three specimens: 'BRI P4 PE 10.08\ *M. uruguayensis*'; One specimen: 'P2 PE 09.08\ *Martarega*' '*Martarega uruguayensis*'; One specimen: 'P3 FA 09.08\ *Martarega*' '*Martarega uruguayensis*\ (Berg, 1883)'; One specimen: 'P2 FA 12.08\ *Martarega*\ *M. uruguayensis*'; Four specimens: 'BB P2\ PE 03.08' '*M. uruguayensis*'; One specimen: 'BB P3 FA 03.08\ *Martarega*' '*Martarega uruguayensis*'; One specimen: 'BB P3 PL 06.08\ *Martarega*' '*M. uruguayensis*'; One specimen: 'BB P2 PE 03.09\ *Martarega*' '*Martarega uruguayensis*'.*Notonecta pulchra* Hungerford, 1926

Occurrence: CA.

Three specimens: 'CA P5 PE\ *Notonecta*'.**Pleidae Fieber, 1851***Neoplea maculosa* (Berg, 1879)

Occurrence: LL.

One specimen: 'P1 PE CA 12.08\ *Neoplea*' '*Neoplea maculosa* (Berg, 1879)'.*Neoplea semipicta* (Horváth, 1918)

Occurrence: LA.

Two specimens: 'P5 FA CA 12.08\ *Neoplea*' '*Neoplea semipicta*\ (Horváth, 1918)'.



## Inventory and distribution of Oligochaeta (Annelida, Clitellata) in first-order streams in preserved areas of the state of Minas Gerais, Brazil

Luciana Falci Theza Rodrigues<sup>1,2</sup>, Felipe Silveira Leite<sup>1</sup> & Roberto da Gama Alves<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Invertebrados Bentônicos, Departamento de Zoologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF, Campus Universitário, s/n, CEP 36036 900, Juiz de Fora, MG, Brasil

<sup>2</sup>Corresponding author: Luciana Falci Theza Rodrigues, e-mail: biofalci@hotmail.com

RODRIGUES, L.F.T., LEITE, F.S. & ALVES, R.G. **Inventory and distribution of Oligochaeta (Annelida, Clitellata) in first-order streams in preserved areas of the state of Minas Gerais, Brazil.** Biota Neotrop. 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?inventory+bn02313012013>

**Abstract:** Data resulting from species inventories shed light on the richness and distribution of various groups. In Minas Gerais, work on inventory and distribution of the oligochaetes of lotic environments in preserved areas are non-existent. Therefore, this study aimed to inventory the limnic oligochaetes fauna of first-order streams located in four preserved areas, to expand knowledge of the ecology and distribution of this group. In total, 19 taxa were inventoried, belonging to the families Naididae and Enchytraeidae and the superorder Megadrili (earthworms), with the genus *Pristina* having the largest number of species. The number of species found in this investigation corresponds to 22% of oligochaetes species recorded in Brazilian aquatic environments. The results obtained add important knowledge of the distribution of some oligochaetes species in Brazil, represent the first records of species for the four preserved areas studied and confirm the first occurrence of various species in the state.

**Keywords:** biodiversity, Rock Fields, Atlantic Forest, Naididae, litter, oligochaetes, Enchytraeidae.

RODRIGUES, L.F.T., LEITE, F.S. & ALVES, R.G. **Inventário e distribuição de Oligochaeta (Annelida, Clitellata) em córregos de primeira ordem localizados em áreas preservadas do estado de Minas Gerais, Brasil.** Biota Neotrop. 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?inventory+bn02313012013>

**Resumo:** Os dados resultantes de um levantamento fornecem informações sobre a riqueza e distribuição de diversos grupos. Em Minas Gerais, trabalhos sobre inventário e distribuição de oligoquetas de ambientes lóticos em áreas preservadas são inexistentes. Dessa forma, este estudo objetivou inventariar a fauna de oligoquetas límnicas de córregos de primeira ordem localizados em quatro áreas preservadas, visando ampliar as informações sobre ecologia e distribuição deste grupo. Foram inventariados 19 taxa pertencentes às famílias Naididae, Enchytraeidae e à superordem Megadrili, sendo o gênero *Pristina* o de maior número de espécies. O número de espécies encontradas neste trabalho corresponde a 22% das espécies de oligoquetas registrados em ambientes aquáticos brasileiros. Os resultados obtidos ampliam o conhecimento sobre a distribuição de algumas espécies de oligoquetas no Brasil, representam os primeiros registros de espécies para as quatro áreas preservadas estudadas e confirmam a primeira ocorrência de várias espécies no Estado.

**Palavras-chave:** biodiversidade, Campos Rupestres, Mata Atlântica, Naididae, folhiço, oligoquetas, Enchytraeidae.

## Introduction

Species inventories are of great importance because they provide information on the richness and distribution of various groups. When carried out in preserved areas in particular they generate scientific knowledge to support formulation of management plans (Silveira et al. 2010). The data resulting from a study in preserved areas can be compared against those obtained in places subject to different levels of anthropic impact, to serve as reference for making decisions on investments in restoration and conservation of watersheds (Callisto et al. 2002).

In the state of Minas Gerais, studies in freshwater ecosystems have been carried out regarding various groups composing the community of benthic macroinvertebrates in preserved areas, such as the works of Callisto et al. (2001), Goulart & Callisto (2005), Tupinambás et al. (2007) and Rosa et al. (2011). Nevertheless, none until now have focused on the Oligochaeta.

According to Christoffersen (2007), of the 171 species of aquatic Microdrili distributed in South America, of which 86 species occur in Brazil, only three – *Dero lutzii* Michaelsen, 1926, *Chaetogaster limnei* K. von Baer, 1927 and *Pristina osborni* (Walton 1906) – had been recorded in Minas Gerais. With the works of Martins & Alves

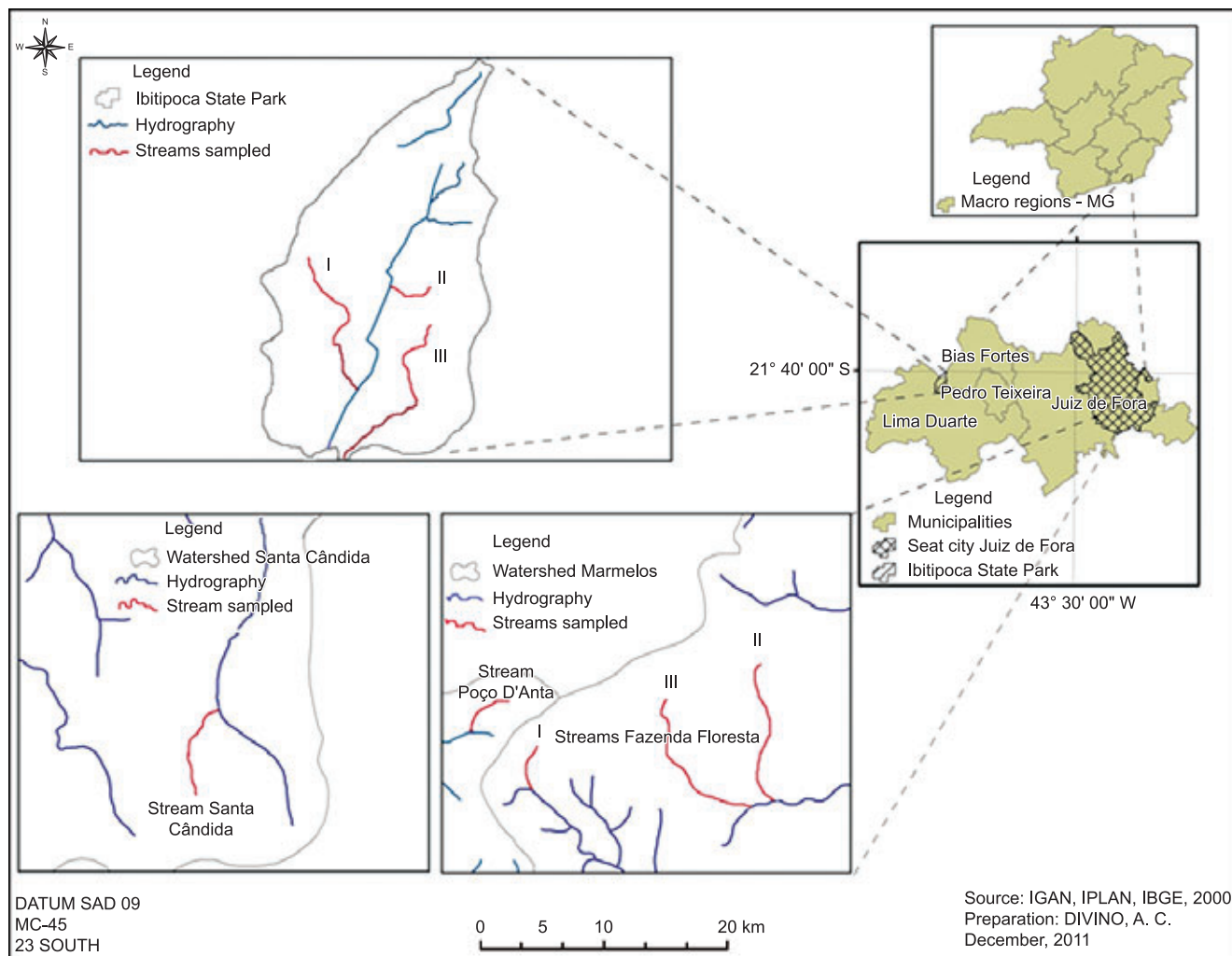
(2008), Martins et al. (2008, 2011) and Suriani-Affonso et al. (2011), the number in the state has increased to 23. The true number is probably even higher, because ecological studies often record new species not considered in official records.

In this context, the present study aimed to inventory the limnic oligochaete fauna in first-order streams in preserved areas, to expand the information about the ecology and distribution of this group.

## Materials and Methods

### 1. Study areas

The study was carried out in four preserved areas: Fazenda Floresta (21° 43' to 21° 44' S and 43° 16' to 43° 17' W), Poço D'Anta Municipal Biological Reserve (21° 44' to 21° 45' S and 43° 18' to 43° 19' W), Santa Cândida Municipal Biological Reserve (21° 41' to 21° 42' S and 43° 20' to 43° 21' W) and Ibitipoca State Park (21° 40' to 21° 43' S and 43° 52' to 43° 54' W) (Figure 1). The first three are located on the urban perimeter of the municipality of Juiz de Fora and are composed of remaining fragments of Atlantic Forest (Semideciduous Seasonal Forest). Ibitipoca State Park is located in the Conceição de Ibitipoca district of the municipality of Lima Duarte and



**Figure 1.** Location of the four areas studied (Fazenda Floresta, Poço D'Anta Municipal Biological Reserve, Santa Cândida Municipal Biological Reserve and Ibitipoca State Park) and their respective streams.

presents two phytophysiognomies: Rock Fields, making up most of the park's vegetation, and Semideciduous Seasonal Forest (Instituto... 1991, Salimena-Pires 1997). The number of streams sampled in each area and their characteristics can be seen in Table 1.

## 2. Sampling and sample processing

Samples of submerged leaf litter were obtained from each stream in May, June, July and September 2010 and June 2011, from 10 riffles and 10 pools, located at different points of the bed, using a Surber sampler with 210 µm mesh and area of 0.04 m<sup>2</sup>, totaling 160 samples (IBAMA Collection License no. 24154-1). The material collected was fixed in 4% formaldehyde, washed in a 210 µm sieve and sorted under a stereoscopic microscope and the oligochaetes were preserved in 70% alcohol. Semi-permanent slides were analyzed under a common optical microscope and a bright-field microscope with Differential Interference Contrast (DIC) to identify the oligochaetes down to the lowest taxonomic level possible, according to the keys of Righi (1984) and Brinkhurst & Marchese (1989).

To characterize the streams, water temperature, dissolved oxygen, pH and electrical conductivity were measured *in situ* with a multiparameter meter (Horiba U-10).

## Results

The streams contained highly oxygenated water (10.41 ± 0.94 mg/L), with low conductivity (18.09 ± 3.34 µS/cm), alkaline pH (8.11 ± 0.43) and temperature varying from 13.1 to 18.5 °C (Table 2).

There were 19 taxa inventoried from the total of 4.311 specimens collected, belonging to the families Naididae (69.35%) (including representatives of the former family Tubificidae) (Erséus et al. 2008) and Enchytraeidae (30.60%). The Enchytraeidae were identified only as a family and the Megadrili (0.05%) only as a superorder. The Naididae specimens identified were distributed within the following subfamilies: Naidinae (53.85%), Pristininae (39.20%), Tubificinae

(6.25%) and Rhyacodrilinae (0.70%), with the greatest number of species in the subfamily Pristininae.

### 1. List and distribution of the Oligochaeta species

#### SUPERORDER MICRODRILI

#### FAMILY NAIDIDAE

#### Subfamily Naidinae

#### *Chaetogaster diastrophus* (Gruithuisen, 1828) (Figure 2a)

This is a cosmopolitan species, recorded in South America (Argentina, Brazil, Colombia and Uruguay), North America, Europe, Asia and Australia. In Brazil, its occurrence has only been reported in the state of São Paulo. It is a predatory species, associated with clean water environments (Dumnicka 1994), having been found in various habitats, such as lakes (Collado & Schmelz 2001a, Ohtaka 2001), low-order tropical streams (Gorni & Alves 2008b) and mountain streams in temperate regions (Dumnicka 1994, Lencioni et al. 2004), associated with bryophytes (Linhart et al. 2002), sponges (Gorni & Alves 2008a) and on the backs of Odonata nymphs (Corbi et al. 2004). In the present study it was found in streams flowing through Rock Field and Semideciduous Seasonal Forest areas, in pools and riffles.

#### *Dero (Aulophorus) furcatus* (Müller, 1773) (Figure 2b)

This species is distributed across Central America, North America, Europe, Africa and Asia. In South America, it has been recorded in Argentina, Uruguay, Venezuela, Bolivia, Guiana, Suriname and Brazil, where there are records of the species in the states of São Paulo, Paraná, Mato Grosso do Sul, Pernambuco, Pará and Amazonas. It is found in lakes (Montanholi-Martins & Takeda 2001), reservoirs (Pamplim et al. 2005) and polluted rivers (Lin & Yo 2008). This species was only found in one stream in a Semideciduous Seasonal Forest, in a pool area.

#### *Dero (Dero)* sp. (Figure 2c)

This species was found under the same conditions as *D. (A.) furcatus*. It was not possible to count the number of gills, which prevented its identification at the species level.

#### *Nais communis* Piguët, 1906 (Figure 2d)

**Table 1.** Characterization of the eight streams sampled. The altitude values refer to the starting and ending collection points; the width, depth and current speed values refer to the average of ten points along each stream segment sampled.

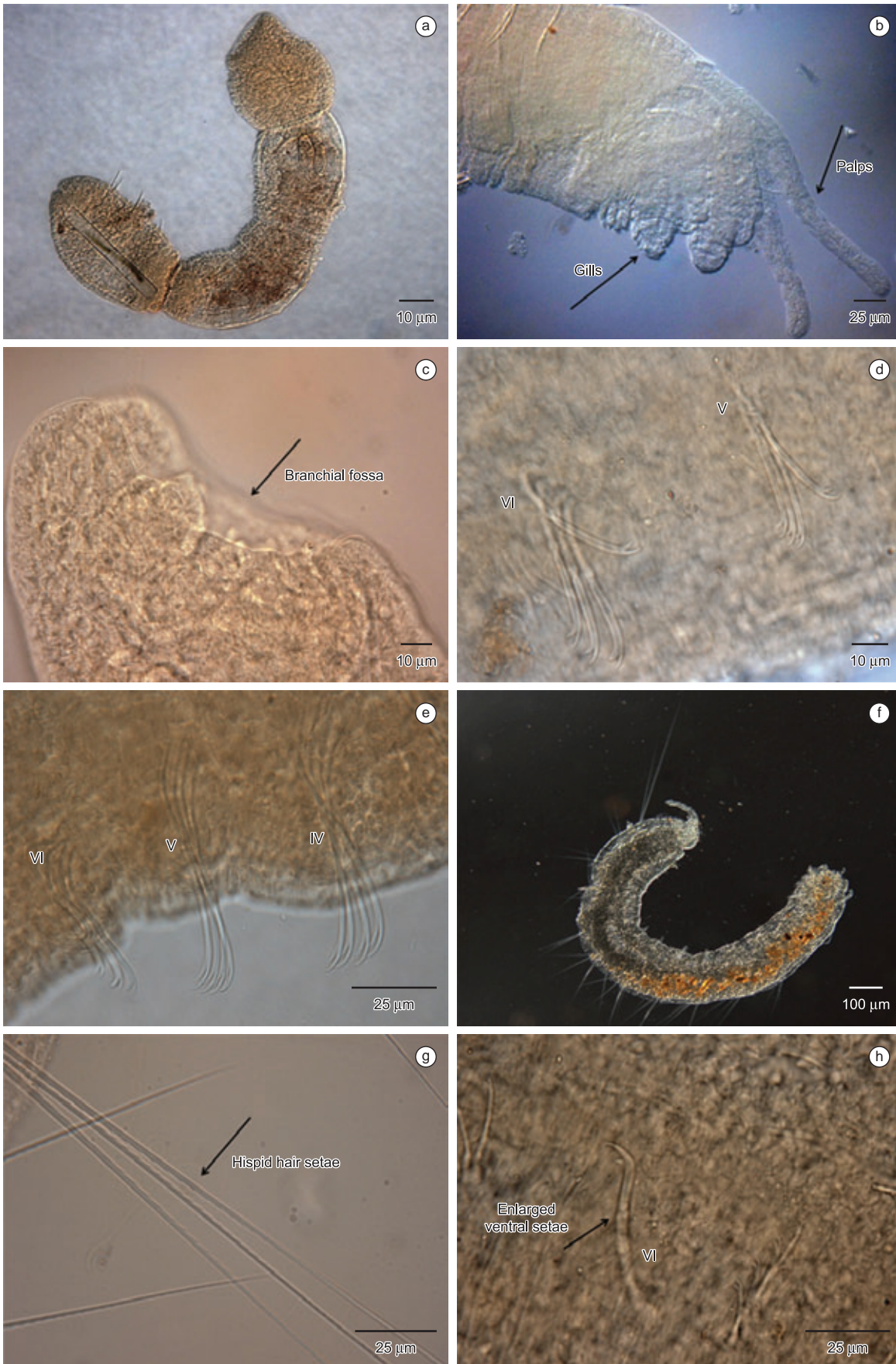
	Phytophysiognomies	Coordinates	Width (m)	Depth (cm)	Current speed (m/s)	Altitude (m)
Floresta I	S.S.F.	21°44'7"S 43°18'2"W	1.63 ± 1.05	4.4 ± 2.3	0.26 ± 0.09	833-898
Floresta II	S.S.F.	21°44'59"S 43°17'28"W	1.47 ± 1.09	4.5 ± 2.0	0.38 ± 0.13	769-852
Floresta III	S.S.F.	21°44'9"S 3°17'33"W	0.53 ± 0.36	2.5 ± 1.0	0.32 ± 0.12	816-855
Poço D'Anta	S.S.F.	21°44'32"S 3°18'56"W	1.84 ± 0.70	4.5 ± 1.2	0.25 ± 0.10	862-870
Santa Cândida	S.S.F.	21°45'38"S 43°24'2"W	1.25 ± 0.36	4.2 ± 2.4	0.35 ± 0.11	694-734
Ibitipoca I	R.F.	21°42'11"S 3°53'34"W	1.47 ± 0.65	2.4 ± 1.1	0.37 ± 0.10	1374-1394
Ibitipoca II	R.F.	21°42'7"S 43°53'5"W	1.91 ± 0.95	4.5 ± 2.6	0.33 ± 0.10	1381-1398
Ibitipoca III	S.S.F.	21°42'25"S 43°53'9"W	1.46 ± 0.51	2.9 ± 1.9	0.25 ± 0.13	1299-1369

S.S.F.= Semideciduous Seasonal Forest; R.F.= Rock Field.

**Table 2.** Mean and standard deviation of the limnological variables obtained for the Fazenda Floresta, Poço D'Anta, Santa Cândida and Ibitipoca streams.

	Water temperature (°C)	Oxygen (mg/L)	pH	Conductivity (µS/cm)
Floresta I	18.5 ± 0.10	10.8 ± 0.90	8.23 ± 0.57	21.16 ± 7.59
Floresta II	18.3 ± 0.26	11.07 ± 0.66	8.12 ± 0.52	16.60 ± 1.60
Floresta III	18.16 ± 0.35	10.80 ± 0.90	8.20 ± 0.57	21.40 ± 7.25
Poço D'Anta	17.03 ± 0.56	9.50 ± 1.12	8.49 ± 0.03	19.70 ± 2.19
Santa Cândida	17.96 ± 0.49	8.43 ± 0.15	8.85 ± 0.57	19.43 ± 3.06
Ibitipoca I	14.4 ± 0.17	10.83 ± 0.05	7.60 ± 0.26	11.1 ± 0.96
Ibitipoca II	13.1 ± 0.60	10.8 ± 0.40	7.70 ± 0.10	18.73 ± 2.20
Ibitipoca III	15.2 ± 1.00	11.06 ± 0.90	7.66 ± 0.30	16.63 ± 5.60





**Figure 2.** a) *Chaetogaster diastrophus*; b) posterior region of *Dero (Aulophorus) furcatus*; c) posterior region of *Dero (Dero) sp.*; d) ventral setae of *Nais communis*; e) ventral setae of *Nais variabilis*; f) *Pristina leidy*; g) hair setae of *Pristina proboscidea*; h) enlarged ventral setae of *Pristina aequisetata*.



This is a cosmopolitan species, found in various water bodies. It is common in mountain streams in Europe (Dumnicka 2000), shallow lakes (Uzunov & Varadinova 2000), polluted rivers (Lin & Yo 2008) and preserved streams (Gorni & Alves 2008b). It has an affinity for substrates composed of fine sand and finely fragmented organic matter (Verdonschot 1999). According to Lin & Yo (2008), even though it is a species that is intolerant of pollution, it can be considered the most tolerant within the *Nais* genus. In South America it has been reported in Argentina, Peru, Ecuador, Colombia and Brazil (São Paulo, Alagoas and Pará). In this study, it was found in Semideciduous Seasonal Forest streams, mainly in riffles.

*Nais variabilis* Pigué, 1906 (Figure 2e)

This species is common in mountain water bodies and has also been reported in Australian tropical streams (Pinder 2001), Mexican lakes (Peralta et al. 2002) and streams in Dutch plains (Verdonschot 1999). In South America it has been recorded in Argentina, Bolivia, Peru, Colombia and Brazil (Mato Grosso do Sul and São Paulo). It prefers sediments with fine sand and medium quantities of organic matter or coarse sand with low concentration of organic matter (Verdonschot 1999). This species isn't generally associated with *N. communis* (Uzunov & Varadinova 2000). These two species were found associated for the first time by Dumnicka (2000). Nevertheless, in the eight streams studied here, although *N. variabilis* was found in all, *N. communis* was only found in one Poço D'Anta stream, where the two species were recorded, but there was only one *N. variabilis* specimen. Among the streams studied, *N. variabilis* did not occur in those flowing through Rock Fields. This is the first occurrence reported in the state.

Subfamily Pristininae

*Pristina leidy* Smith, 1896 (Figure 2f)

This species occurs in surface waters of Central America, North America, Europe, Asia, Australia and South America (Chile, Argentina, Uruguay, Paraguay, Bolivia, Peru, Colombia, Venezuela, Suriname and Brazil). In Brazil it occurs in São Paulo, Alagoas, Pernambuco and Amazonas. It has been found by Reeves & Reynolds (1999) and Wetzel & Taylor (2001) in North American caves, by Strayer et al. (2003) associated with macrophytes and by Gorni & Alves (2006) associated with *Pomacea bridgesii* (Reeve, 1856). It can reach high densities, especially in spring and summer, due to its capacity to reproduce asexually (Bely & Sikes 2010). It has affinity for areas with fast-flowing water and rocky substrates with accumulation of organic matter (Dumnicka 1982, Learner et al. 1978). In this study it was found in all the streams except one in Poço D'Anta Reserve, both in segments with fast and slow current. This is the first occurrence reported in the state.

*Pristina proboscidea* Beddard, 1896 (Figure 2g)

In South America this species has been reported in Chile, Argentina, Paraguay, Peru, Colombia, Suriname and Brazil, where it has been reported by Corbi et al. (2005) and Gorni & Alves (2008a) on the state of São Paulo, by Takeda (1999) in the upper Paraná River and by Takeda et al. (2000) in the Pantanal in Mato Grosso do Sul. It has also been reported in North America, Asia, Africa and Australia. In this study it was found in both vegetation physiognomies in pools and riffles.

*Pristina aquiseta* Bourne, 1891 (Figure 2h)

This species has been recorded in North America, Central America, Europe, Asia and Australia. In South America it has been reported in Chile, Argentina, Bolivia, Peru, Ecuador, Venezuela, Colombia, Guiana, Suriname and Brazil (São Paulo, Mato Grosso do Sul and Pará). It has been found in a wide range of environments, such as the upper Paraná River (Montanholi-Martins & Takeda 1999, 2001), urban streams (Alves & Lucca 2000), lakes with different trophic states (Collado & Schmelz 2001a) and reservoirs (Pamplim et al. 2005). In the present study it was only found in streams flowing through Semideciduous Seasonal Forest areas.

*Pristina biserrata* Chen, 1940 (Figure 3a)

It occurs in East Asia and South America (Argentina, Ecuador, Venezuela, Chile, Brazil and Guiana). In Brazil it has been reported by Alves & Gorni (2007) associated with macrophytes in reservoirs in the state of São Paulo, by Gorni & Alves (2008b) in low-order streams, by Gorni & Alves (2008a) associated with sponges in a reservoir in São Paulo and by Montanholi-Martins & Takeda (1999) in segments of the upper Paraná River. This species was only found in a riffle of one stream in a Semideciduous Seasonal Forest area.

The species of *Pristina* that follow, according to the key of Brinkhurst & Marchese (1989), are included in the *Pristinella* genus. The criterion used by those authors to distinguish the two genera is the presence of a proboscide in *Pristina* and its absence in *Pristinella*. But at least two other characteristics can be indicated to distinguish the two genera: the presence of spermathecae and prostatic cells in *Pristina* and their absence in *Pristinella*. However, Collado & Schmelz (2000), in describing a new species encountered in soil in the Amazon region (Brazil), verified that the species found did not have a proboscide but did have prostatic cells, leading them to identify it as belonging to the *Pristina* genus. Further according to those authors, the combination of these characteristics (absence of a proboscide and presence of prostatic cells) invalidates *Pristinella* as a separate genus from *Pristina*. Therefore, the nomenclature used for the next six species follows the proposal of Collado & Schmelz (2000), which is the same used by Christoffersen (2007).

*Pristina osborni* (Walton, 1906) (Figure 3c)

This species has been recorded in North America, Central America, Asia, Africa, Australia and South America, where it occurs in Argentina, Peru, Venezuela, Suriname and Brazil (São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul and Amazonas). It is common in low-order streams of preserved areas (Armendáriz & César 2001, Gorni & Alves 2008b), lakes (Spencer & Hudson 2003) and associated with submersed macrophytes (Alves & Gorni 2007). According to Martínez-Ansemil (1984), it has affinity for moderate to fast currents. In the present study, it was found in riffles and pools, but only in the Ibitipoca streams.

*Pristina minuta* (Stephenson, 1914) (Figure 3b)

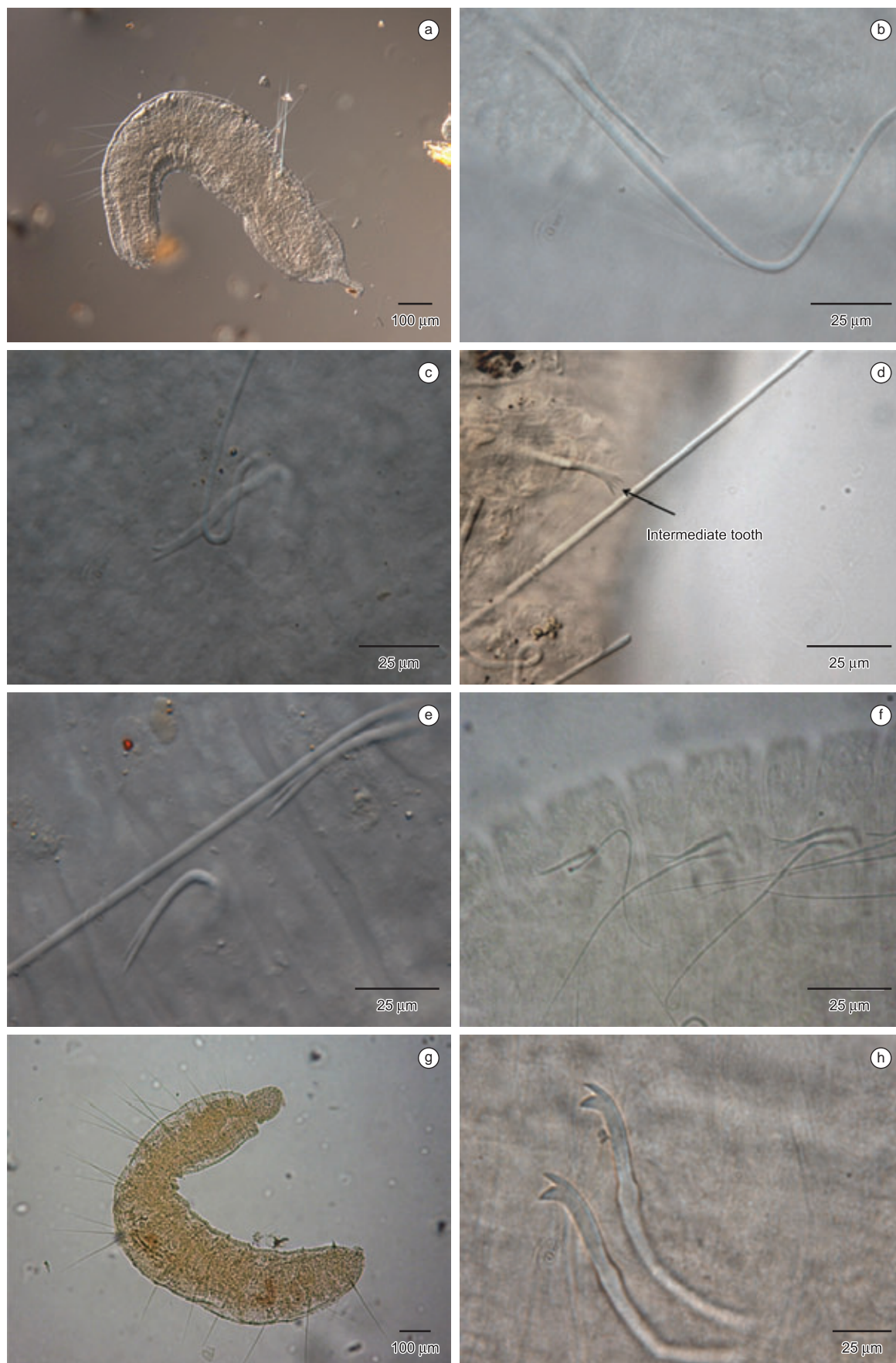
According to Brinkhurst & Kathman (1983) and Brinkhurst & Marchese (1989), *P. minuta* can be a synonym of *P. osborni* due to the similarities in the setae. In Christoffersen (2007) it appears as a synonym of *P. osborni*, thus having the same geographic distribution. In the present study, the criterion used to separate the two species was size of the teeth of the needle setae (smaller in *P. minuta*), length of the hair setae (smaller in *P. minuta*) and thickness of the ventral setae (smaller in *P. minuta*) [according to the measurements presented by Brinkhurst & Marchese, (1989)]. This species was found in all the streams sampled, predominantly in pool areas. This is the first reported occurrence in the state.

*Pristina sima* (Marcus, 1944) (Figure 3d)

Brinkhurst & Marchese (1989) also suggested that *P. sima* and *P. osborni* are synonyms, but Rodriguez (2002) indicated that *P. sima* can be clearly separated from *P. osborni* because although the two species can present needle with two to three intermediate teeth, the characteristic bayonet shape of the needle setae of *P. sima*, with longer teeth, is markedly different in comparison with *P. osborni*. In South America, this species has been reported in Chile, Colombia, Argentina, Guiana and Brazil (only the state of São Paulo). It also occurs in Central America, North America, Asia and Africa. This species was collected in pools and riffles, in streams flowing through Semideciduous Seasonal Forest areas. This is the first occurrence reported in the state.

*Pristina jenkinae* (Stephenson, 1931) (Figure 3e)

This species is widely distributed, occurring in Europe, Asia, Africa, Australia, North America and South America, where it has



**Figure 3.** . a) *Pristina biserrata*; b) needle setae of *Pristina minuta*; c) needle setae of *Pristina osborni*; d) needle setae with intermediate teeth of *Pristina sima*; e) needle setae of *Pristina jenkiniae*; f) dorsal setae of *Pristina* sp.1; g) *Pristina* sp.2; h) Tubificinae immature.



been reported in Argentina, Peru, Colombia Venezuela, Guiana, Suriname and Brazil (São Paulo, Pernambuco and Amazonas). It occupies a range of habitats, such as low-order streams (Cowell et al. 2004, Gorni & Alves 2008b), soils in the Amazon Forest (Collado & Schmelz 2001b), small reservoirs (Fusari & Fonseca-Gessner 2006), caves (Wetzel & Taylor 2001), lakes (Ohtaka 2001), polluted urban rivers (Lin & Yo 2008) and bryophytes (Gorni & Alves 2007). It has affinity for moderate to rapid currents with the presence of organic matter (Gorni & Alves 2008b). According to Stacey & Coates (1996), it can be found on muddy and sandy bottoms and submersed vegetation. This species was found in all the streams except stream I in Ibitipoca State Park, with greatest abundance in riffles. This is the first occurrence reported in the state.

*Pristina* sp.1 (Figure 3f)

This species has needle setae with teeth of unequal size, with the proximal larger and more curved than the distal, and the needle setae can have one to two intermediate teeth. It was present in all the streams of Semideciduous Seasonal Forest areas.

*Pristina* sp.2 (Figure 3g)

This species presents two to four hairs lightly hispid and two to four needles unicuspid per bundle. In the present study, it was present in streams of the two phytophysiognomies, with greatest abundance in riffles.

Subfamily Tubificinae

Immature Tubificinae (Figure 3h)

Due to the sexual immaturity, the specimens could not be identified. They were found in all the streams except one in Poço D'Anta Reserve, showing affinity for habitats with slow currents.

Subfamily Rhyacodrilinae

*Bothrioneurum* sp. (Figure 4a, b)

This genus is characterized by a prostomium with a sensory pit on the dorsal surface. According to Christoffersen (2007), some species of *Bothrioneurum* are restricted to South America, such as *B. americanum*, *B. brauni* and *B. righii*. Alves & Lucca (2000) reported this genus in streams of the state of São Paulo, Gorni & Alves (2008b) found it in low-order streams in the same state and Martins et al. (2008) noted in an urban stream in Minas Gerais. In the present study, the genus was found in streams of the two phytophysiognomies, with greater abundance in pools.

FAMILY ENCHYTRAEIDAE (Figure 4c)

This family has high representation in terrestrial and semi-aquatic environments (Brinkhurst & Marchese 1989) and also occurs in typically aquatic environments, such as the plains of the upper Paraná River (Montanholi-Martins & Takeda 2001, Takeda 1999), preserved low-order streams (Alves et al. 2008, Gorni & Alves 2008b), lakes (Collado et al. 1999) and the ocean (Lasserre 1971). Coates & Stacey (1994) reported that Enchytraeidae are less studied than others in South America and that most information is about semi-aquatic and terrestrial species. In the present study, it was found in all streams, with greatest abundance in riffles. This is the first occurrence reported in the state.

SUPERORDER MEGADRILI (Figure 4d)

The group was found in very low abundance (only two individuals) in riffles of two streams in Semideciduous Seasonal Forest areas.

Table 3 indicates the streams where each species was found.



**Figure 4.** a) anterior region of *Bothrioneurum* sp.; b) spermatophore of *Bothrioneurum* sp.; c) Enchytraeidae; d) dorsal and ventral setae of Megadrili.

**Table 3.** Occurrence of the aquatic oligochaete species in streams of Fazenda Floresta, Poço D'Anta Municipal Reserve, Santa Cândida Municipal Reserve and Ibitipoca State Park. Presence (x).

Species	Floresta I	Floresta II	Floresta III	Poço D'Anta	Santa Cândida	Ibitipoca I	Ibitipoca II	Ibitipoca III
NAIDIDAE								
<i>Chaetogaster diastrophus</i>	x	x	x	x	x	x		x
<i>Dero (Aulophorus) furcatus</i>		x						
<i>Dero (Dero) sp.</i>		x						
<i>Nais communis</i>	x		x	x				
<i>Nais variabilis</i>		x		x	x			x
<i>Pristina leidyi</i>	x	x	x		x	x	x	x
<i>Pristina proboscidea</i>	x	x	x	x		x	x	
<i>Pristina aequiseta</i>	x	x	x	x	x			x
<i>Pristina biserrata</i>		x						
<i>Pristina minuta</i>	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Pristina osborni</i>	x	x	x	x	x			
<i>Pristina sima</i>			x	x				x
<i>Pristina jenkiniae</i>	x	x	x	x	x		x	x
<i>Pristina sp.1</i>	x	x	x	x	x			x
<i>Pristina sp.2</i>					x	x	x	
<i>Bothrioneurum sp.</i>		x	x		x	x	x	
Tubificinae imaturo	x	x	x		x	x	x	x
ENCHYTRAEIDAE	x	x	x	x	x	x	x	x
MEGADRILI			x		x			

## Discussion

The 19 taxa identified in the present study (exclusive of Enchytraeidae and Megadrili) represent 22% of the total of 86 oligochaete species recorded in Brazilian aquatic environments (Christoffersen 2007). Knowledge of the aquatic oligochaetes fauna in Brazil especially in streams located in preserved areas, is still incomplete and the only studies of these environments (Alves et al. 2008, Gorni & Alves 2008b, 2012) are of sites in the state of São Paulo.

In comparison with the fauna found by the authors previously cited, *Allonais paraguayensis*, *Pristina notopora*, *P. longidentata* and *Amphichaeta leydyi* were present in streams in São Paulo state, but not in Minas Gerais. Likewise, *Limnodrilus neotropicus*, which is a species endemic to South America, also was not reported in the present study. In turn, the *Dero* genus, which was not found in streams in São Paulo, was recorded in the present study. Another relevant fact was the high abundance of enchytraeids collected in the streams studied. According to Johnson & Ladle (1989), this condition is rarely found and it is possible that the majority of reports of enchytraeids in streams and rivers are the result of accidental entrance of populations from adjacent land areas, since this family has been described as typically terrestrial, with some aquatic tendencies (Christoffersen 2009).

According to Christoffersen (2010), little is known about the aquatic oligochaetes of South America, so there is much research to be done regarding these worms. Also according to him, the few regional inventories of oligochaetes in Brazil (states of São Paulo, Paraná, Amazonas, Rio Grande do Sul, Mato Grosso and Rondônia) refer to land species. There have been no published inventories of limnic oligochaetes in Minas Gerais. In light of the huge landmass of Brazil, the oligochaete fauna cataloged so far only reflects a small fraction of the diversity in the country. Therefore, more inventories are necessary to facilitate future studies (Christoffersen 2010).

The results obtained from this study expand the knowledge of the distribution of some species of oligochaetes in Brazil, represent the first reports of species of limnic oligochaetes for the four preserved areas in Minas Gerais and confirm the first occurrence of various species in the state.

## Acknowledgements

We would like to thank support Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) for the financial support and Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), (process 303790/2009-1) for constant support.

## References

- ALVES, R.G. & LUCCA, J.V. 2000. Oligochaeta (Annelida: Clitellata) como indicador de poluição orgânica em dois córregos pertencentes à Bacia do Ribeirão do Ouro Araraquara (São Paulo-Brasil). *Braz. J. Ecol.* 1:112-117.
- ALVES, R.G. & GORNI, G.R. 2007. Naididae species (Oligochaeta) associated with submersed aquatic macrophytes in two reservoirs (São Paulo, Brazil). *Acta Limnol. Bras.* 19(4):407-413.
- ALVES, R.G., MARCHESE, M.R. & MARTINS, R.T. 2008. Oligochaeta (Annelida, Clitellata) of lotic environments at Parque Estadual Intervalles (São Paulo, Brazil). *Biota Neotrop.* 8(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v8n1/en/abstract?article=bn01708012008> (último acesso em 19/03/2012).
- ARMENDÁRIZ, L.C. & CÉSAR, I. I. 2001. The distribution and ecology of littoral Oligochaeta and Aphanoneura (Annelida) of the Natural and Historical Reserve of Isla Martinn Garcia, Rio de la Plata River, Argentina. *Hydrobiologia* 463:207-216. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1013120128722>
- BELY, A.E. & SIKES, J.M. 2010. Latent regeneration abilities persist following recent evolutionary loss in asexual annelids. *Proc Natl Acad Sci USA* 107(4):1464-1469. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0907931107>
- BRINKHURST, R.O., KATHMAN, R.D.A. 1983. A contribution to the taxonomy of the Naididae (Oligochaeta) of North America. *Can. J. Zool.* 61:2307-2312. <http://dx.doi.org/10.1139/z83-304>



## Inventory of Oligochaeta in preserved streams

- BRINKHURST, R.O. & MARCHESI, M.R. 1989. Guia para la indentificación de oligoquetos acuáticos continentales de Sud y Centroamérica. Clímax, Santa Fé, Argentina.
- CALLISTO, M., MORENO, P. & BARBOSA, F.A.R. 2001. Habitat diversity and benthic functional trophic groups at Serra do Cipó, Southeast Brazil. *Rev. Bras. Biol.* 61(2):259-266. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-71082001000200008>
- CALLISTO, M., FERREIRA, W.R., MORENO, P., GOULART, M. & PETRUCIO, M. 2002. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). *Acta Limnol. Bras.* 14(1):91-98.
- CHRISTOFFERSEN, M.L. 2007. A catalogue of aquatic microdrile oligochaetes (Annelida: Clitellata) from South America. *Acta Hydrobiol. Sinica* 31:59-86.
- CHRISTOFFERSEN, M.L. 2009. Species diversity and distributions of microdrile earthworms (Annelida, Clitellata, Enchytraeidae) from South America. *Zootaxa* 2065:51-68.
- CHRISTOFFERSEN, M.L. 2010. Continental biodiversity of South American Oligochaetes: the importance of inventories. *Acta Zool. Mex. Número especial* 2:35-46.
- COATES, K.A. & STACEY, D.F. 1994. Oligochaetes (Naididae, Tubificidae, Enchytraeidae and Alluroididae) of Guyana, Peru and Ecuador. *Hydrobiologia* 278:79-84. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00142313>
- COLLADO, R., KASPRZAK, P. & SCHMELZ, R.M. 1999. Oligochaeta and Aphanoneura in two Northern German hardwater lakes of different trophic state. *Hydrobiologia* 406:143-148. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1003700604272>
- COLLADO, R. & SCHMELZ, R.M. 2000. *Pristina* silvicola and *Pristina terrena* spp. nov., two new soil-dwelling species of Naididae (Oligochaeta, Annelida) from the tropical rain forest near Manaus, Brazil, with comments on the genus *Pristinella*. *J. Zool.* 251(4):509-516. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-7998.2000.tb00806.x>
- COLLADO, R. & SCHMELZ, R.M. 2001a. Oligochaetes distribution patterns in two German hardwater lakes of different trophic state. *Limnologica* 31:317-328. [http://dx.doi.org/10.1016/S0075-9511\(01\)80036-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0075-9511(01)80036-0)
- COLLADO, R. & SCHMELZ, R.M. 2001b. Descriptions of three *Pristina* species (Naididae, Clitellata) from Amazonian forest soils, including *P. marcusii* sp. nov. *Hydrobiologia* 463:1-11. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1013103100981>
- CORBI, J.J., JANCOSO, M.A., TRIVINHO-STRIXINO, S. & FRAGOSO, E.N. 2004. Occurrence of Oligochaeta living on larvae of Odonata from Ipeúna (São Paulo state, Brazil). *Biota Neotrop.* 4(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v4n2/pt/abstract?short-communication+BN03304022004> (último acesso em 19/03/2012).
- CORBI, J.J., TRIVINHO-STRIXINO, S. & ALVES, R.G. 2005. Records of oligochaetes in freshwater sponges, on bryozoarians and on colonial hydrozoans from Brazil. *Braz. J. Biol.* 65(1):187-188. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842005000100022>
- COWELL, B.C., REMLEY, A.H. & LYNCH, D.M. 2004. Seasonal changes in the distribution and abundance of benthic invertebrates in six headwater streams in central Florida. *Hydrobiologia* 522:99-115. <http://dx.doi.org/10.1023/B:HYDR.0000029977.94089.b8>
- DUMNICKA, E. 1982. Stream ecosystems in mountain grassland (West Carpathians); 9. Oligochaeta. *Acta Hydrobiol.* 24(4):391-398.
- DUMNICKA, E. 1994. Communities of oligochaetes in mountain streams of Poland. *Hydrobiologia* 278:107-110. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00142317>
- DUMNICKA, E. 2000. Studies on Oligochaeta taxocens in streams, interstitial and cave waters of southern Poland with remarks on Aphanoneura and Polychaeta distribution. *Acta Zool. Cracov.* 43:339-392.
- ERSÉUS, C., WETZEL, M.J. & GUSTAVSSON, L. 2008. ICZN rules-a farewell to Tubificidae (Annelida, Clitellata). *Zootaxa* 1744:66-68.
- FUSARI, L.M. & FONSECA-GESSNER, A.A. 2006. Environmental assessment of two small reservoir in southeastern Brazil, using macroinvertebrates community metrics. *Acta Limnol. Bras.* 18(1):89-99.
- GORNI, G.R. & ALVES, R.G. 2006. Naididae (Annelida, Oligochaeta) associated with *Pomacea bridgesii* (Reeve) (Gastropoda, Ampullariidae). *Rev. Bras. Zool.* 23(4):1059-1061. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752006000400011>
- GORNI, G.R. & ALVES, R.G. 2007. Naididae (Annelida, Oligochaeta) associated with briophytes in Brotas, State of São Paulo, Brazil. *Rev. Bras. Zool.* 24(2):518-519. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752007000200036>
- GORNI, G.R. & ALVES, R.G. 2008a. Naididae species (Annelida: Oligochaeta) associated with the sponge *Metania spinata* (Carter, 1881) (Porifera: Metaniidae) from a southeastern Brazilian reservoir. *Acta Limnol. Bras.* 20:261-263.
- GORNI, G.R. & ALVES, R.G. 2008b. Oligochaeta (Annelida: Clitellata) em córregos de baixa ordem do Parque Estadual de Campos do Jordão (São Paulo - Brasil). *Biota Neotrop.* 8 (4): <http://www.biotaneotropica.org.br/v8n4/pt/abstract?inventory+bn01608042008> (último acesso em 19/03/2012).
- GORNI, G.R. & ALVES, R.G. 2012. Oligochaetes (Annelida, Clitellata) in a neotropical stream: a mesohabitat approach. *Iheringia, Ser. Zool.* 102(1):106-110.
- GOULART, M. & CALLISTO, M. 2005. Mayfly diversity in the Brazilian tropical headwaters of Serra do Cipó. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 48(6):983-996. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132005000800015>
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 1991. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro.
- JOHNSON, P. & LADLE, M. 1989. The Enchytraeidae (Oligochaeta) of streams of Southern England. *Ann. Limnol.* 25(2):121-129. <http://dx.doi.org/10.1051/limn/1989012>
- LASSERRE, P. 1971. The marine Enchytraeidae (Annelida, Oligochaeta) of the eastern coast of North America with notes on their geographical distribution and habitat. *Biol. Bull.* 140:440-460. <http://dx.doi.org/10.2307/1540280>
- LEARNER, M.A., LOCHHEAD, G. & HUGHES, B.D. 1978. A review of the biology of the British Naididae (Oligochaeta) with emphasis on the lotic environment. *Freshwater Biol.* 8:357-375. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2427.1978.tb01457.x>
- LENCIONI, V., DUMNICKA, E. & MAIOLINI, B. 2004. The oligochaete fauna in high mountain streams (Trentino, NE Italy): ecological and taxonomical remarks. *Studi Trent. Sci. Nat., Acta Biol.* 81:167-176.
- LIN, K.J. & YO, S.P. 2008. The effect of organic pollution on the abundance and distribution of aquatic oligochaetes in an urban water basin, Taiwan. *Hydrobiologia* 596(1):213-223. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-007-9098-x>
- LINHART, J., VLCKOVÁ, S. & UVÍRA, V. 2002. Bryophytes as a special mesohabitat for meiofauna in a rip-rapped channel. *River Res. Appl.* 18:321-330. <http://dx.doi.org/10.1002/rra.671>
- MARTINS, R.T. & ALVES, R.G. 2008. Occurrence of Naididae (Annelida: Oligochaeta) from three gastropod species in irrigation fields in southeastern Brazil. *Biota Neotrop.* 8(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v8n3/en/abstract?short-communication+bn01508032008> (último acesso em 23/03/2012).
- MARTINS, R.T., STEPHAN, N.N.C. & ALVES, R.G. 2008. Tubificidae (Annelida: Oligochaeta) as an indicator of water quality in an urban stream in southeast Brazil. *Acta Limnol. Bras.* 20(3):221-226.
- MARTINS, R.T., SILVEIRA, L.S. & ALVES, R.G. 2011. Colonization by oligochaetes (Annelida: Clitellata) in decomposing leaves of *Eichhornia azurea* (SW.) Kunth (Pontederiaceae) in a neotropical lentic system. *Ann. Limnol.-Int. J. Lim.* 47:339-346. <http://dx.doi.org/10.1051/limn/2011053>
- MONTANHOLI-MARTINS, M.C. & TAKEDA, A.M. 1999. Spatial and temporal variation of Oligochaeta (1993-1994) in the main and a secondary channel of the Rio Paraná, Brazil. *Stud. Neotrop. Fauna E.* 34:52-58. <http://dx.doi.org/10.1076/snfe.34.3.52.8899>

- MONTANHOLI-MARTINS, M.C. & TAKEDA, A.M. 2001. Spatial and temporal variations of oligochaetes of Invinhena River and Patos Lake in the Upper Paraná River Basin, Brazil. *Hydrobiologia* 463(1-3):197-205. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1013163927814>
- OHTAKA, A. 2001. Oligochaetes in Lake Towada, Japan, an oligotrophic caldera. *Hydrobiologia* 463 (1-3): 83-92. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1013187104615>
- PAMPLIM, P.A.Z., ROCHA, O. & MARCHESE, M.R. 2005. Riqueza de espécies de Oligochaeta (Annelida, Clitellata) em duas represas do rio Tietê (São Paulo). *Biota Neotrop.* 5(1):1-8.
- PERALTA, L., ESCOBAR, E., ALCOCER, J. & LUGO, A. 2002. Oligochaetes from six tropical crater lakes in Central Mexico: species composition, density and biomass. *Hydrobiologia* 467(1-3):109-116. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1014913503577>
- PINDER, A. 2001. Notes on the diversity and distribution of Australian Naididae and Phreodrilidae (Oligochaeta: Annelida). *Hydrobiologia* 463(1-3):49-64. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1013131019636>
- REEVES, W.K. & RYNOLDS, J.W. 1999. New records of cave dwelling earthworms Oligochaeta: Lumbricidae, Megascolecidae and Naididae) and other annelids (Aeolosomatida, Branchiobdellida and Hirudinea) in the southeastern United States, with notes on their ecology. *Megadrilogica*. 7(10):65-71.
- RIGHI, G. 1984. Manual de identificação de invertebrados límnicos do Brasil. CNPq/Coordenação Editorial.
- RODRIGUEZ, P. 2002. Benthic and Subterranean Aquatic Oligochaeta Fauna (Annelida, Oligochaeta) from Coiba Island (Panamá) and Cuba. *Graellsia* 58:3-19. <http://dx.doi.org/10.3989/graeellsia.2002.v58.i2.275>
- ROSA, B.F.J.V., OLIVEIRA, V.C. & ALVES, R.G. 2011. Structure and Spatial Distribution of the Chironomidae Community in Mesohabitats in a First Order Stream at the Poço D'Anta Municipal Biological Reserve in Brazil. *J. Insect Sci.* 11(36):1-13. <http://dx.doi.org/10.1673/031.011.0136>
- SALIMENA-PIRES, F.R. 1997. Aspectos fisionômicos e vegetacionais do Parque Estadual de Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil. In *Anais do 1º Seminário de Pesquisa sobre o Parque Estadual de Ibitipoca* (G.C. Rocha, coord.). Juiz de Fora, Núcleo de Pesquisa em Zoneamento Ambiental da UFJF.
- SILVEIRA, L.F., BEISIEGEL, B.M., CURCIO, F.F., VALDUJO, P.H., DIXO, M., VERDADE, V.K., MATTOX, G. M. & CUNNINGHAM, P.T.M. 2010. Para que servem os inventários de fauna? *Estudos Avançados* 24(68):173-207. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142010000100015>
- SPENCER, D.R. & HUDSON, P.L. 2003. The Oligochaeta (Annelida, Clitellata) of the St. Lawrence Great Lakes region: an update. *J. Great Lakes Res.* 29:89-104. [http://dx.doi.org/10.1016/S0380-1330\(03\)70418-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0380-1330(03)70418-3)
- STACEY, D.F. & COATES, K.A. 1996. Oligochaetes (Naididae, Tubificidae, Opistocystidae, Enchytraeidae, Spargonophilidae and Alluroididae) of Guyana. *Hydrobiologia* 334:17-29. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00017350>
- STRAYER, D.L., LUTZ, C., MALCOM, H.M., MUNGER, K. & SHAW, W.H. 2003. Invertebrate communities associated with a native (*Vallisneria americana*) and an alien (*Trapa natans*) macrophyte in a large river. *Freshwater Biol.* 48:1938-1949. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2427.2003.01142.x>
- SURIANI-AFFONSO, A.L., FRANÇA, R.S., MARCHESE, M.R. & ROCHA, O. 2011. Environmental factors and benthic Oligochaeta (Annelida, Clitellata) assemblages in a stretch of the Upper São Francisco River (Minas Gerais State, Brazil). *Braz. J. Biol.* 7(2):437-446.
- TAKEDA, A.M. 1999. Oligochaeta community of alluvial Upper Paraná River, Brazil: spatial and temporal distribution (1987-1988). *Hydrobiologia* 412:35-42. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1003844131148>
- TAKEDA, A.M., PEREIRA, M.C.F. & BARBOSA, F.A.R. 2000. Zoobenthos survey of the Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil. In *Biological assessment of the Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil* (P.W. Willink, B. Chernoff, L.E. Alonso, J.R. Montambault & R.A. Lourival). Conservation International, Washington. Rap Bulletin of Biological Assessment, n.18.
- TUPINAMBÁS, T.H., CALLISTO, M. & SANTOS, G.B. 2007. Benthic macroinvertebrate assemblages structure in two headwater streams, south-eastern Brazil. *Rev. Bras. Zool.* 24(4):887-897. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752007000400005>
- UZUNOV, Y. & VARADINOVA, E. 2000. Oligochaeta limicola from glacial lakes of the Rila Mountains National Park (Bulgaria). In *Biodiversity and evolution of glacial water ecosystems in the Rila Mountains* (V. Golemansky & W. Naidenow, eds.). Institute of Zoology, Sofia, p.45-48.
- VERDONSCHOT, P.F.M. 1999. Micro-distribution of oligochaetes in a soft-bottomed lowland stream (Elsbeek; Netherlands). *Hydrobiologia* 406:149-163. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1003796403364>
- WETZEL, M.J. & TAYLOR, S.J. 2001. First records of freshwater oligochaetes (Annelida, Clitellata) from caves in Illinois and Missouri, USA. *J. Cave Karst Stud.* 63(3):99-104.

Received 25/06/2012

Revised 01/11/2012

Accepted 22/02/2013

**Report of *Macraspis pseudochrysis* Landin, 1956  
(Coleoptera: Scarabaeidae: Rutelinae) on açai palms (*Euterpe oleracea* Mart.)  
in floodplains in the state of Amapá, Brazil**

**Cristiane Ramos de Jesus-Barros<sup>1,4</sup>, Lidiane Silva Freitas<sup>2</sup> & Paschoal Coelho Grossi<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Embrapa Amapá, Rod. Juscelino Kubitschek, Km 5, 2600,  
CEP 68903-419, Macapá, AP, Brasil. [www.cpaap.embrapa.br](http://www.cpaap.embrapa.br)

<sup>2</sup>Universidade do Estado do Amapá – UEAP, Av. Presidente Vargas, 650,  
CEP 68906-970, Macapá, AP, Brasil. [www.ueap.ap.gov.br](http://www.ueap.ap.gov.br)

<sup>3</sup>Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná – UFPR, CP 19007,  
CEP 81531-980, Curitiba, PR, Brasil. <http://zoo.bio.ufpr.br/>

<sup>4</sup>Corresponding author: Cristiane Ramos de Jesus-Barros, e-mail: [cristiane.jesus@embrapa.br](mailto:cristiane.jesus@embrapa.br)

JESUS-BARROS, C.R., FREITAS, L.S. & GROSSI, P.C. **Report of *Macraspis pseudochrysis* Landin, 1956 (Coleoptera: Scarabaeidae: Rutelinae) on açai palms (*Euterpe oleracea* Mart.) in floodplains in the state of Amapá, Brazil.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?short-communication+bn03513012013>

**Abstract:** The açai palm (*Euterpe oleracea*) is an East Amazon palm found most frequently in the Amazon River estuary. Riverside dwellers in different regions of the state of Amapá have recently been observing a species of coleopteran attacking the inflorescences of açai palms. With a view to identifying a species of coleopteran attacking inflorescences of *E. oleracea* in the Brazilian state of Amapá, insects were collected in the regions of Abacate da Pedreira (two individuals) and Ariri (six) in the city of Macapá. Five individuals were also collected in Mazagão. The insects were collected from açai palm inflorescences using entomological nets, then preserved and submitted for identification. They were identified as *Macraspis pseudochrysis* Landin, 1956 (Coleoptera: Scarabaeidae: Rutelinae). This is the first occurrence of *M. pseudochrysis* in *E. oleracea* in the Neotropics.

**Keywords:** açai palm, *Arecaceae*, *Macraspis*, Amapá, Amazon.

JESUS-BARROS, C.R., FREITAS, L.S. & GROSSI, P.C. **Registro de *Macraspis pseudochrysis* Landin, 1956 (Coleoptera: Scarabaeidae: Rutelinae) em açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) de várzea no estado do Amapá, Brasil.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?short-communication+bn03513012013>

**Resumo:** O açazeiro [*Euterpe oleracea*] é uma palmeira da Amazônia Oriental encontrada com mais frequência no estuário do Rio Amazonas. Recentemente, ribeirinhos em diferentes regiões do estado do Amapá observaram uma espécie de coleóptero que ataca as inflorescências de açazeiros. Com o objetivo de identificar exemplares de Coleoptera em inflorescências de *E. oleracea* no estado do Amapá, Brasil, foram coletados 13 indivíduos nas localidades de Abacate da Pedreira (dois exemplares), Ariri (seis)(ambas em Macapá) e no município de Mazagão (cinco), entre outubro de 2010 e fevereiro de 2011. Os coleópteros foram coletados diretamente nas inflorescências de açazeiros com auxílio de rede entomológica, conservados e enviados para identificação. Todos os indivíduos pertencem à espécie *Macraspis pseudochrysis* Landin, 1956 (Coleoptera: Scarabaeidae: Rutelinae). Este é o primeiro registro de ocorrência de *M. pseudochrysis* em *E. oleracea* na região neotropical.

**Palavras-chave:** açazeiro, *Arecaceae*, *Macraspis*, Amapá, Amazônia.



*Macraspis pseudochrysis* on açai palms

The açai palm (*Euterpe oleracea* Mart. [Arecaceae]) is an East Amazon palm found most frequently in the Amazon River estuary (Shanley et al. 2010). It is normally most abundant in floodplain ecosystems along rivers, igarapé vegetation, lowlands, and wetlands in general (Queiroz & Mochiutti 2001, Santos & Jardim 2006). *Euterpe oleracea* grows in clumps of up to 25 trees with heights ranging from three to 20 m. and with trunk diameters of seven to 18 cm. Its inflorescence is infrafoliar and enveloped by two bracts. When the bracts open, they expose a flower bunch comprised of one rachis and a variable number of rachillae, in which thousands of male and female flowers are inserted. Its fruits are globular drupes with diameters ranging from one to two centimeters. Purplish or green floral vestiges remain adhered to the mature fruits (Costa et al. 2001, Oliveira et al. 2002).

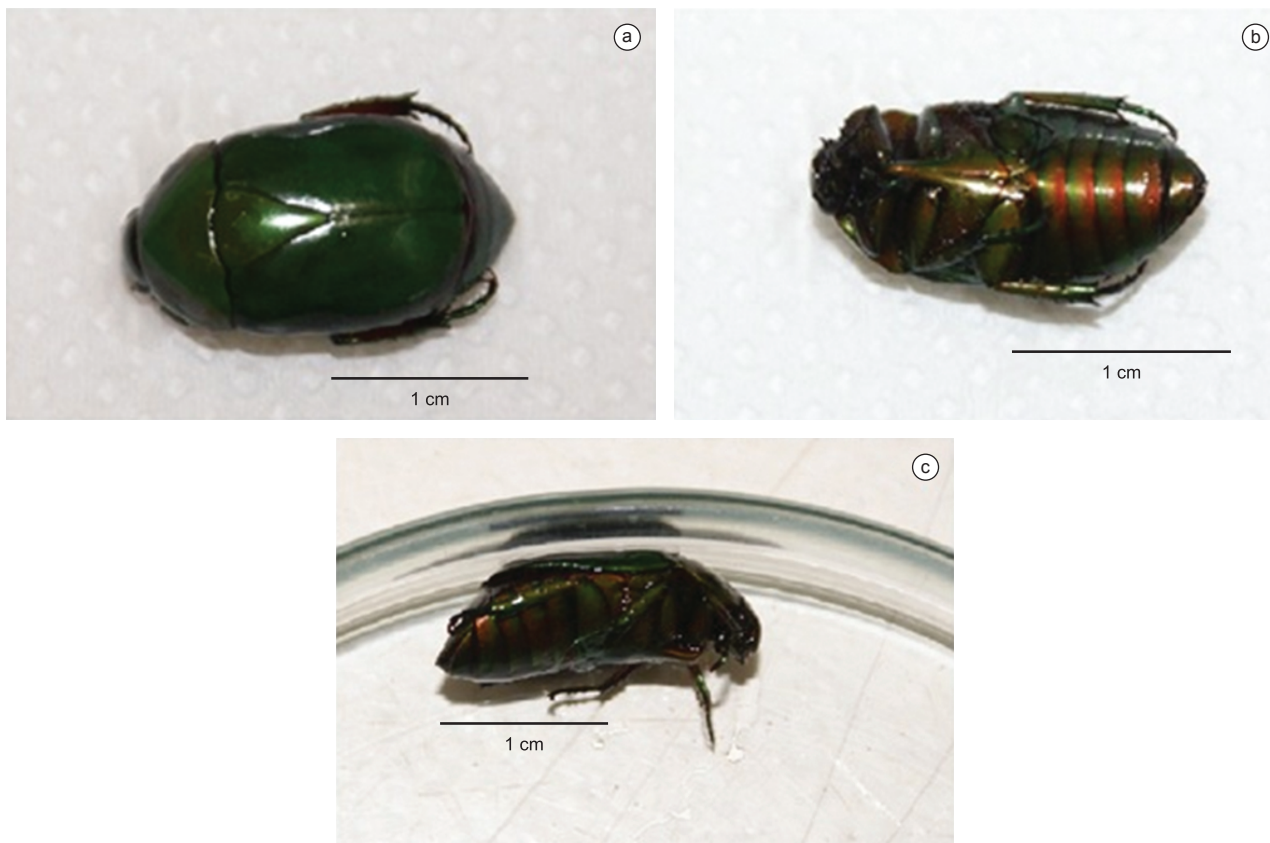
*Euterpe oleracea* is extensively used by local riverside-dwelling communities, which use all parts of the plant (Ribeiro et al. 2007). In the floodplains of Amapá, collecting the fruits and cutting out the palm hearts of açai are traditional activities with highly positive impacts on the local economy (Queiroz & Mochiutti 2001). Açai fruits are the main product used by the Amazon population to prepare the beverage known as “açai” – which is very popular in the regional market, especially due to its high nutritional value and the marked popular preference for its unique flavor (Ribeiro et al. 2007, Menezes et al. 2008). Brazilian producers have been showing an interest in commercial-scale cultivation of the açai palm, and consequently in the factors that compromise its rational production (Oliveira et al. 2002). These factors include the presence of insects associated with the açai palm.

In the state of Amapá, northern Brazil, there have been reports of *Aspidiotus destructor* Signoret 1869 (Hemiptera: Diaspididae), *Brassolis* sp. (Lepidoptera: Nymphalidae), *Castnia* sp. (Lepidoptera: Castniidae), *Cerataphis brasiliensis* (Hempel,

1901) (Hemiptera: Hormaphididae), *Dynamis borassi* (Fabricius, 1801), *Metamasius hemipterus* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Curculionidae), *Pachymerus nucleorum* (Fabricius, 1792) (Coleoptera: Bruchidae), and *Rhinostomus barbirostris* (Fabricius, 1775) (Coleoptera: Curculionidae) associated with vegetative phase *E. oleracea* (Jordão & Silva 2006).

Riverside dwellers in different regions of the state of Amapá have recently been observing one species species of coleopteran attacking the inflorescences of açai palms. In light of this, technical visits were made to the indicated locations, aiming to ascertain the presence and identify the species of this coleopteran. On October 21, 2010, two individuals were collected in the region of Abacate da Pedreira (00° 12' 18.1" N, 50° 51' 23.6" W) of the state capital city, Macapá. On November 21, 2010, six individuals were collected in the community known as Ariri (00° 02' 20" N, 51° 03' 59" W), also in Macapá. On February 1<sup>st</sup>, 2011, five individuals were collected from the municipality of Mazagão (00° 07' 20" S, 51° 18' 15" W). Moreover, to investigate the possible occurrence of *M. pseudochrysis* on açai palms located in dry-land environments, technical visits were conducted in February 2011 in the municipalities of Serra do Navio (00° 53' 44" N, 52° 00' 08" W), Pedra Branca do Amapari (00° 46' 41" N, 51° 56' 37" W) and Porto Grande (00° 42' 48" N, 51° 24' 48" W). All insects were collected directly from açai palm inflorescences, using an entomological net. A considerable number of fallen flowers was observed on the ground below the infested plants. This was not observed under plants that were not infested by the insects. The insects were preserved in 70% alcohol and sent to the Zoology Department at the Universidade Federal do Paraná (UFPR), where they are deposited.

The insects were identified as specimens of *Macraspis pseudochrysis* Landin, 1956 (Coleoptera: Scarabaeidae: Rutelinae) (Figure 1). This species is widely distributed in northern South America, and is usually



**Figure 1.** Dorsal view (a), ventral (b) and lateral (c) of *Macraspis pseudochrysis* collected on açai palms (*Euterpe oleracea*) in floodplains in the state of Amapá, Brazil.



associated with the Amazon biome. It can also be found in northeast Brazil (Soula 1998). In his revisions of the genus *Macraspis* MacLeay, Soula (1998, 2003) contemplates two subspecies: the nominotypical and *M. pseudochrysis concoloripes* (Blanchard 1850). Of the latter, only a small number of exemplars have been collected to date, and the only apparent difference of this subspecies is that it presents a more greenish color variation on the ventral part of its body.

The adults of the species are easily recognizable by their slimmer body shape in comparison to other species of the same genus, which contains approximately 60 Neotropical species (Soula 2003). In addition to its body shape, other distinguishing features of the species are its pronotum and elytra, which are green with a slight brownish tinge; the two longitudinal lines on each elytron; its legs and ventral body, which are reddish-brown with metallic green reflexes; and its pointed pygidium, particularly in males. This combination of characteristics makes it easy to identify the species.

The *Macraspis* species are diurnal. Adults usually feed on flowers, consuming their petals and pollen. They are generalist insects found on a wide variety of plants, including both monocotyledons and dicotyledons. *Macraspis* flight is very aerodynamic, rapid, and zig-zagging, and these insects can be observed flying near the plants on which they feed (Soula 2003). The larvae of *M. pseudochrysis* are xylophagous. They can be found inside the trunks of decomposing trees in mangrove environments, associated in some cases with pupae and immature adults (Morón & Paucar-Cabrera 2003). Up to the present time, all reported sightings of *M. pseudochrysis* have taken place in floodplain or riverside areas. These environments favor the development of immature stages of the species. Although flowering açai palms in dry-land were found during these visits in Serra do Navio, Pedra Branca do Amapari and Porto Grande, no individuals of *M. pseudochrysis* were detected.

This is the first report of *M. pseudochrysis* occurring on açai palms and Arecaceae in the Neotropics. Though it is not yet possible to affirm that *M. pseudochrysis* is feeding on the pollen of the açai flowers, the simple presence of the insect on the inflorescences has been contributing to the loss of some flowers, impeding them from developing into fruits. It is therefore necessary that the population dynamics of this insect on açai palms be studied to clarify some aspects about the influence of the species on *E. oleraceae*.

## References

- COSTA, M.R., OLIVEIRA, M.S.P. & MOURA, E.F. 2001. Variabilidade genética em açazeiro (*Euterpe oleraceae* Mart.). *Biotecnologia Cienc. Desenvolv.* 21:45-50.
- JORDÃO, A.L. & SILVA, R.A. 2006. Guia de Pragas Agrícolas para o Manejo Integrado no Estado do Amapá. Holos, Ribeirão Preto.
- MENEZES, E.M.S., TORRES, A.T. & SRURR, A.U.S. 2008. Valor nutricional da polpa de açai (*Euterpe oleracea* Mart) liofilizada. *Acta Amaz.* 38(2):311-316. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672008000200014>
- MORÓN, M.A. & PAUCAR-CABRERA, A. 2003. Larvae and pupae of species of the genus *Macraspis* (Coleoptera: Scarabaeidae: Rutelinae: Rutelini). *Can. Entomol.* (135):467-491. <http://dx.doi.org/10.4039/n02-091>
- OLIVEIRA, M.S.P., CARVALHO, J.E.U., NASCIMENTO, W.M.O. & MULLER, C.H. 2002. Cultivo do Açazeiro para Produção de Frutos. Circular téc. 26:1-18. [http://www.cpatu.embrapa.br/publicacoes\\_online/circular-tecnica-1/2002/cultivo-do-acaizeiro-para-producao-de-frutos](http://www.cpatu.embrapa.br/publicacoes_online/circular-tecnica-1/2002/cultivo-do-acaizeiro-para-producao-de-frutos) (último acesso 18/06/2011).
- QUEIROZ, J.A.L. & MOCHIUTTI, S. 2001. Plantio de Açazeiros. Com. Téc. 55:1-8. <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAF-AP/7086/1/comunicado2001055.PDF> (último acesso 01/05/2011).
- RIBEIRO, A.S.S., PALHA, M.D.C., TOURINHO, M.M., WHITEMAN, C.W. & SILVA, A.S.L. 2007. Utilização dos recursos naturais por comunidades humanas do Parque Ecoturístico do Guamá, Belém, Pará. *Acta Amaz.* 37(2):235-240. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672007000200009>
- SANTOS, G.C. & JARDIM, M.A.G. 2006. Florística e estrutura do estrato arbóreo de uma floresta de várzea no município de Santa Bárbara do Pará, Estado do Pará, Brasil. *Acta Amaz.* 36(4):437-446. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672006000400006>
- SHANLEY, P., SERRA, M. & MEDINA, G. 2010. Frutíferas e plantas úteis na vida Amazônia. Cifor, Brasília.
- SOULA, M. 1998. Rutelini 2: Revision des Anthicheirina 1. In *Les Coléoptères du Monde* 26. Hillside Books, United Kindon, p.1- 116.
- SOULA, M. 2003. Rutelini 3. In *Les Coléoptères du Monde* 29. Hillside Books, United Kindon, p.29-79.

Received 19/01/2012

Revised 13/08/2012

Accepted 15/03/2013

## Diversity, activity patterns, and habitat use of the snake fauna of Chapada dos Veadeiros National Park in Central Brazil

Frederico Gustavo Rodrigues França<sup>1,3</sup> & Vívian da Silva Braz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia e Meio Ambiente, Centro de Ciências Aplicadas e Educação, Universidade Federal da Paraíba – UFPB, CEP 58297-000, Rio Tinto, PB, Brasil

<sup>2</sup>Centro de Educação a Distância – CEAD, Universidade de Brasília – UNB, CEP 70910-900, Brasília, DF, Brasil

<sup>3</sup>Corresponding author: Frederico Gustavo Rodrigues França, e-mail: fredericofranca@me.com

FRANÇA, F.G.R & BRAZ, V.S. **Diversity, activity patterns, and habitat use of the snake fauna of Chapada dos Veadeiros National Park in Central Brazil.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?article+bn01313012013>

**Abstract:** Chapada dos Veadeiros National Park (CVNP) in central Brazil is one of the most important protected areas of Brazilian Cerrado yet the diversity that this park harbors remains unknown for many taxa. From 2006 to 2009, we studied the snake assemblage of CVNP to determine the species composition, abundance, seasonal and daily activity patterns, morphology, and habitat use. We documented 47 snake species from seven families within CVNP, with the most common species being *Bothrops marmoratus*, *Oxyrhopus trigeminus*, *Crotalus durissus* and *Bothrops moojeni*. The incidence of snakes was highly seasonal and appeared to be associated mainly with rainfall. Daily activity patterns revealed that the majority of snakes are strictly diurnal, whereas others are nocturnal or active during both periods. Species richness estimators suggest that more snake species than the 47 we documented likely occur within CVNP, indicating that it harbors one of the richest snake faunas among South American open biomes studied to date.

**Keywords:** snakes, assemblage, ecology, Brazilian Cerrado.

FRANÇA, F.G.R & BRAZ, V.S. **Diversidade, padrões de atividade, e uso de habitat da fauna de serpentes do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros no Brasil Central.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?article+bn01313012013>

**Resumo:** O Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros é uma das mais importantes unidades de conservação do Cerrado brasileiro apesar de sua diversidade faunística ainda não ser totalmente conhecida. Entre 2006 a 2009, nós estudamos a taxocenose de serpentes do PNCV visando determinar a composição das espécies, abundância, padrões de atividade diários e sazonais, morfologia e uso de habitat. Foram registradas 47 espécies de serpentes pertencentes a sete famílias, sendo as espécies mais comuns *Bothrops marmoratus*, *Oxyrhopus trigeminus*, *Crotalus durissus* e *Bothrops moojeni*. A incidência das serpentes foi sazonal e é associada principalmente com a precipitação. Padrões de atividade diária revelaram que a maioria das serpentes é estritamente diurno, enquanto outras são noturnas ou ativas em ambos os períodos. Os estimadores de riqueza de espécies sugerem que a riqueza é maior que as 47 espécies documentadas indicando que o PNCV mantém uma das maiores diversidades de serpentes das áreas de Cerrado da América do Sul.

**Palavras-chave:** serpentes, taxocenose, ecologia, Cerrado Brasileiro.

## Introduction

In the last decade there has been an increase in knowledge of the community ecology of South American snakes, with information about species richness and natural history being published for species in different biomes, such as Amazonia (Martins & Oliveira 1998, Bernarde & Abe 2006), Atlantic Forest (Marques & Sazima 2004, Pontes & Rocha 2008), Caatinga (Vitt & Vangilder 1983), Cerrado (França et al. 2008, Sawaya et al. 2008), Chaco (Leynaud & Bucher 2001, Scrocchi & Giraudo 2005), Pantanal (Strussmann & Sazima 1993), and Pampas grasslands (Winck et al. 2007). This recent interest in snake ecology is due to an increase in the number of herpetologists working with snakes, new methods for surveying, capturing, and tracking individual snakes (Fitch 1987), and recognition of snakes as interesting ecological models (Shine & Bonnet 2000).

The Cerrado harbors a very diverse herpetofauna with numerous endemic species (Colli et al. 2002, Costa et al. 2007, Nogueira et al. 2011). This biome covers about 2,000,000 km<sup>2</sup> (Oliveira & Marquis 2002), and is considered to be among the most threatened biomes in the world as the result of anthropogenic activities, such as rapid and uncontrolled development for agriculture and large-scale hydroelectric projects (Alho & Martins 1995, Ratter et al. 1997, Oliveira & Marquis 2002). These activities have led to a highly fragmented mosaic of undisturbed Cerrado patches surrounded by agricultural fields and/or pasture. Much of the Cerrado's biodiversity has been preserved in a few major protected areas scattered throughout the biome's range (Klink & Machado 2005). However, the actual species diversity that these areas are preserving remains largely unknown for many taxa.

Here, we present the results of a three-year study on the snake assemblage of Chapada dos Veadeiros National Park (CVNP), one of the most important protected areas of Brazilian Cerrado. We focus on composition, abundance, seasonal and daily activity patterns, morphology, and habitat use of snake species.

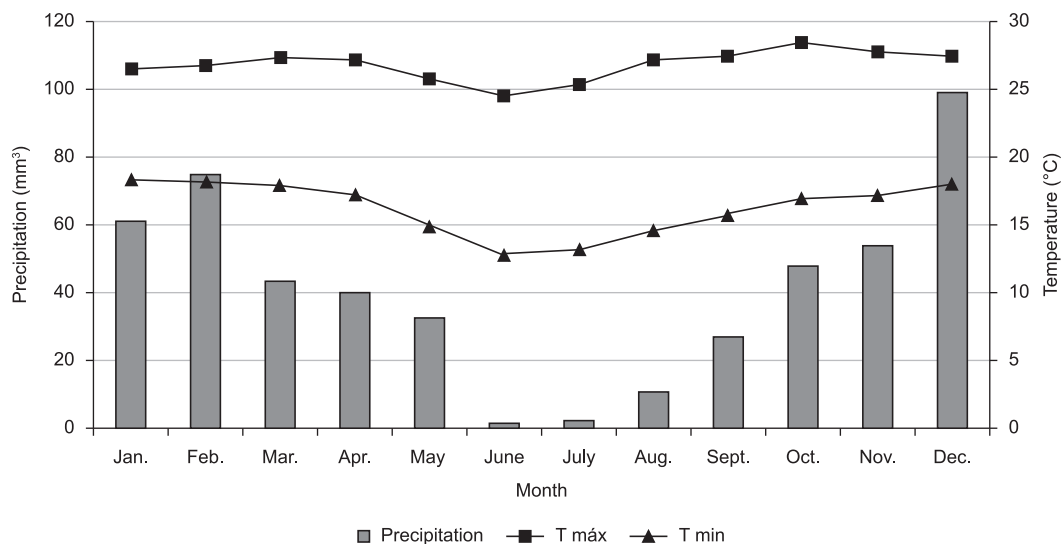
## Materials and Methods

Fieldwork was conducted on 650 non-consecutive days from 15 November 2006 to 15 April 2009 in Chapada dos Veadeiros National Park (13° 51' S to 14° 10' S, and 47° 25' W to 47° 42' W) northern Goiás State, Brazil. The CVNP covers approximately

65,512 ha of relatively undisturbed Brazilian Cerrado, and is located in a mountainous region, the Planalto Central Goiano (Felfili et al. 2007), with altitudes ranging between 620 and 1,700 m, including the highest peak in Central Brazil (Pouso Alto, with 1,784 m). The climate is type Aw in the Köppen classification, receiving annually 1500-1750 mm of a highly predictable and strongly seasonal precipitation, almost entirely restricted to October–April (Nimer 1989). Long-term climatic data from the Chapada dos Veadeiros region are summarized in Figure 1. Average temperatures vary between 20 and 26 °C (Silva et al. 2001). The natural vegetation of the CVNP is characterized by a predominance of gallery forest at low elevations and Cerrado with rocky areas at high elevations (Felfili et al. 2007).

We captured snakes by hand during visual searches and driving roads by car. Almost all snakes were measured and released at or near their capture sites. We collected a few voucher specimens of each snake species, and all individuals found dead on roads (SISBIO license 15325-1). These snakes were fixed with 10% formalin and deposited in the Herpetological Collection of Universidade de Brasília (CHUNB) (Appendix 1). We marked released snakes by scale clipping (Fitch 1987) however we did not use recaptured snakes in our analysis.

We constructed species accumulation curves for snakes of CVNP using the sample- and individual-based rarefaction methods (with the nonparametric Mao Tau estimator) to evaluate collection effort and species saturation of the assemblage (Gotelli & Colwell 2001, Colwell et al. 2011). For the sample-based method, we used days with searches as the sampling period. The function of richness (Mao Tau) was calculated as the accumulation function of species throughout the number of sampling days. The species rarefaction curves were made without replacement using 1000 randomizations. In addition, we used species richness estimators (with nonparametric incidence-based estimators: Bootstrap, Chao 2, ICE, Jackknife 1 and 2, and abundance-based data: ACE and Chao 1) to determine the expected number of snake species in the area (Colwell & Coddington 1994). Richness estimators provide a likely tool to evaluate the completeness of an inventory, but they have different accuracy depending the methods of sample and the effort (Colwell & Coddington 1994). Herein, we don't want to determine the best estimator, but to present the variation in estimates to better predict the species richness that we possible



**Figure 1.** Long-term climatic data from the Chapada dos Veadeiros region.

find in the study area. The species rarefaction and richness estimators were performed with EstimateS 8.2.0 (Colwell 2009).

For all snakes encountered, we recorded the hour of capture and the habitat in which we found the snake. We grouped capture hours into six time periods (05:00-07:59; 08:00-11:59; 12:00-14:59; 15:00-17:59; 18:00-20:59; 21:00-24:00) to better characterize snake activity patterns. We conducted no searches between 00:00 and 04:59, and we did not use 'Brazilian summer time' (or daylight saving time when clocks of some Brazilian regions are adjusted forward one hour) during October to February. We classified habitats into one of five categories: grassland, cerrado, forest, aquatic, and anthropic. We also categorized snake species based on general habits (terrestrial, fossorial, cryptozoic, arboreal, semi-arboreal, or aquatic) using data from the literature and our collections. Finally, for all individuals,

we recorded two morphological variables: snout-vent length (SVL) and tail length (TL).

We use the recent paper of Graziotin et al. (2012) to support the taxonomy of snake species and families. We also use "*Liophis*" rather than "*Erythrolamprus*" because in Graziotin et al. (2012) the authors comment "*Erythrolamprus* arrangement of 50 species may be challenged after a more densely sampled analysis".

## Results

### 1. Composition, richness and abundance

We documented 47 species from seven families in the snake assemblage of CVNP (Table 1, Figure 2 and 3). Dipsadidae was the richest family with 28 species from seven different tribes,

**Table 1.** Summary of natural history information of the snakes in Chapada dos Veadeiros National Park. Abbreviations are: N = number of individuals; RA = Relative Abundance; A = arboreal, C = cryptozoic, F = fossorial, T = terrestrial, SAB = semi-arboreal, AQ = aquatic, g = grassland, ce = cerrado, fo = forest, aq = aquatic environments, an = anthropic environments. N = nocturnal, D = diurnal. Inside parenthesis in N: is number of individuals measured; and in Morphology: is minimum and maximum measurement.

Species	N	RA (%)	Morphology		Habits	Habitats	Activity
			SVL	TL			
<b>Anomalepididae (1)</b>							
<i>Liotyphlops ternetzii</i> (Boulenger, 1896)	3 (2)	0.74	(31-18)	(0.5-0.6)	F	g, ce, fo, an	N
<b>Leptotyphlopidae (1)</b>							
<i>Trilepida fuliginosa</i> (Passos, Caramaschi & Pinto, 2006)	1 (1)	0.25	16.5	1.5	F	ce	N
<b>Boidae (3)</b>							
<i>Boa constrictor</i> Linnaeus, 1758	7 (4)	1.72	117.1 (100-150)	16 (15.5-16.5)	T, SAB	fo, ce, an	N, D
<i>Epicrates crassus</i> Cope, 1862	11 (8)	2.71	54 (35-106)	6.9 (4.5-12)	T, SAB	ce, g	N, D
<i>Eunectes murinus</i> (Linnaeus, 1758)	1 (1)	0.25	1574	261	AQ	fo, aq	N, D
<b>Viperidae (4)</b>							
<i>Bothrops moojeni</i> Hoge, 1966	25 (20)	6.16	66.2 (32-138)	10.5 (5-18)	T	fo, ce	N, D
<i>Bothrops marmoratus</i> Silva & Rodrigues, 2008	68 (58)	16.75	40.3 (19.8-63)	6 (2-8.8)	T	g, ce	N, D
<i>Bothrops pauloensis</i> (Amaral, 1925)	2 (1)	0.49	40.5	4.8	T	g, ce	N, D
<i>Crotalus durissus</i> Linnaeus, 1758	32 (22)	7.88	75.5 (30-108)	6.86 (2.2-12.9)	T	ce, g, fo, an	N, D
<b>Colubridae (9)</b>							
<i>Chironius exoletus</i> (Linnaeus, 1758)	3 (2)	0.74	(85.4-88.5)	(46.6-48)	A, SAB	fo	D
<i>Chironius flavolineatus</i> (Boettger, 1885)	9 (5)	2.22	66.3 (57.8-75)	42.5 (35.7-47.5)	A, SAB	g, ce, fo	D
<i>Chironius quadricarinatus</i> (Boie, 1827)	3 (2)	0.74	(36.6-55.5)	(39.5-61.1)	A, SAB	ce, g	D
<i>Drymarchon corais</i> (Boie, 1827)	3 (2)	0.74	(117.2-149.8)	(28-34.3)	T, SAB	ce, g, fo	D
<i>Drymoluber brazili</i> (Gomes, 1918)	2 (1)	0.49	84	39	T	ce	D
<i>Mastigodryas bifossatus</i> (Raddi, 1820)	5 (4)	1.23	112.9 (99-128)	44.4 (37.7-50.9)	T	g, ce, fo	D
<i>Oxybelis aeneus</i> (Wagler, 1824)	7 (3)	1.72	63.1 (51-78)	36.2 (26.5-47)	A, SAB	ce, g	D
<i>Spilotes pullatus</i> (Linnaeus, 1758)	1 (1)	0.25	1586	525	A, SAB	fo, ce	D
<i>Tantilla melanocephala</i> (Linnaeus, 1758)	8 (4)	1.97	26.6 (23-30.5)	9.3 (8.1-10.5)	F, C	g, ce	N
<b>Dipsadidae (28)</b>							
<b>Dipsadidae incertae sedis (1)</b>							
<i>Xenopholis undulatus</i> (Jensen, 1900)	1 (1)	0.25	24	3.8	T, C	fo	N
<b>Dipsadinae (3)</b>							
<i>Atractus albuquerquei</i> Cunha & Nascimento, 1983	1	0.25	-	-	C	fo	N
<i>Leptodeira annulata</i> (Linnaeus, 1758)	6 (3)	1.48	46.2 (41.8-54)	15.9 (14.7-18)	A, SAB	fo, ce	N
<i>Sibynomorphus mikanii</i> (Schlegel, 1837)	19 (14)	4.68	37.6 (14.8-49.5)	8 (3.7-11.1)	T	fo, ce, an	N
<b>Xenodontinae (24)</b>							
<b>Elapomorphini (1)</b>							
<i>Apostolepis ammodites</i> Ferrarezzi, Barbo & Albuquerque, 2005	3 (1)	0.74	32.4	3.5	F	ce, g	N, D



Table 1. Continued...

Species	N	RA (%)	Morphology		Habits	Habitats	Activity
			SVL	TL			
<b>Echinantherini (1)</b>							
<i>Taeniophallus occipitalis</i> (Jan, 1863)	1 (1)	0.25	38.5	13.5	T	ce, fo	D
<b>Hydropsini (1)</b>							
<i>Helicops angulatus</i> (Linnaeus, 1758)	1 (1)	0.25	41.6	2.2	AQ	fo, aq	N
<b>Tachymenini (2)</b>							
<i>Thamnodynastes hypoconia</i> (Cope, 1860)	17 (11)	4.19	39.6 (31.5-51.5)	12.5 (10.5-16.7)	T	ce	N
<i>Thamnodynastes</i> sp.	1 (1)	0.25	38.6	10.5	T	fo	N
<b>Xenodontini (8)</b>							
<i>Erythrolamprus aesculapii</i> (Linnaeus, 1758)	3 (1)	0.74	58	7.5	T	fo	D
<i>Liophis almadensis</i> (Wagler, 1824)	9 (5)	2.22	31.2 (24-36.2)	9.3 (7-10.5)	T	ce, g	D
<i>Liophis maryellenae</i> Dixon, 1991	5 (4)	1.23	38 (37-39.2)	11.2 (10.3-11.5)	T, AQ	aq	D
<i>Liophis poecilogyrus</i> (Wied-Neuwied, 1825)	6 (5)	1.48	34 (17.5-49.2)	7.6 (4-10.5)	T	ce, g, fo, an	D, N
<i>Liophis reginae</i> (Linnaeus, 1758)	1 (1)	0.25	37.6	5.7	T	fo	D, N
<i>Lygophis meridionalis</i> (Schenkel, 1902)	10 (7)	2.46	44.8 (30-52.5)	16.3 (11.2-21.2)	T	ce, g	D
<i>Xenodon merremii</i> (Wagler, 1824)	9 (3)	2.22	31.4 (18.3-41.5)	4.2 (3-6.2)	T	ce, g, fo, an	D
<i>Xenodon nattereri</i> (Steindachner, 1867)	1 (1)	0.25	25.3	5	T	ce, g	D
<b>Pseudoboini (6)</b>							
<i>Boiruna maculata</i> (Boulenger, 1896)	1 (1)	0.25	47	9.5	T	ce	N
<i>Oxyrhopus guibeii</i> Hoge & Romano, 1977	15 (10)	3.69	38.4 (19.4-68)	10.1 (5-16.5)	T, SAB	g, ce, fo	N
<i>Oxyrhopus rhombifer</i> Duméril, Bibron & Duméril, 1854	10 (9)	2.46	41 (37.5-48)	11 (8.5-12.7)	T	ce, g, fo	N
<i>Oxyrhopus trigeminus</i> Duméril, Bibron & Duméril, 1854	39 (25)	9.61	48.4 (25.5-83)	13.6 (6.5-45.5)	T	ce, g, fo	N
<i>Phimophis guerini</i> (Duméril, Bibron & Duméril, 1854)	5 (3)	1.23	57.2 (53-62)	14.5 (13.6-15.5)	T, C	ce, g	N
<i>Pseudoboa nigra</i> (Duméril, Bibron & Duméril, 1854)	3 (1)	0.74	108	29	T	ce, g	N
<b>Philodriadini (5)</b>							
<i>Philodryas aestivus</i> (Duméril, Bibron & Duméril, 1854)	8 (7)	1.97	45.4 (30.3-59)	21.1 (14-26.5)	T	g	D
<i>Philodryas agassizii</i> (Jan, 1863)	5 (4)	1.23	30.6 (17.8-35.6)	10.6 (6.5-13.5)	T	g	D
<i>Philodryas nattereri</i> Steindachner, 1870	11 (8)	2.71	76.9 (29-118)	29.7 (11.3-49.5)	T	g, ce, an	D
<i>Philodryas olfersii</i> (Lichtenstein, 1823)	5 (3)	1.23	70.7 (48-82)	25.3 (20.5-28)	T, SAB	ce, g, fo	D
<i>Philodryas patagoniensis</i> (Girard, 1858)	17 (7)	4.19	71.4 (54-89)	26.7 (22.5-31)	T, SAB	ce, g, fo, an	D
<b>Elapidae (1)</b>							
<i>Micrurus frontalis</i> Duméril, Bibron & Duméril, 1854	2 (1)	0.49	80	4.5	C	ce, g, fo	D, N

while Anomalepididae, Elapidae, and Leptotyphlopidae were each represented by a single species. The dominant dipsadid lineages were the subfamily Xenodontinae (51.1% of total richness), and the tribe Xenodontini, which comprised 33.3% of the Xenodontinae species.

The most common species was the viper *Bothrops marmoratus* followed by a false-coral snake *Oxyrhopus trigeminus*, a rattlesnake *Crotalus durissus*, and another viper *Bothrops moojeni* (Table 1). The species abundance distribution curve showed a sigmoid pattern resembling a lognormal distribution (Whittaker 1970, Krebs 2009) (Figure 4).

## 2. Rarefaction

The rarefaction curves (Mao Tau), both sample-based and individual-based, did not reach stability (Figure 5), and the various species richness estimators produced different estimates, all of which

were greater than the observed richness of 47 species (Table 2). The estimates produced by the species-based method varied between  $53.77 \pm 0.28$  with a Bootstrap estimator and  $79.0 \pm 23.32$  with a Chao 1 estimator. The estimates produced by the individual-based method varied between  $52.3 \pm 0.24$  with a Bootstrap estimator and  $86 \pm 30.45$  with a Chao 1 estimator (Table 2).

## 3. Natural history

The snakes of CVNP exhibit a diversity of natural history traits (Table 1). Twenty-five species are strictly terrestrial, six are fossorial or cryptozoic, six are arboreal or semi-arboreal, six are terrestrial but use arboreal habitats frequently, and two are mainly aquatic. All scolecophidian, elapomorphine and elapid snakes have fossorial or cryptozoic habits, while all vipers, pseudoboines, and most philodryadines and xenodontines are primarily terrestrial. Most



**Figure 2.** Some snake species recorded in the Chapada dos Veadeiros National Park. a) *Liotyphlops ternetzii*; b) *Epicrates crassus*; c) *Bothrops marmoratus*; d) *Bothrops moojeni*; e) *Crotalus durissus*; f) *Micrurus frontalis*; g) *Chironius exoletus*; h) *Chironius quadricarinatus*; i) *Oxybelis aeneus*; j) *Sibynomorphus mikanii*; k) *Xenopholis undulatus*; l) *Apostolepis ammodites* (Photos by F.G.R. França).

arboreal snakes are colubrid species, and only *Eunectes murinus*, *Helicops angulatus*, and *Liophis maryellenae* are aquatic.

A majority of the snake fauna occurred in open and interfluvial areas of cerrado and grassland, but a small portion were found exclusively in forest (e.g., *Chironius exoletus*, *Xenopholis undulatus*, *Atractus albuquerquei*, *Erythrolamprus aesculapii*, *Liophis reginae*; Table 1). Only six species were found in all Cerrado habitats (*Liotyphlops ternetzii*, *Chironius flavolineatus*, *Mastigodryas bifossatus*, *Oxyrhopus guibei*, *Philodryas patagoniensis*, and *Xenodon merremii*). Most snakes of Viperidae and Colubridae inhabited principally open habitats, with the exception of *Bothrops*

*moojeni*, *Chironius exoletus* and *Spilotes pullatus*, which were commonly found in forest.

Snake daily activities occurred from 0500 h to 2400 h and varied among species. Most snakes were strictly diurnal (20 species), but many were nocturnal (16 species) and others were active during both periods (11 species; Table 3). Most snakes (with  $\geq 5$  observations) were found during two or three time periods and only *Crotalus durissus* was found in all six time periods throughout the day. Almost all species of diurnal snakes were observed from 0800 to 1800 h, but few snakes were active between 1200 and 1459 h, as seen in all species of *Philodryas*. Several diurnal species exhibited





**Figure 3.** Some snake species recorded in the Chapada dos Veadeiros National Park. a) *Oxyrhopus trigeminus*; b) *Oxyrhopus rhombifer*; c) *Phimophis guerini*; d) *Philodryas nattereri*; e) *Philodryas olfersii*; f) *Thamnodynastes hypoconia*; g) *Liophis almadensis*; h) *Liophis maryellanae*; i) *Lygophis meridionalis* (Photos by F.G.R. França).

bimodal activity periods, such as species of *Liophis* and *Chironius*. Most nocturnal snakes commenced activity around 1800 h or earlier in twilight, and some had activity periods extending to 2400 h or later. Three individuals of nocturnal species (*Bothrops marmoratus*, *Sibynomorphus mikanii*, and *Oxyrhopus trigeminus*) were captured around 2400 h.

The annual activity of snakes in CVNP was highly seasonal. Although snakes were found in all months, most captures occurred during the rainy season (end of September to April) with March having the highest number. Snake captures showed a significant decrease during the dry season (May to beginning of September) with August having the lowest number (Figure 6).

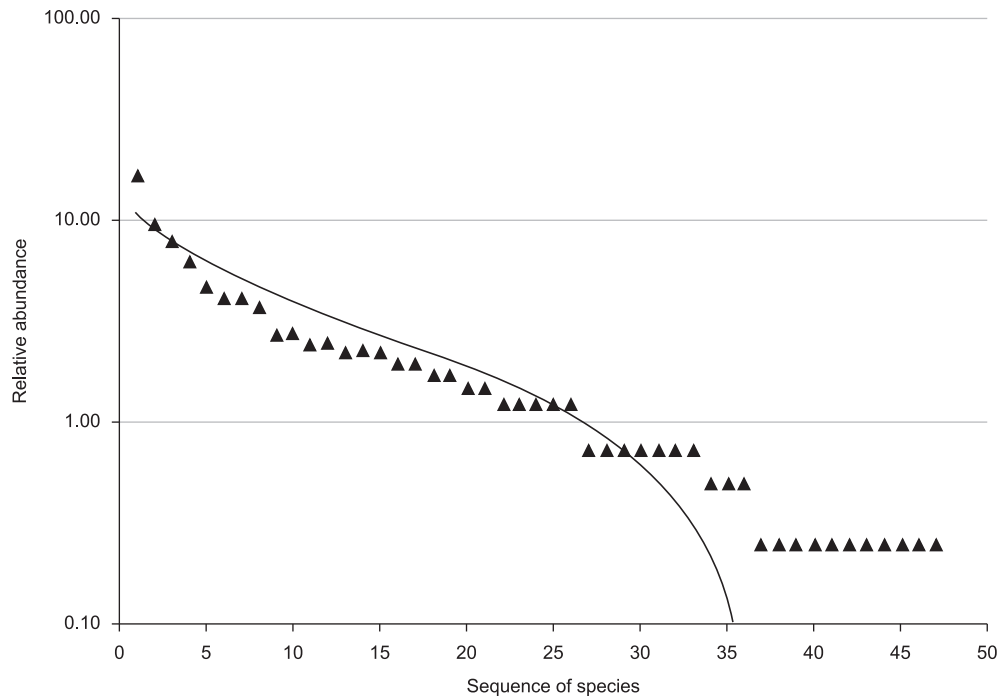
## Discussion

The snake assemblage of CVNP is composed of a high number of species. In comparison to other well-sampled localities in Cerrado, that range from 22 to 61 snake species (Vanzolini 1948, França et al. 2008, Sawaya et al. 2008, Araújo et al. 2010) or with other South American open formations, such as Caatinga (19 species, Vitt & Vangilder 1983), Chaco (21 species, Leynaud & Bucher 2001), Pampas (20 species, Winck et al. 2007), and Pantanal (26 species,

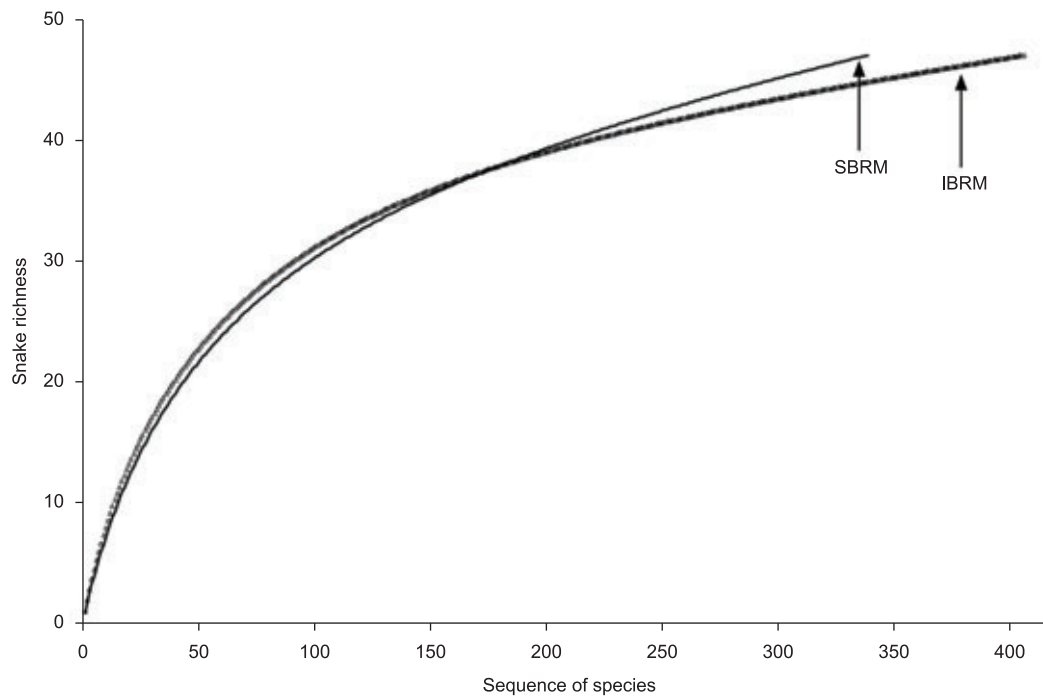
**Table 2.** Species richness estimates of the snake assemblage in Chapada dos Veadeiros National Park using different estimators and the sample- (SBM) and individual-based rarefaction methods (IBM).

Estimators	Mean $\pm$ SD	
	SBM	IBM
ACE	61.81 $\pm$ 0.6	57.01 $\pm$ 0.43
ICE	61.97 $\pm$ 0.01	57.03 $\pm$ 0.42
Chao 1	79.0 $\pm$ 23.32	86 $\pm$ 30.45
Chao 2	72.6 $\pm$ 17.9	85.9 $\pm$ 30.37
Jackknife 1	62.95 $\pm$ 5.21	59.97 $\pm$ 3.54
Jackknife 2	73.9 $\pm$ 0.8	71.91 $\pm$ 0.6
Bootstrap	53.77 $\pm$ 0.28	52.3 $\pm$ 0.24

Strüssmann & Sazima 1993), snake diversity of CVNP is among the most species rich. Nevertheless, we certainly did not record all snake species that occur in the region. Snakes are notoriously difficult to sample because they usually occur at low densities, are cryptic, and have secretive habits (Greene 1997). We did not use methods such as pitfall traps or funnel traps, which are often effective at detecting cryptic and secretive species (Jorgensen et al. 1998, Sutherland 2006).



**Figure 4.** The snake species abundance distribution curve showing a sigmoid pattern resembling a lognormal distribution.



**Figure 5.** Sample- and individual-based rarefaction curves of snakes of Chapada dos Veadeiros National Park.

Future studies using these methods would likely add more species to the list of snakes occurring in CVNP.

A number of snake species that we did not record in this study are known from Central Brazil and are likely to occur within CVNP, including *Micrurus brasiliensis*, *Micrurus lemniscatus*, *Atractus pantostictus*, *Atractus edioi*, *Apostolepis flavotorquata*, *Phalotris nasutus* (Souza 2003, Jorge da Silva 2007, Jorge da Silva et al.

2005, Lema 2002, Lema & Renner 2005). With the addition of those species whose ranges include Central Brazil, the snake richness for the region of Chapada dos Veadeiros (an area that encloses the National Park plus 12 Particular Reserves of the Natural Patrimony – RPPN and some hydroelectric power plants and their reservoirs such as Serra da Mesa and Cana Brava; see Felfili et al. 2007) is likely to be more than 70 species. This is supported by our results showing



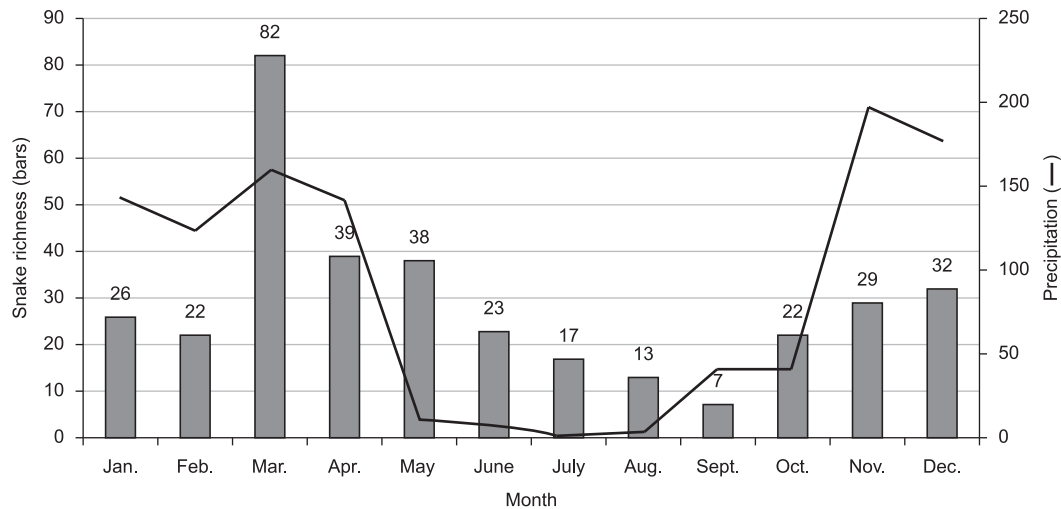
**Table 3.** Number of individuals found active during different times of the day for snake species in Chapada dos Veadeiros National Park.

Species	05:00-07:59	08:00-11:59	12:00-14:59	15:00-17:59	18:00-20:59	21:00-24:00
<i>Liotyphlops tertetzi</i>	0	0	0	0	2	0
<i>Boa constrictor</i>	1	0	0	0	0	2
<i>Epicrates crassus</i>	1	0	0	0	2	5
<i>Eunectes murinus</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Bothrops moojeni</i>	2	0	0	0	19	1
<i>Bothrops marmoratus</i>	2	0	0	3	41	12
<i>Bothrops pauloensis</i>	1	0	0	1	0	0
<i>Crotalus durissus</i>	0	1	1	1	14	2
<i>Chironius exoletus</i>	0	2	0	0	0	0
<i>Chironius flavolineatus</i>	1	2	0	3	0	0
<i>Chironius quadricarinatus</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Drymarchon corais</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Drymoluber brazili</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Mastigodryas bifossatus</i>	0	3	0	1	0	0
<i>Oxybelis aeneus</i>	0	4	0	1	0	0
<i>Spilotes pullatus</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Tantilla melanocephala</i>	0	0	0	0	4	2
<i>Apostolepis ammodites</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Boiruna maculata</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Taeniophallus occipitalis</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Erythrolamprus aesculapii</i>	0	3	0	0	0	0
<i>Helicops angulatus</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Leptodeira annulata</i>	0	0	0	0	1	2
<i>Liophis almadensis</i>	0	1	0	4	0	0
<i>Liophis maryellenae</i>	0	1	0	1	0	0
<i>Liophis meridionalis</i>	0	3	0	4	0	0
<i>Liophis poecilogyrus</i>	0	0	0	0	2	0
<i>Liophis reginae</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Oxyrhopus guibei</i>	2	0	0	1	4	2
<i>Oxyrhopus rhombifer</i>	0	0	0	0	5	1
<i>Oxyrhopus trigeminus</i>	0	0	0	0	11	11
<i>Philodryas aestivus</i>	0	3	1	0	3	0
<i>Philodryas agassizii</i>	0	2	2	1	0	0
<i>Philodryas nattereri</i>	0	4	3	2	0	0
<i>Philodryas olfersii</i>	0	3	1	0	0	0
<i>Philodryas patagoniensis</i>	1	4	3	3	0	0
<i>Phimophis guerini</i>	1	0	0	0	2	1
<i>Pseudoboa nigra</i>	1	0	0	0	1	1
<i>Sibynomorphus mikanii</i>	0	0	0	0	6	9
<i>Thamnodynastes hypoconia</i>	0	0	0	0	7	1
<i>Thamnodynastes sp.</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Xenodon merremii</i>	0	0	1	4	0	0
<i>Xenodon nattereri</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Xenopholis undulatus</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Micrurus frontalis</i>	1	1	0	0	0	0

that the species accumulation curve was not asymptotic and that all species richness estimators were higher than the observed number of species (47). Taken together, our results indicate that central Brazilian Cerrado has high species richness of snakes and that CNVP is an important area for biodiversity conservation (França & Araújo 2006, França et al. 2008).

The snake assemblage of CVNP is dominated by a few abundant species, with three of the four most common species being venomous. The CVNP is a highly frequented tourism and conservation unit

in Brazil due to the beautiful scenery including many rivers and waterfalls (Felfili et al. 2007). Even though snake activity periods may not coincide with peak times of human visitation, the dominance of venomous snakes is important information for park management and tourists should take precautions to avoid potentially hazardous encounters with snakes while inside the park. We also found a high number of snakes and other vertebrates dead on paved and unpaved roads surrounding the park (unpublished data), suggesting the need for increased public awareness and possibly conservation actions



**Figure 6.** Seasonal activity patterns of snakes of Chapada dos Veadeiros National Park.

to reduce the negative impacts of roads on wildlife in the region (Forman et al. 2003, Shepard et al. 2008).

The species abundance curve shows a sigmoid pattern resembling a lognormal distribution (Whittaker 1970). This pattern is typical of species-rich and highly equitability communities, and is commonly observed in Central and South American snake assemblages (Leynaud & Bucher 2001, Sawaya et al. 2008). Most Neotropical snake assemblages, in different environments and biomes, are characterized by a dominance of venomous species, mainly vipers, and a high number of rare harmless snakes (Martins & Oliveira 1999, Duellman 2005, Sawaya et al. 2008, Hartmann et al. 2009a), with some exceptions in wetlands of the Pantanal (Strussmann & Sazima 1993) and in subtropical grasslands (Winck et al. 2007). Venomous snakes, such as species of *Bothrops*, usually have a high number of offspring and occupy a diversity of habitats (Campbell & Lamar 2004), which contributes to this dominance.

Habitat selection has been frequently reported as one of the most important factors affecting snake assemblage diversity and structure (Reinert 1984, 2001). The habitat complexity of the Cerrado biome, which consists of a mosaic of open habitats (grasslands and cerrado-savanna) and forest environments (gallery forests and cerradão) (Felfili et al. 2007), likely helps to maintain the high diversity of snake species in central Brazil. In our study, we found that only six species (12.8% of 47 species) were encountered in all Cerrado habitats, with most species being found in only one habitat type. Snake species occurring in CVNP were found principally in open habitats with comparably few species encountered exclusively in forested habitats. The higher number of snakes inhabiting open environments is also seen in other snake assemblages in the Cerrado biome (França et al. 2008, Sawaya et al. 2008).

Habitat selection of the snake assemblage is also correlated with habits and morphology of species. In forest biomes, such as Amazonia and Atlantic Forest, snake assemblages are composed of many arboreal and semi-arboreal species (Martins & Oliveira 1998, Marques & Sazima 2004), whereas in Cerrado most snakes are terrestrial or fossorial/cryptozoic species (França et al. 2008, Sawaya et al. 2008). The vegetation of CVNP is predominated by grasslands and other open cerrado environments (Felfili et al. 2007), which leads to a dominance of terrestrial and fossorial/cryptozoic snake species. This is exemplified by our findings that arboreal and semi-arboreal colubrids within CVNP were usually found in forest

habitats whereas fossorial scolecophidians and species of *Apostolepis* inhabited open environments.

Daily activity patterns revealed that most species are diurnal and this appears to be related to phylogeny. All Dipsadinae, Tachymenini and Pseudoboini are nocturnal species while all Philodryadini and most Colubridae (with exception of *Tantilla melanocephala*) are diurnal. So, the majority of diurnal species in the assemblage is probably due the richness of phylogenetic groups that encompass more diurnal species than due the ecological factors. Future studies using ecological and phylogenetic analysis, such as canonical phylogenetic ordination, can support this result. Some diurnal species showed two periods of daily activity likely because the sun becomes too intense at mid-day; for example, almost no snakes were found active between 12:00 to 14:59 h. In addition, many nocturnal snakes were active during twilight (i.e., crepuscular activity), a common pattern in vipers and elapids (Shine 1979).

Data on captures throughout the year revealed that snake activity was highly seasonal with most captures occurring during the summer rainy season and few captures during the cold and dry winter months. This highly seasonal activity pattern has been found in other studies on snakes in South America, with drier months typically showing lower activity (Vitt & Vangilder 1983, Winck et al. 2007, Hartmann et al. 2009b). During the rainy summer months an increase in water availability leads to vegetation growth (principally in grasslands) and increased activity of snake prey such as small mammals, frogs, and invertebrates, which in turn would affect snake activity (Yanosky et al. 1996).

The CVNP is a large, well-preserved representative of Cerrado physiognomic forms in Central Brazil (Felfili et al. 2007). Additionally, its connectivity with other preserved natural areas (at least 22 other smaller preserved areas are found near CVNP) underscores its importance. The rich snake fauna of CVNP documented here reaffirms this region as a key area for the conservation of Cerrado biodiversity.

## Acknowledgements

The authors are grateful to Daniel Rios de Magalhães Borges and ICMBio for collection permits in the Chapada dos Veadeiros National Park. We thank Don Shepard for help with the English, and valuable comments and suggestions on manuscript. We also thank to Davi Pantoja and Iubatã Farias for the generous help during field work.

FGRF and VSB thank CNPq for graduate fellowship. FGRF thanks the financial support from the CNPq (Universal grant 474250/2010-5).

## References

- ALHO, C.J.R. & MARTINS, E.S. 1995. De Grão em Grão, o Cerrado Perde Espaço. Fundo Mundial para Natureza, Brasília.
- ARAÚJO, C.O., CORREA FILHO, D.T. & SAWAYA, R.J. 2010. Snake assemblage of Estação Ecológica de Santa Bárbara, SP: a Cerrado remnant in Southeastern Brazil. *Biota Neotrop.* 10(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v10n2/en/abstract?inventory+bn01410022010>.
- BERNARDE, P.S. & ABE, A.S. 2006. A Snake Community at Espigão do Oeste, Rondônia, Southwestern Amazon, Brazil. *South Am. J. Herpetol.* 1(2):102-113. [http://dx.doi.org/10.2994/1808-9798\(2006\)1\[102:ASCAED\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.2994/1808-9798(2006)1[102:ASCAED]2.0.CO;2)
- CAMPBELL, J.A. & LAMAR, W.W. 2004. Venomous reptiles of the Western hemisphere. Comstock Publishing Associates, Ithaca, London.
- 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. version 8.2. User's Guide and application. <http://purl.oclc.org/estimates>
- COLWELL, R.K. 2011. *EstimateS*. version 8.2.0: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples (Software and User's Guide). Freeware for Windows and Mac OS. (último acesso em 25/03/2012).
- COLWELL, R.K. & CODDINGTON, J.A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philos. T. Roy. Soc. B.* 345:101-118. PMID:7972351. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.1994.0091>
- COSTA, G.C., NOGUEIRA, C., MACHADO, R. & COLLI, G.R. 2007. Squamate richness in the Brazilian Cerrado and its environmental-climatic associations. *Divers. Distrib.* 13(6):714-724. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1472-4642.2007.00369.x>
- DUELLMAN, W.E. 2005. *Cusco Amazônico: The Lives of Amphibians and Reptiles in an Amazonian Rainforest*. Cornell Comstock Books in Herpetology, Ithaca. PMID:16403648.
- FELFILI, J.M., REZENDE, A.V. & SILVA JÚNIOR, M.C. 2007. Biogeografia do Bioma Cerrado: Vegetação e Solos da Chapada dos Veadeiros. Editora Universidade de Brasília, Finattec, Brasília. PMID:17876440.
- FITCH, H.S. 1987. Collecting and life-history techniques. In *Snakes: Ecology and Evolutionary Biology* (R.A. Seigel, J.T. Collins & S.S. Novak, eds.). MacMillan Publishing, New York, p.143-164.
- FORMAN, R.T.T., SPERLING, D., BISSONETTE, J.A., CLEVINGER, A.P., CUTSHALL, C.D., DALE, V.H., FAHRIG, L., FRANCE, R., GOLDMAN, R., HEANUE, K., JONES, J.A., SWANSON, F.J., TURRENTINE, T. & WINTER, T.C. 2003. *Road Ecology: Science and Solutions*. Island Press, Washington.
- FRANÇA, F.G.R. & ARAÚJO, A.F.B. 2006. The conservation status of snakes in central Brazil. *S. Am. J. Herpetol.* 1(1):25-36.
- FRANÇA, F.G.R., MESQUITA, D.O., NOGUEIRA, C.C. & ARAÚJO, A.F.B. 2008. Phylogeny and Ecology Determine Morphological Structure in a Snake Assemblage in the Central Brazilian Cerrado. *Copeia* (1):23-38. <http://dx.doi.org/10.1643/CH-05-034>
- GOTELLI, N. & 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>
- GRAZZIOTIN, F.G., ZAHER, H., MURPHY, R.W., SCROCCHI, G., BENAVIDES, M.A., ZHANG, Y.P. & BONATTO, S.L. 2012. Molecular phylogeny of the New World Dipsadidae (Serpentes: Colubroidea): a reappraisal. *Cladistics* 1:1-23.
- GREENE, H.W. 1997. *Snakes: the evolution of mystery in nature*. University of California Press, California.
- HARTMANN, P.A., HARTMANN, M.T. & MARTINS, M. 2009a. Ecology of a snake assemblage in the Atlantic Forest of southeastern Brazil. *Pap. Avulsos Zool.* 49(27):343-360.
- HARTMANN, P.A., HARTMANN, M.T. & MARTINS, M. 2009b. Ecologia e história natural de uma taxocenose de serpentes no Núcleo Santa Virgínia do Parque Estadual da Serra do Mar, no sudeste do Brasil. *Biota Neotrop.* 9(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v9n3/en/abstract?article+bn03609032009>.
- JORGE DA SILVA JUNIOR, N. 2007. Novas ocorrências de *Micrurus brasiliensis* Roze, 1967 (Serpentes: Elapidae) em áreas de tensão ambiental no centro-oeste brasileiro. *Estudos (Goiânia)* 34:121-145.
- JORGE DA SILVA JUNIOR, N., SILVA, H.L.R., RIBEIRO, R.S., SOUZA, I. & SOUZA, C.A. 2005. Uma Nova Espécie do Gênero *Atractus* Wagler, 1928 (Colubridae: Dipsadinae) do Cerrado do Brasil Central. *Pap. Avulsos Zool.* 45(3):33-39.
- JORGENSEN, E.E., VOGEL, M. & DEMARAIS, S.A. 1998. A comparison of trap effectiveness for reptile sampling. *Tex J Sci.* 50(3):235-242.
- KLINK, C. & MACHADO, R. 2005. Conservation of the Brazilian cerrado. *Conserv. Biol.* 19(3):707-713. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00702.x>
- KREBS, C.J. 2009. *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. 6th ed. Benjamin Cummings, San Francisco.
- LEMA, T. 2002. New species of *Phalotris* from northern Brazil with notes on the *nasutus* group (Serpentes: Elapomorphae). *Comun. Mus. Ciênc. Tecnol. PUCRS, Sér. Zool.* 15(2):201-214.
- LEMA, T. & RENNER, M.F. 2005. Contribuição ao conhecimento taxonômico de *Apostolepis flavatorquata* (Serpentes, Elapomorphae). *Biociências* 13(2):163-175.
- LEYNAUD, G.C. & BUCHER, E.H. 2001. Composition, relative abundance and activity patterns of the snake fauna of Los Colorados biological station (Western Chaco of Argentina). *Bol. Acad. Nac. Cienc.* 66:125-132.
- MARQUES, O.A.V. & SAZIMA, I. 2004. História Natural dos Répteis da Estação Ecológica Juréia-Itatins. In *Estação Ecológica Juréia-Itatins. Ambiente Físico, Flora e Fauna* (O.A.V. Marques & W. Duleba, eds.). Holos, Ribeirão Preto, p.257-277.
- MARTINS, M. & OLIVEIRA, M.E. 1998. Natural history of snakes in forests of the Manaus region, Central Amazonia, Brazil. *Herpetol. Nat. Hist.* 6(2):78-150.
- NIMER, E. 1989. *Climatologia do Brasil*. 2nd ed. IBGE, Rio de Janeiro.
- NOGUEIRA, C., RIBEIRO, S.R., COSTA, G.C. & COLLI, G.R. 2011. Vicariance and endemism in a Neotropical savanna hotspot: distribution patterns of Cerrado squamate reptiles. *J. Biogeogr.* 38:1907-1922. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2699.2011.02538.x>
- OLIVEIRA, P.S. & MARQUIS, R.J. 2002. *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. Columbia University Press, New York.
- PONTES, J.A.L. & ROCHA, C.F.D. 2008. *Serpentes da Serra do Mendanha, Rio de Janeiro, RJ: Ecologia e Conservação*. Technical Books, Rio de Janeiro.
- RATTER, J.A., RIBEIRO, J.F. & BRIDGEWATER, S. 1997. The Brazilian Cerrado Vegetation and Threats to its Biodiversity. *Ann. Bot. London* 80:223-230. <http://dx.doi.org/10.1006/anbo.1997.0469>
- REINERT, H.K. 1984. Habitat separation between sympatric snake populations. *Ecology* 65(2):478-486. <http://dx.doi.org/10.2307/1941410>
- REINERT, H.K. 2001. Habitat selection in snakes. In *Snakes, Ecology and Behaviour* (RA Seigel & J.T. Collins, eds). The Blackburn Press. Caldwell, New Jersey, p.201-240.
- SAWAYA, R.J., MARQUES, O.A.V. & MARTINS, M. 2008. Composition and natural history of a Cerrado snake assemblage at Itirapina, São Paulo state, southeastern Brazil. *Biota Neotrop.* 8(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v8n2/en/abstract?inventory+bn01308022008>.
- SCROCCHI, G.J. & GIRAUDO, A.R. 2005. Reptiles de la Reserva El Bagual. AGD Giacomo and SF Krapovickas, Aves Argentinas, Asociación Ornitológica del Plata Historia natural y paisaje de la Reserva El Bagual, Provincia de Formosa, Buenos Aires. Inventario de la fauna de vertebrados y de la flora vascular de un área protegida del Chaco Húmedo. *Temas de Naturaleza y Conservación. Monografía de Aves Argentinas*, n.4, p.1-592.

- SHEPARD, D., KUHNS, A., DRESLIK, M. & PHILLIPS, C. 2008. Roads as barriers to animal movement in fragmented landscapes. *Anim. Conserv.* 11(4):288-296. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-1795.2008.00183.x>
- SHINE, R. 1979. Activity patterns in Australian elapid snakes (Squamata: Serpentes: Elapidae). *Herpetologica* 35(1):1-11.
- SHINE, R. & BONNET, X. 2000. Snakes: a new 'model organism' in ecological research? *Trends Ecol. Evol.* 15(6):221-222. [http://dx.doi.org/10.1016/S0169-5347\(00\)01853-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-5347(00)01853-X)
- SILVA, S.R., SILVA, A.P., MUNHOZ, C.B., SILVA JÚNIOR, M.C. & MEDEIROS, M.B. 2001. Guia de Plantas do Cerrado Utilizadas na Chapada dos Veadeiros. WWF-Brasil, Brasília.
- SOUZA, I.F. 2003. Diversidade Alfa e Beta de Serpentes (Reptilia: Squamata) na Área sob Influência do Reservatório da UHE Cana Brava, Goiás. Dissertação de Mestrado, Universidade Católica de Goiás, Goiânia.
- STRUSSMANN, C. & SAZIMA, I. 1993. The snake assemblage of the Pantanal at Poconé, western Brazil: Faunal composition and ecological summary. *Stud. Neotrop. Fauna Environ.* 28(3):157-168. <http://dx.doi.org/10.1080/01650529309360900>
- SUTHERLAND, W.J. 2006. *Ecological Census Techniques*. 2nd ed. Cambridge University Press, Cambridge. <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511790508>
- VANZOLINI, P.E. 1948. Notas sobre os ofídios e lagartos da Cachoeira de Emas, no Município de Pirassununga, Estado de São Paulo. *Rev. Bras. Biol.* 8(3):377-400. PMID:18891743.
- VITT, L.J. & VANGILDER, L.D. 1983. Ecology of a snake community in Northeastern Brazil. *Amphibia-Reptilia* (4):273-296. <http://dx.doi.org/10.1163/156853883X00148>
- WINCK, G.R., SANTOS, T.G. & CECHIN, S.Z. 2007. Snake assemblage in a disturbed grassland environment in Rio Grande do Sul State, southern Brazil: population fluctuations of *Liophis poecilogyrus* and *Pseudablables agassizii*. *Ann. Zool. Fennici.* 44:321-332.
- WHITTAKER, R.H. 1970. *Communities and Ecosystems*. Macmillan, Toronto.
- YANOSKY, A.A., DIXON, J.R. & MERCOLLI, C. 1996. Ecology of the snake community at el Bagual Ecological Reserve, Northeastern Argentina. *Herpetol. Nat. Hist.* 4(2):97-110.

Received 12/04/2012

Revised 25/07/2012

Accepted 28/01/2013



## Appendix

**Appendix 1.** Snake species collected at the Chapada dos Veadeiros National Park, state of Goiás, Brazil and housed in the Coleção Herpetológica da Universidade de Brasília (CHUNB).

Anomalepididae: *Liotyphlops ternetzii* (CHUNB 59180-59181, 59559); Boidae: *Boa constrictor* (CHUNB 59520); *Epicrates crassus* (CHUNB 59571-59573); Colubridae: *Chironius exoletus* (CHUNB 09583); *Chironius flavolineatus* (CHUNB 03755, 12426, 19699, 59125, 59555-59558); *Chironius quadricarinatus* (CHUNB 20327, 20330); *Drymarchon corais* (CHUNB 03811, 20404); *Drymoluber brazili* (CHUNB 03839); *Mastigodryas bifossatus* (CHUNB 59517); *Oxybelis aeneus* (CHUNB 59560-59561); *Spilotes pullatus* (CHUNB 20396); *Tantilla melanocephala* (CHUNB 59154-59484); Dipsadidae: *Apostolepis ammodites* (CHUNB 59155, 59483); *Boiruna maculata* (CHUNB 20375); *Helicops angulatus* (CHUNB 20355); *Leptodeira annulata* (CHUNB 59123); *Liophis almadensis* (CHUNB 59143-59145); *Liophis maryellenae* (CHUNB 17591-17592); *Liophis poecilogyrus* (CHUNB 59139-59141); *Lygophis meridionalis* (CHUNB 59135-59138); *Oxyrhopus guibei* (CHUNB 59161-59167); *Oxyrhopus rhombifer* (CHUNB 59156-59160); *Oxyrhopus trigeminus* (CHUNB 59168-59179); *Philodryas agassizii* (CHUNB 59124, 59576-59577); *Philodryas aestivus* (CHUNB 59126-59127); *Philodryas nattereri* (CHUNB 59119, 59522, 59578-59579); *Philodryas olfersii* (CHUNB 59133-59134); *Philodryas patagoniensis* (CHUNB 59128-59132, 59523); *Phimophis guerini* (CHUNB 59120-59121, 59482); *Pseudoboa nigra* (CHUNB 59521); *Sibynomorphus mikanii* (CHUNB 59147-59153); *Thamnodynastes hypoconia* (CHUNB 59562-59570); *Thamnodynastes* sp. (CHUNB 59574); *Xenodon merremii* (CHUNB 59122, 59575); *Xenodon nattereri* (CHUNB 59142); Leptotyphlopidae: *Trilepida fuliginosa* (CHUNB 50422); Viperidae: *Bothrops moojeni* (CHUNB 59516, 59546-59554); *Bothrops marmoratus* (CHUNB 53313, 59524-59529, 59531-59533, 59535-59542); *Bothrops pauloensis* (CHUNB 59530, 59534);

## Biodiversidade de mosquitos (Diptera: Culicidae) nos parques da cidade de São Paulo I

Antônio Ralph Medeiros-Sousa<sup>1</sup>, Walter Ceretti-Junior<sup>1</sup>, Paulo Roberto Urbinatti<sup>1</sup>,  
Delsio Natal<sup>1</sup>, Gabriela Cristina de Carvalho<sup>1</sup>, Marcia Bicudo de Paula<sup>1</sup>, Aristides Fernandes<sup>1</sup>,  
Maria Helena Silva Homem de Mello<sup>2</sup>, Rosane Correia de Oliveira<sup>2</sup>, Lilian Dias Orico<sup>3</sup>,  
Elisabeth Fernandes Bertolotti Gonçalves<sup>3</sup> & Mauro Toledo Marrelli<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Epidemiologia, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo – USP,  
CEP 01246-904, São Paulo, SP, Brasil

<sup>2</sup>Centro de Controle de Zoonoses, Coordenação de Vigilância em Saúde – COVISA, Secretaria Municipal  
da Saúde – SMS, Prefeitura do Município de São Paulo – PMSP, CEP 01221-010, São Paulo, SP, Brasil

<sup>3</sup>Departamento de Parques e Áreas Verdes, Secretaria do Verde e Meio Ambiente – SVMA, Prefeitura do  
Município de São Paulo – PMSP, CEP 04103-000, São Paulo, SP, Brasil

<sup>4</sup>Autor para correspondência: Mauro Toledo Marrelli, e-mail: mmarelli@usp.br

MEDEIROS-SOUSA, A.R., CERETTI-JUNIOR, W., URBINATTI, P.R., NATAL, D., CARVALHO, G.C.,  
PAULA, M.B., FERNANDES, A., HOMEM DE MELO, M.H.S., OLIVEIRA, R.C., ORICO, L.D., GONÇALVES,  
E.F.B. & MARRELLI, M.T. **Mosquito (Diptera: Culicidae) survey in parks of São Paulo City I.** *Biota Neotrop.*  
13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?inventory+bn03813012013>

**Abstract:** Given the scarcity of information on mosquitoes (Diptera: Culicidae) in the city of São Paulo, led the authors to propose a project to investigate this group of insects in some of the green areas, represented by municipal parks. The captures were undertaken in 35 municipal parks in the south, north and central-west of the city, between October 2010 and February 2011, during daylight. Immature forms were collected from breeding places with entomological ladles and suction pumps and adults from resting places with electric aspirators (12V battery). The identification of the specimens was undertaken in the Culicid laboratory of the Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo. In this first phase of the project, a total of 5,129 specimens distributed in 11 genera and 41 taxonomic categories were captured. *Culex (Cux) quinquefasciatus* was the most abundant species. The genus *Aedes* was represented mainly by *Ae. (Och) fluviatilis* and *Ae. (Ste) albopictus*. *Ae. (Ste) aegypti* and *Ae. (Och) scapularis* were frequent in some parks. Other genera were less abundant. Of the parks investigated, 25.7% presented more than ten groups of species, notably the Anhanguera with 26; on the other hand, 57.1% had five or fewer groups. Despite the anthropic pressure on these environments, several culicid species make use of these habitats as refuges. It is recommended that these environments be kept under constant epidemiological surveillance as some of the species collected constitute public health threats as pathogen vectors to the human population.

**Keywords:** biodiversity, culicids, mosquitoes, parks.

MEDEIROS-SOUSA, A.R., CERETTI-JUNIOR, W., URBINATTI, P.R., NATAL, D., CARVALHO, G.C.,  
PAULA, M.B., FERNANDES, A., HOMEM DE MELO, M.H.S., OLIVEIRA, R.C., ORICO, L.D., GONÇALVES,  
E.F.B. & MARRELLI, M.T. **Biodiversidade de mosquitos (Diptera: Culicidae) nos parques da cidade de São Paulo I.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?inventory+bn03813012013>

**Resumo:** Diante da escassez de informações sobre mosquitos (Diptera: Culicidae) na cidade de São Paulo, foi proposto um projeto para estudar esse grupo de insetos nas áreas verdes representadas pelos parques municipais da cidade. Foram investigados 35 desses parques distribuídos nas regiões sul, norte e centro-oeste da cidade, entre outubro de 2010 e fevereiro de 2011 em período diurno. Os imaturos foram coletados dos criadouros por meio de conchas entomológicas e bomba de sucção e os adultos foram capturados em seus abrigos por aspirador elétrico (bateria de 12V). A identificação e catalogação de espécimes foram feitas no Laboratório de Entomologia da Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo. Nesta primeira fase do projeto, coletou-se um total de 5.129 espécimes distribuídos em 11 gêneros e 41 categorias taxonômicas. *Culex (Cux.) quinquefasciatus* foi a espécie mais abundante. O gênero *Aedes* foi representado principalmente por *Ae. (Och.) fluviatilis* e *Ae. (Ste.) albopictus*. *Ae. (Ste.) aegypti* e *Ae. (Och.) scapularis* também foram frequentes em alguns parques. Os demais gêneros apresentaram-se pouco abundantes. Dos parques, 25,7% apresentaram mais de dez grupos, com destaque para o Anhanguera com 26; em contrapartida, 57,1% apresentaram cinco ou menos grupos. Apesar da pressão antrópica sobre esses ambientes, diversas espécies de culicídeos se utilizam destes habitats para a manutenção e refúgio de suas populações. É recomendado que estes ambientes estejam sob constante vigilância epidemiológica, visto que algumas das espécies coletadas possuem importância em saúde pública como vetoras de patógenos à população humana.

**Palavras-chave:** biodiversidade, culicídeos, mosquitos, parques.

## Introdução

Os mosquitos (Diptera: Culicidae) constituem grupo taxonômico de relevante biodiversidade com cerca de 3.500 espécies descritas (Stone et al. 1959, Belkin et al. 1965, Guimarães 1997, Harbach 2011), adaptadas aos mais diversos ambientes, das florestas às áreas urbanizadas, muitas delas, desempenham atividade vetora na transmissão de agentes patogênicos ao homem e a outros vertebrados (Consoli & Lourenço-de-Oliveira 1994, Forattini 2002).

Nos últimos 50 anos, as intensas modificações ocorridas no Brasil incluem a migração da população humana do ambiente rural para aglomerados urbanos. Consequentemente alterou-se também o espectro das doenças, com redução das endemias rurais e aumento da frequência de agravos das sociedades modernas como causa de morbi-mortalidade (Chaimowicz 1997). Contudo, doenças cujos agentes etiológicos são veiculados por vetores biológicos continuam sendo problemas em saúde pública em áreas urbanas. Espécies exóticas como *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Linnaeus 1762), *Ae. (Ste.) albopictus* (Skuse 1894) e *Culex (Culex) quinquefasciatus* Say 1823 devido às suas implicações epidemiológicas tem sido amplamente estudadas no Brasil. Entretanto, pouco se conhece a respeito dos culicídeos urbanos autóctones, possivelmente porque as espécies nativas registradas nas cidades não têm sido incriminadas como transmissoras de patógenos à população. Tal condição não exclui a possibilidade dessas espécies apresentarem competência e capacidade vetorial para disseminar agentes patogênicos.

A cidade de São Paulo tem atualmente população estimada em 11,2 milhões de habitantes. Ao se considerar os municípios que compõem a Grande São Paulo, sua população alcança a cifra de 20,5 milhões de habitantes (Instituto... 2010) sofrendo, portanto, o estresse ambiental próprio das maiores metrópoles do planeta. A fauna de culicídeos dessa cidade é pouco conhecida. Trabalhos pontuais, em áreas periféricas, indicam abundância relativamente elevada de mosquitos (Urbinnati et al. 2001, Taípe-Lagos & Natal 2003, Montes 2005, Laporta et al. 2006, Silvério & Urbinnati 2011). Esses registros sugerem que alguns membros desse táxon subsistiram ou adaptaram-se ao processo de urbanização nesta metrópole.

Em São Paulo há parques municipais que preservam resquícios da vegetação original, comportam lagos, servem de abrigo para aves e mamíferos e são visitados continuamente pela população como ambientes de lazer. A prefeitura dessa cidade planeja até o final da atual administração, atingir 100 parques municipais em atividade. Essas “ilhas verdes” têm condições de manter populações de algumas espécies de mosquitos ou servir de refúgio para espécies exóticas que infestam as áreas densamente habitadas da malha urbana como *Ae. aegypti*, *Ae. albopictus* e *Cx. quinquefasciatus*.

Devido à pressão cada vez mais intensa do homem sobre os ambientes naturais há um crescente risco de contato com agentes patogênicos provenientes desses meios. As arboviroses estariam entre os agravos que mais ameaçam as áreas urbanas, como ocorrido no passado com a febre amarela urbana e com a dengue no presente. Na capital Paulista, o arbovírus Ilhéus, com potencial de infectar humanos, foi isolado em área densamente habitada, representada pelo Parque Ecológico do Tietê (Pereira et al. 2001). Ressalta-se que a cidade de São Paulo está inserida na área da Mata Atlântica do Brasil, região incluída entre os 25 “hotspots” do planeta, locais que devem ser prioritariamente investigados (Myers et al. 2000).

Diante do exposto, justifica-se a realização de estudo da fauna de mosquitos associada às áreas protegidas utilizadas para lazer no interior da malha urbana da Cidade, bem como investigar aspectos ecológicos e epidemiológicos dessas populações. Para esse fim desenvolveu-se um projeto de pesquisa envolvendo as equipes: de entomologia do Departamento de Epidemiologia da Faculdade

de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (FSP/USP), do Laboratório de Fauna Sinantrópica do Centro de Controle de Zoonoses da Prefeitura Municipal de São Paulo (Labfauna/CCZ), do Departamento de Parques e Áreas Verdes-3, da Secretaria municipal do Verde e do Meio Ambiente de São Paulo (DEPAVE-3/SVMA) e do Departamento de Protozoologia do Instituto de Medicina Tropical da USP (IMT/USP). Em uma primeira etapa do estudo realizou-se um levantamento de espécies de culicídeos em 35 dos principais parques municipais, cujos resultados são apresentados no presente artigo.

## Material e Métodos

**Coletas.** Culicídeos adultos e imaturos foram coletados entre outubro de 2010 e fevereiro de 2011 em 35 parques municipais, assim distribuídos, segundo as regiões: sul (18), norte (9) e centro-oeste (8). Cada parque foi visitado uma vez pela equipe, sempre no período diurno.

As formas adultas foram coletadas por aspiração mecânica durante 20 minutos utilizando-se um aspirador a bateria de 12V (Natal & Marucci 1984). Foram feitas de uma a três aspirações por parque, dependendo das dimensões e características ambientais do local. As formas imaturas foram coletadas utilizando concha entomológica e sucção com pipeta em diferentes criadouros.

**Identificação dos espécimes.** Os Culicídeos obtidos nas coletas foram acondicionados adequadamente e transportados para o laboratório de Entomologia (LESP) da Faculdade de Saúde Pública/ Universidade de São Paulo. Neste, os imaturos foram mantidos em desenvolvimento até a fase adulta. A identificação morfológica baseou-se em Lane (1953), Consoli & Lourenço-de-Oliveira (1994) e Forattini (2002) e as abreviações dos nomes seguiram Reinert (2001).

## Resultados

No período estudado foi obtido um total de 5.129 exemplares, sendo 2.923 mosquitos adultos e 2.206 formas imaturas, totalizando 41 categorias taxonômicas distribuídas em 11 gêneros, conforme apresentado na Tabela 1.

O gênero *Culex* Linnaeus 1758, presente em todos os parques, foi o que mais contribuiu para o total de categorias taxonômicas, apresentando também as espécies com as maiores frequências: *Cx. quinquefasciatus* com 1.040 exemplares (20,28%) coletados em 27 parques, *Cx. (Cux.)* spp. com 922 exemplares (17,98%) coletados em 22 parques e *Cx. (Cux.) declarator* Dyar & Knab 1906, 808 exemplares (15,75%) coletados em 10 parques.

*Aedes* esteve presente, principalmente, com as espécies *Ae. (Ochlerotatus.) fluviatilis* Lutz 1904 (8,09%) e *Ae. albopictus* (5,85%). Ressalta-se a ocorrência de *Ae. aegypti*, com 1,95% do total coletado, sendo 4 alados e 96 imaturos em sete dos parques pesquisados; no parque Ibirapuera coletou-se o maior número de espécimes (53 imaturos e três adultos, um macho e duas fêmeas).

Os demais gêneros apresentaram baixa frequência (<1%). Quatro espécies de *Anopheles* Meigen 1818 foram identificadas: *An. (Anopheles) fluminensis* Root 1927, *An. (Nyssorhynchus) strodeii* Root 1926, *An. (Nys.) evansae* (Brèthes 1926) e *An. (Nys.) albitalaris* Lynch Arribalzaga 1878. Os demais gêneros representados foram: *Toxorhynchites* Theobald (3 espécies), *Psorophora* Robineu-Desvoidy (2), *Mansonia* Blanchard (2), *Limatus* Theobald 1901, *Uranotaenia* Lynch Arribalzaga, *Wyeomyia* Theobald, *Trichoprosopon* Theobald 1901 e *Lutzia* Theobald 1903 (um táxon cada).

Dentre os parques que apresentaram maior riqueza destaca-se o Anhanguera com 26 categorias taxonômicas, seguido de Castelo, Ibirapuera e Shangrilá com 16, 15 e 14 respectivamente. 25,7% dos parques apresentaram mais de dez grupos; em contrapartida, 57,1% apresentaram cinco ou menos grupos. A maior quantidade

## Biodiversidade de mosquitos em São Paulo

**Tabela 1.** Distribuição de categorias taxonômicas de culicídeos adultos e imaturos, coletados em 35 parques municipais de São Paulo, no período de outubro de 2010 a fevereiro de 2011.**Table 1.** Distribution of taxonomic categories of adult and immature culicids collected in 35 municipal parks in São Paulo, between October 2010 and February 2011.

<b>Categoria Taxonômica</b>	<b>Parques</b>	<b>Adultos</b>	<b>Imaturos</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
<i>Cx. (Cux.) quinquefasciatus</i>	BM, SG, NB, LP, GU, SJ, BA, CS, GN, SH, MM, IB, RG, DO, JF, RM, AN, PV, JA, VB, RA, RT, SF, EC, BU, LZ e NJ	399	641	<b>1040</b>	20,28
<i>Cx. (Cux.)</i> spp.	BM, SG, CO, NB, GU, JH, SJ, CS, GN, SH, SD, MM, IB, RG, JF, RM, AN, PV, RT, SV, LZ e CT	900	22	<b>922</b>	17,98
<i>Cx. (Cux.) declarator</i>	GU, JH, SJ, GN, SH, SD, MM, IB, RM e AN	804	4	<b>808</b>	15,75
<i>Ae. (Och.) fluviatilis</i>	BM, SG, CO, NB, LP, GU, GN, SH, SD, MM, IB, RG, JF, PV, CP, RT, SF, EC, AN, SV e NJ	121	294	<b>415</b>	8,09
<i>Cx. (Cux.) bidens</i>	SJ, CS, NJ, GN, CT, NB, SH, MM, IB, RM, AN, SF e LZ	245	71	<b>316</b>	6,16
<i>Ae. (Ste.) albopictus</i>	NB, SJ, CS, GN, SH, SD, MM, IB, VB, PV, CP, RT, SF, EC, AN, SV e NJ	36	264	<b>300</b>	5,85
<i>Cx. (Cux.) dolosus</i>	BM, CS e CT		296	<b>296</b>	5,77
<i>Ae. (Och.) scapularis</i>	GU, SJ, CS, NJ, GN, SH, SD, IB, AN, SV e LF	141	5	<b>146</b>	2,85
<i>Cx. (Cux.) nigripalpus</i>	SG, GU, SJ, CS, NJ, GN, SH, SD, MM, IB, RG, NA e SV	137	5	<b>142</b>	2,77
<i>Cx. (Cux.)</i> grupo Coronator	IB, AN, CS, NJ, GN, SH, MM, SV e LF	15	125	<b>140</b>	2,73
<i>Cx. (Cux.) chidesterei</i>	NB, LP, JH, SJ, CS, GN, SH, SD, MM, IB, CT e JC	58	73	<b>131</b>	2,55
<i>Ae. (Ste.) aegypti</i>	IB, JF, SG, SD, RG, NA e LZ	4	96	<b>100</b>	1,95
<i>Cx. (Cux.) brami</i>	AN, CP e RA		100	<b>100</b>	1,95
<i>Cx. (Cux.) eduardoi</i>	JH, CS, MM e AN		47	<b>47</b>	0,92
<i>Cx. (Mcx.)</i> grupo Imitator	SJ, BA, SD e SF	6	32	<b>38</b>	0,74
<i>Cx. (Cux.) coronator</i>	SG, NJ, IB, NA e LZ	3	16	<b>19</b>	0,37
<i>Tx.</i> spp.	NB, GU, SD, IB, e SF		19	<b>19</b>	0,37
<i>An. (Ano.) fluminensis</i>	AN		16	<b>16</b>	0,31
<i>Cx. (Mel.) maxinocca</i> (próximo)	AN e SV		15	<b>15</b>	0,29
<i>Li. durhami</i>	JH, SH, MM, AN e BM	7	7	<b>14</b>	0,27
<i>Ps. (Jan.) ferox</i>	AN	11		<b>11</b>	0,21
<i>Cx. (Cux.) dolosus/eduardoi</i>	BM, SJ, SH, IB, SF e AN	11		<b>11</b>	0,21
<i>Wy. (Pho.) galvaoi</i>	GU e SD		11	<b>11</b>	0,21
<i>An. (Nys.) strodei</i>	CS, AN e GN	2	8	<b>10</b>	0,19
<i>Cx. (Cux.) lygrus</i>	NB, SH, SD, AN, SV e SJ	8	1	<b>9</b>	0,18
<i>Ur. Nataliae</i>	JC e CT		8	<b>8</b>	0,16
<i>Cx. (Mel.)</i> seção Melanoconion spp.	BA, AN e CS	2	5	<b>7</b>	0,14
<i>Tr. Pallidiventer</i>	SF e SV		7	<b>7</b>	0,14
<i>An. (Nys.) evansae</i>	AN, CS e SV	1	5	<b>6</b>	0,12
<i>Ma. (Man.) titillans</i>	CS e MM	6		<b>6</b>	0,12
<i>Cx. (Mel.) vaxus</i>	SV		4	<b>4</b>	0,08
<i>Cx. (Mel.) inadimirabilis</i>	LF		2	<b>2</b>	0,04
<i>Cx. (Phe.) corniger</i>	SH e MM	1	1	<b>2</b>	0,04
<i>Lu. bigoti</i>	AN		2	<b>2</b>	0,04
<i>Tx. haemorrhoidalis</i>	SG		2	<b>2</b>	0,04
<i>An. (Nys.) albitarsis</i>	AN		1	<b>1</b>	0,02
<i>Cx. (Mcx.) imitator imitator</i>	SD	1		<b>1</b>	0,02
<i>Cx. (Mel.) intricatus</i>	AN		1	<b>1</b>	0,02
<i>Cx. (Mel.)</i> seção Spisseps sp.	AN	1		<b>1</b>	0,02
<i>Ma. (Man.) humeralis</i>	CS	1		<b>1</b>	0,02
<i>Ps. Discrucians</i>	CS	1		<b>1</b>	0,02
<i>Tx. bambusicolus</i> (próximo)	IB	1		<b>1</b>	0,02
<b>Total</b>		<b>2923</b>	<b>2206</b>	<b>5129</b>	<b>100,00</b>

Anhanguera (AN), Barragem (BA), Burle Marx (BM), Buenos Aires (BU), Castelo (CS), Cordeiro (CO), Luis Carlos Prestes (CP), Cidade Toronto (CT), São Domingos (DO), Eucaliptos (EC), Guanhembú (GN), Guarapiranga (GU), Ibirapuera (IB), Jacinto Alberto (JA), Jacques Cousteau (JC), Jardim Felicidade (JF), Jardim Herculano (JH), Linear do Fogo (LF), Lina e Paula Raia (LP), Luz (LZ), M'boi Mirim (MM), Nabuco (NB), Nove de Julho (NJ), Previdência (PV), Cohab Raposo Tavares (RA), Rodrigo de Gasperi (RG), Vila dos Remédios (RM), Raposo Tavares (RT), Santo Dias (SD), Colina de São Francisco (SF), Severo Gomes (SG), Shangrilá (SH), São José (SJ), Senhor do Vale (SV), Orlando Villas Boas (VB), % (abundância relativa).



de mosquitos adultos foi coletada no parque Guanembú, com 790 espécimes representados principalmente por *Cx. (Cux.) spp.* (350) e *Cx. declarator* (298). O parque Ibirapuera apresentou o maior número de imaturos, com 536 exemplares, predominando *Cx. quinquefasciatus* (193 espécimes), *Ae. albopictus* (144) e *Ae. fluviatilis* (139).

## Discussão

Levantamentos anteriores em diferentes pontos da cidade de São Paulo já registram a presença de táxons em comum com o presente trabalho, tais como: *Ae. scapularis*, *Ae. albopictus*, *Cx. (Cux.) chidesteri* Dyar 1921, *Cx. declarator*, *Cx. (Cux.) nigripalpus* Theobald 1901, dentre outros (Forattini et al. 1973, Urbinatti et al. 2001, Taípe-Lagos & Natal 2003, Montes 2005, Laporta et al. 2006, Silvério & Urbinatti 2011).

Com exceção do trabalho de Montes (2005) no Parque Ecológico da Cantareira, os demais mostram marcante presença de *Cx. quinquefasciatus*, espécie normalmente associada a coleções de água estagnada com forte carga orgânica. O papel desta espécie como vetor primário da filariose bancroftiana em algumas regiões do Brasil, aliado ao seu potencial para veiculação de arbovírus e incomodo causado à população humana, em razão do seu comportamento antropofílico e de seus altos índices de abundância (Consoli & Lourenço-de-Oliveira 1994, Forattini 2002, Natal & Ueno 2004) fazem dela uma das mais importantes do ponto de vista epidemiológico nas cidades. Ressalta-se a ampla presença desta nos parques municipais pesquisados.

O mosquito *Aedes aegypti*, importante vetor do dengue e febre amarela urbana no Brasil, esteve ausente nos estudos anteriores em outros parques paulistanos. Apesar de esta espécie possuir uma forte associação com o ambiente domiciliar, sua presença em sete parques indica que ambientes deste tipo, totalmente inseridos na mancha urbana, não estão livres da presença deste vetor, associado provavelmente às áreas com maior concentração de funcionários e visitantes. Por outro lado, a espécie *Ae. fluviatilis* foi o mosquito mais frequente do gênero. Em laboratório, esta espécie é capaz de infectar-se com alguns agentes patogênicos, dentre eles o vírus da febre amarela (Consoli & Lourenço-de-Oliveira 1994). Também em ensaios laboratoriais, *Ae. albopictus*, mostrou-se capaz de transmitir pelo menos 22 arbovírus, incluindo febre amarela e dengue, sendo vetor natural desta na Ásia (Gratz 2004). O aparecimento dessas espécies em vários parques pesquisados e em diferentes regiões da cidade ressalta a ampla distribuição e adaptabilidade destas aos mais variados ambientes antropizados.

Dentre os anofelinos encontrados, *Na. albitarsis* é o que possui maior importância epidemiológica. Este mosquito, amplamente distribuído no Brasil, é considerado vetor secundário do plasmódio da malária humana, sendo, porém, encarado como único transmissor em algumas localidades do País (Consoli & Lourenço-de-Oliveira 1994). As outras espécies do gênero amostradas na pesquisa possuem menor importância na epidemiologia da malária, mas podem ser consideradas vetoras secundárias. Trabalhos anteriores dentro da cidade não constataram a presença de *An. fluminensis*. Imaturos desta espécie foram encontrados no parque Anhanguera.

Outras espécies de importância em saúde pública como *Cx. nigripalpus* e *Ae. (Och.) scapularis* (Rondani 1848), incriminadas na transmissão de arbovírus (Forattini et al. 1995, Rey et al. 2006), mesmo apresentando abundância relativa moderada (Tabela 1), mostram-se bem distribuídas entre parques de diferentes regiões. Alguns dos culicídeos coletados no presente trabalho apresentam comportamento predatório em sua fase larval, este é o caso de espécies do gênero *Toxorhynchites*. As formas adultas deste gênero não possuem hábitos hematófagos, sendo, portanto desprovidas de

importância epidemiológica. Devido estas características suas formas imaturas vêm sendo estudadas para aplicação no controle biológico de espécies como *Ae. aegypti* e *Cx. quinquefasciatus*. Imaturos de *Lutzia bigoti* Bellardi 1862 também apresentam comportamento predatório e, assim como os *Toxorhynchites*, também controlam a população larval de outros culicídeos em seus criadouros. Sabetíneos como *Limatus durhami* Theobald 1901 são considerados predadores não obrigatórios, isto é, na ausência de alimento ou encontro casual com a presa. Apesar da atividade predatória que exercem em seus criadouros, fêmeas adultas de *Lz. bigoti* e *Li. durhami* são hematófagas e, portanto, não são espécies consideradas para estudos de aplicação em controle biológico (Lopes 1999, Forattini 2002).

Diante da pressão antrópica sobre os ambientes pesquisados, nota-se a presença de diversas espécies de culicídeos que se utilizam desses habitats como refúgios para manutenção de suas populações. Keesing et al. (2010) apontam que locais com perda de biodiversidade podem afetar a dinâmica de transmissão de doenças infecciosas. A manutenção e ampliação dessas ilhas verdes inseridas na mancha urbana se fazem necessárias à melhoria da qualidade de vida da população paulistana e preservação da biodiversidade de espécies, inclusive as de mosquitos nativos. Inserida em um ecossistema natural, determinada população de mosquito mantém-se controlada por diversas pressões seletivas. Uma vez alterado seu ambiente esta pode desaparecer ou beneficiar-se das novas condições a que esta submetida e tornar-se mais abundante na ausência de fatores limitantes (ex. predadores e competição), passando a atuar como fator de incomodo à população humana, ou ainda, tornar-se competente para a transmissão de patógenos. Observada esta última possibilidade e considerado o estresse ambiental característico de metrópoles como São Paulo, reforça-se a importância da aplicação de programas voltados à vigilância: de vetores, de arbovírus e de animais vertebrados reservatórios.

Estudos sistemáticos de diversidade e arbovírus associados aos mosquitos serão desenvolvidos em parques selecionados nas próximas etapas do projeto, gerando informações que contribuam para o conhecimento sobre aspectos ecológicos, genéticos e epidemiológicos de culicídeos que habitam as “manchas verdes” da cidade de São Paulo.

## Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Projeto BIOTA 2010/51230-8) pelo financiamento e a todos os membros do Departamento de Epidemiologia da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, do Departamento de Parques e Áreas Verdes-3, da Secretaria municipal do Verde e do Meio Ambiente de São Paulo e do Centro de Controle de Zoonoses da Prefeitura Municipal de São Paulo, que contribuíram nas coletas e identificação dos espécimes.

## Referências Bibliográficas

- BELKIN, J.N., SCHICK, R.X. & HEINEMANN, S.J. 1965. Mosquito studies (Diptera: Culicidae). V. Mosquitoes originally described from Middle America. Cont. Am. Entomol. Inst. 1:1-95.
- CHAIMOWICZ, F. 1997. Health of Brazilian elderly just before of the 21<sup>st</sup> century: current problems, forecasts and alternatives. Rev. Saúde Pública 31:184-200. PMID:9497568.
- CONSOLI, R.A.G.B. & LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, R. 1994. Principais mosquitos de importância sanitária do Brasil. Editora FIOCRUZ, Rio de Janeiro.
- FORATTINI, O.P., ISHIATA, G.K., RABELLO, E.X. & COTRIM, M.D. 1973. Observações sobre os mosquitos *Culex* da cidade de São Paulo, Brasil. Rev. Saúde Pública 7:315-30. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-89101973000400001>

- FORATTINI, O.P., KAKITANI, I., MASSAD, E. & MARUCCI, D. 1995. Studies on mosquitoes (Diptera: Culicidae) and anthropic environment: 9-Synanthropy and epidemiological vector role of *Aedes scapularis* in South-Eastern Brazil. *Rev. Saúde Pública* 29:199-207. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-89101995000300007>
- FORATTINI, O.P. 2002. *Culicidologia Médica*. EdUSP, São Paulo, v.2, 860p.
- GRATZ, N.G. 2004. Critical review of the vector status of *Aedes albopictus*. *Med. Vet. Entomol.* 18:215-227. <http://dx.doi.org/10.1111/j.0269-283X.2004.00513.x>
- GUIMARÃES, J.H. 1997. Systematic database of Diptera of the America South of the United States, family Culicidae. Plêiade/Fapesp, São Paulo, 286p.
- HARBACH, RE. 2011. Mosquito Taxonomic Inventory. <http://mosquito-taxonomic-inventory.info/family-culicidae-meigen-1818> (último acesso em 16/02/2012).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. 2010. Cidades@ São Paulo. <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?uf=sp> (último acesso em 25/11/2011).
- KEESING, F., BELDEN, L.K., DASZAK, P., DOBSON, A., HARVELL, C.D., HOLT, R.D., HUDSON, P., JOLLES, A., JONES, K.E., MITCHELL, C.E., MYERS, S.S., BOGICH, T. & OSTFELD, R.S. 2010. Impacts of biodiversity on the emergence and transmission of infectious diseases. *Nature* 468:647-652. <http://dx.doi.org/10.1038/nature09575>
- LANE, J. 1953. Neotropical Culicidae. Ed. Universidade de São Paulo, São Paulo, v.2.
- LAPORTA, G.Z., URBINATTI, P.R. & NATAL, D. 2006. Aspectos ecológicos da população de *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera, Culicidae) em abrigos situados no Parque Ecológico do Tietê, São Paulo, SP. *Rev. Bras. Entomol.* 50:125-127. <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262006000100019>
- LOPES, J. 1999. Ecologia de mosquitos (Diptera, Culicidae) em criadouros naturais e artificiais de área rural do norte do Paraná, Brasil. VIII. Influência das larvas predadoras (*Toxorhynchites* sp., *Limatus durhamii* e *Culex bigoti*) sobre a população de larvas de *Culex quinquefasciatus* e *Culex eduardoi*. *Rev. Bras. Zool.* 16:821-826. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81751999000300018>
- MONTES, J. 2005. Fauna de Culicidae da Serra da Cantareira, São Paulo, Brasil. *Rev. Saúde Pública* 39:578-84. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-89102005000400010>
- MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., FONSECA, G.A.B. & KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-58. <http://dx.doi.org/10.1038/35002501>
- NATAL, D. & MARUCCI, D. 1984. Aparelho de sucção tipo aspirador para captura de mosquitos. *Rev. Saúde Pública* 18:418-420. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-89101984000500013>
- NATAL, D. & UENO, H.M. 2004. Vírus do Nilo Ocidental: características da transmissão e implicações vetorais. *Entomol. Vect.* 11:417-33.
- PEREIRA, L.E., SUSUKI, A., COIMBRA, T.L.M., SOUZA, R.P. & CHAMELET, E.L.B. 2001. Arbovírus Ilheus em aves silvestres (*Sporophila caerulescense* e *Molothrus bonariensis*). *Rev. Saúde Pública* 35:119-123. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-89102001000200003>
- REINERT, J.F. 2001. Revised list of abbreviations for genera and subgenera of Culicidae (Diptera) and notes on generic and subgeneric changes. *J. Am. Mosq. Control. Assoc.* 17:51-55.
- REY, J.R., NISHIMURA, N., WAGNER, B., BRAKS, M.A.H., O'CONNELL, S.M. & LOUNIBOS, P.L. 2006. Habitat segregation of mosquito arbovirus vector in South Florida. *J. Med. Entomol.* 43:1134-1141. [http://dx.doi.org/10.1603/0022-2585\(2006\)43\[1134:HSOMAV\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1603/0022-2585(2006)43[1134:HSOMAV]2.0.CO;2)
- SILVÉRIO, E.C. & URBINATTI, P.R. 2011. Presença de mosquitos (Diptera: Culicidae) em piscinões na zona leste de São Paulo. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.* 44:504-507. <http://dx.doi.org/10.1590/S0037-86822011000400020>
- STONE, A., KNIGHT, K.L. & STARCKE, H. 1959. A synoptic catalog of the mosquitoes of the world (Diptera: Culicidae). *The Thomas Say Foundation, Entomol. Soc. Amer.* 6:1-358.
- TAIPE-LAGOS, C.B. & NATAL, D. 2003. Abundância de culicídeos em área metropolitana preservada e suas implicações epidemiológicas. *Rev. Saúde Pública* 37:275-279.
- URBINATTI, P.R., SENDACZ, S. & NATAL, D. 2001. Imaturos de mosquitos (Diptera: Culicidae) em parque de área metropolitana aberto à visitação pública. *Rev. Saúde Pública* 35:461-466. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-89102001000500009>

Recebido em 24/05/2012

Versão reformulada recebida em 23/07/2012

Publicado em 20/03/2013

## Confidencialidade e sigilo profissional em estudos sobre caça

Luciano Martins Verdade<sup>1,3</sup> & Cristiana Simão Seixas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Ecologia Isotópica, Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA,  
Universidade de São Paulo – USP, CP 96, CEP 13416-000, Piracicaba, SP, Brasil

<sup>2</sup>Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais – NEPAM, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP,  
Campinas, SP, Brasil

<sup>3</sup>Autor para correspondência: Luciano Martins Verdade, e-mail: [lmverdade@usp.br](mailto:lmverdade@usp.br)

VERDADE, L.M. & SEIXAS, C.S. **Confidentiality and professional secrecy in studies about hunting.** Biota Neotrop. 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?point-of-view+bn00113012013>

**Abstract:** In Brazil information about illegal hunting activities is rarely pursued because of a lack of legal mechanisms of confidentiality and professional secrecy that would assure legal rights to the researcher. Without such mechanisms, data collection on illegal hunting can be considered a felony or compliancy where the researcher can suffer the same legal penalties as the illegal hunters themselves. Such procedure is questionable on philosophical, legal and technical grounds. The biological sustainability of hunting – legal or illegal – can only be evaluated by research involving data collection. In order to solve this problem, biologists should have legal rights concerning confidentiality and professional secrecy in research on illegal hunting in Brazil. Lawyers, medical doctors and social scientists already have such legal protection in analogous situations.

**Keywords:** *ethics in research, legal rights, hunting pressure, biologists, illegal hunting.*

VERDADE, L.M. & SEIXAS, C.S. **Confidencialidade e sigilo profissional em estudos sobre caça.** Biota Neotrop. 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?point-of-view+bn00113012013>

**Resumo:** No Brasil informações sobre atividades ligadas à caça ilegal dificilmente são levantadas em função da falta de um mecanismo legal de confidencialidade e sigilo profissional que assegure ao pesquisador os princípios do direito. Sem isso, tal coleta de dados é passível de ser considerada crime ou cumplicidade criminosa, podendo o pesquisador sofrer as mesmas penalidades legais que os próprios caçadores. Este procedimento é questionável do ponto de vista filosófico, legal e técnico. A sustentabilidade biológica da caça, legal ou ilegal, só poderá ser avaliada por meio de pesquisas sobre o tema, envolvendo coleta de dados. A fim de mudar tal cenário, é necessário que biólogos tenham o direito ao sigilo profissional e à confidencialidade em pesquisas sobre a caça no Brasil. Advogados, médicos e sociólogos já contam com tais precedentes legais em situações análogas.

**Palavras-chave:** *ética na pesquisa, direito, pressão de caça, biólogos, caça ilegal.*

A caça foi atividade legal e regulamentada no Brasil entre 1934 e 1967 [Código de Caça e Pesca (1934); Código da Caça (1943)]. A partir de 1967, a Lei de Proteção à Fauna (Lei 5.197), proibiu a caça com finalidade profissional, regulamentou a caça esportiva, mas não considerou a caça de subsistência. As infrações a esta Lei eram consideradas contravenções penais, delitos mais brandos, puníveis com multas e prisão de até um ano para réus não primários. Em 1988, a caça tornou-se um *crime inafiançável* com a Lei Federal nº 7653/88. Somente 10 anos depois, a Lei de Crimes Ambientais (Lei 9.605/1998) descriminalizou o abate de animais silvestres para saciar a fome do agente ou de sua família, legalizando assim a caça de subsistência. Entretanto, ela não estabeleceu mecanismos de controle para essa atividade (Wallauer 2003).

A caça de subsistência é atividade praticada em todas as regiões do país, principalmente, mas não exclusivamente, por populações indígenas e as chamadas populações tradicionais. O uso sustentável da fauna silvestre por populações tradicionais ocorre há gerações em muitas regiões do planeta, por meio de regras de uso e acesso aos recursos, baseadas no conhecimento ecológico local (Johannes 2002, Berkes 2009).

O conhecimento ecológico que caçadores experientes possuem sobre a história natural dos animais caçados pode ser de grande valia para o manejo e conservação da fauna silvestre, bem como para complementar o conhecimento científico sobre essa fauna (Berkes 1999, Berkes et al. 2000, Huntington 2000). Ademais, dados quantitativos sobre caça podem fornecer informações valiosas sobre padrões históricos de distribuição geográfica e abundância da fauna silvestre, além da estrutura trófica de uma comunidade, da demografia de espécies cinegéticas e, obviamente, da própria pressão de caça (Caughley 1977, Caughley & Sinclair 1994, Cullen Junior et al. 2000, Sinclair et al. 2006).

No Brasil, informações provenientes de caçadores, dificilmente são levantadas em função da falta de um mecanismo legal de confidencialidade e sigilo profissional que assegure ao processo os princípios do direito. Sem isso, tal coleta de dados é passível de ser considerada crime ou cumplicidade criminoso (Machado 2010), podendo o pesquisador sofrer as mesmas penalidades legais que os próprios caçadores. Este procedimento é questionável sob pontos de vista filosófico, legal e técnico.

Do ponto de vista filosófico, tal procedimento levanta questões ligadas à ética aplicada (Haldane 2007) e à ética ambiental (Rolston 2007). O levantamento de dados ecológicos e etnoecológicos (i.e., conhecimento ecológico local) relativos à atividade da caça ilegal implica apenas em sua avaliação, enquanto processo antrópico que pode afetar a biodiversidade, e não no processo em si ou em seu estímulo ou convivência com atividade ilícita. São paralelos a isto, por exemplo, a ação do médico que trabalha com pacientes que consomem narcóticos, do sociólogo que trabalha com violência doméstica ou o advogado que defende um réu.

Do ponto de vista legal, nas circunstâncias acima, o médico é respaldado pelo Código de Ética Médica (Conselho... 2009), o sociólogo é respaldado pelo Código de Ética do Sociólogo (Carvalho & Prá 1997) e o advogado é respaldado pelo Código de Ética e Disciplina da Ordem dos Advogados do Brasil (Batochio & Carvalhosa 1995). O biólogo que levanta dados sobre caça deveria, da mesma forma, ser amparado pelo Código de Ética do Profissional Biólogo (Conselho... 2011). Para isto, o Conselho Federal de Biologia deveria inserir em seu código de ética um artigo sobre o tema. Projetos de pesquisa sobre caça teriam que passar pela comissão de ética das instituições a que pertençam seus coordenadores, a exemplo do que já ocorre com qualquer pesquisa envolvendo manipulação de animais ou ética humana.

Do ponto de vista técnico, a caça ou coleta é uma das alternativas de manejo da vida silvestre (Leopold 1933, Caughley 1994, Thompson 1997), podendo ser biologicamente sustentável, desde que a parcela retirada da população animal não exceda sua taxa de recrutamento (Connely et al. 2005). Hoje, no Brasil, com exceção de clubes de caça na região sul e de alguns programas de manejo em Unidades de Conservação de Uso Sustentável (e.g., jacaré-açu, *Melanosuchus niger*; em Reservas de Desenvolvimento Sustentável da Amazônia, Thorbjarnarson 2010), a atividade de caça (seja legal de subsistência ou ilegal) não é manejada, podendo ter sérias consequências para a conservação das espécies caçadas e sua própria sustentabilidade. Ademais, a restrição da atividade de caça pela legislação tem levado a um abandono de práticas locais de uso e manejo da fauna silvestre por populações tradicionais, resultando na ruptura da transmissão desse conhecimento ecológico local para as novas gerações. O acesso a este conhecimento é por isso urgente e depende de estudos etnoecológicos com grupos de caçadores experientes; daí a relevância de se resguardar o direito dos pesquisadores de acessar este conhecimento e, ao mesmo tempo, garantir seu sigilo profissional.

A crítica ao excessivo conservadorismo existente no Brasil sobre o tema sugere que a proibição completa à caça seja socialmente excludente (Robinson & Redford 1991, Moulton & Sanderson 1997) e economicamente inviável por deixar de valorar a biodiversidade (Magnusson 1993, Verdade 2004, Mourão et al. 2006). De qualquer forma, a sustentabilidade biológica da caça, legal ou ilegal, só poderá ser avaliada por meio de pesquisas sobre o tema. Para isto é necessário que biólogos tenham o direito ao sigilo profissional e à confidencialidade em pesquisas sobre a caça no Brasil.

## Referências Bibliográficas

- BATOCHIO, J.R. & CARVALHOSA, M. 1995. Código de Ética e Disciplina da OAB. 11p. [http://www.eticaempresarial.com.br/imagens\\_arquivos/artigos/File/Eticaenegocios/CodEticaDisciplina%20OAB.pdf](http://www.eticaempresarial.com.br/imagens_arquivos/artigos/File/Eticaenegocios/CodEticaDisciplina%20OAB.pdf). (último acesso em 20/01/2011).
- BERKES, F. 1999. Sacred Ecology: Traditional Ecological Knowledge and Resource Management. Taylor and Francis. Philadelphia and London, 209p.
- BERKES, F. 2009. Community conserved areas: policy issues in historic and contemporary context. *Conserv Lett.* 2(1):19-24.
- BERKES, F.; COLDING, J. & FOLKE, C. 2000. Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. *Ecol. Appl.* 10(5):1251-1262. [http://dx.doi.org/10.1890/1051-0761\(2000\)010\[1251:ROTEKA\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1890/1051-0761(2000)010[1251:ROTEKA]2.0.CO;2)
- CARVALHO, L.M.G.X. & PRÁ, A. 1997. Código de Ética do Sociólogo. 7p. [http://www.dhnet.org.br/direitos/codetica/codetica\\_brasil/sociolg.html](http://www.dhnet.org.br/direitos/codetica/codetica_brasil/sociolg.html). (último acesso em 20/01/2011).
- CAUGHLEY, G. 1977. Analysis of vertebrate Populations. John Wiley & Sons, New York, 234p.
- CAUGHLEY G. 1994. Directions in conservation biology. *J. Anim. Ecol.* 63:215-44. <http://dx.doi.org/10.2307/5542>
- CAUGHLEY, G. & SINCLAIR, A.R.E. 1994. Wildlife ecology and management. Blackwell, Boston, 334p. PMID:8088727.
- CONNELY, J.W., GAMMONLEY, J.H. & PEEK, J.M. 2005. Harvest management. In *Techniques for Wildlife Investigations and Management* (C.E. Braun, ed.). 6th ed. The Wildlife Society, Bethesda, Maryland, p.658-690.
- CONSELHO FEDERAL DE BIOLOGIA – CFBio. 2011. Código de Ética do Profissional Biólogo. 9 p. [http://www.cfbio.gov.br/conteudo.php?pagina=Codigo\\_de\\_Etica](http://www.cfbio.gov.br/conteudo.php?pagina=Codigo_de_Etica). (último acesso em 20/01/2011).



- CONSELHO REGIONAL DE MEDICINA DO ESTADO DE SÃO PAULO – CRM/SP. 2009. Código de Ética Médica: Código de Processo Ético Profissional, Conselhos de Medicina, Direitos dos Pacientes. Conselho Regional de Medicina do Estado de São Paulo, São Paulo, 96 p.
- CULLEN JUNIOR, L.; BODMER, R.E. & PÁDUA, C.V. 2000. Effects of hunting in habitat fragments of the Atlantic forests, Brazil. *Biol. Conserv.* 95:49-56. [http://dx.doi.org/10.1016/S0006-3207\(00\)00011-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0006-3207(00)00011-2)
- HALDANE, J. 2007. Ética aplicada. In *Compêndio de Filosofia* (N. Bunnin & Tsui-James E.P., org.). Edições Loyola, São Paulo, p.529-538.
- HUNTINGTON, H.P. 2000. Using Traditional Ecological Knowledge in Science: Methods and applications. *Ecol. Appl.* 10 (5):1270-1274. [http://dx.doi.org/10.1890/1051-0761\(2000\)010\[1270:UTEKIS\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1890/1051-0761(2000)010[1270:UTEKIS]2.0.CO;2)
- JOHANNES, R.E. 2002. The renaissance of community-based marine resource management in Oceania. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 33:317-340 <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.33.010802.150524>
- LEOPOLD, A. 1933. *Game Management*. The University of Wisconsin Press, Madison, Wisconsin, 481p.
- MACHADO, P.A.L. 2010. *Direito Ambiental Brasileiro*. 18. ed. Malheiros Editores, São Paulo, 1177p.
- MAGNUSSON, W.E. 1993. Manejo de vida silvestre na Amazônia. In: *Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia* (E.J.G. Ferreira, G.M. Santos & L.M. Leão, eds.). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, v.2, p.313-318.
- MOULTON, M.P. & SANDERSON, J. 1997. *Wildlife Issues in a Changing World*. St. Lucie Press. Delray Beach, Florida, 352p.
- MOURÃO, G, RIBAS, C. & MAGNUSSON, W. 2006. Manejo de fauna silvestre no Brasil. In: *Biologia da Conservação: Essências*. (C.F.D.Rocha, H.G. Bergallo, M. Van Sluys & M.A.S. Alves, eds.). RiMa Editora, São Carlos, p.459-477.
- ROBINSON, J.G. & REDFORD, K.H. 1991. The use and conservation of wildlife. In *Neotropical Wildlife Use and Conservation* (J.G. Robinson, & K.H. Redford, eds.). The University of Chicago Press, Chicago, p.3-5. PMID:1989435.
- ROLSTON III, H. 2007. Ética ambiental. In *Compêndio de Filosofia*. (N. Bunnin, & E.P. Tsui-James, org.). Edições Loyola, São Paulo, p.557-571.
- SINCLAIR, A.R.E., FRYXELL, J.M. & CAUGHLEY, G. 2006. *Wildlife Ecology and Management*. 2nd ed. Blackwell Scientific Publications, Malden, 469p.
- THOMPSON, E.P. 1997. *Senhores & Caçadores*. Editora Paz e terra, São Paulo, 432p.
- THORBJARNARSON, J.B. 2010. Black Caiman *Melanosuchus niger*. In *Crocodyles. Status Survey and Conservation Action Plan* (S.C. Manolis & Stevenson C., eds.). 3rd ed. Crocodile Specialist Group, SSC, IUCN, Darwin, Australia, p.29-39.
- VERDADE, L.M. 2004. A exploração da fauna silvestre no Brasil: jacarés, sistemas e recursos humanos. *Biota Neotrop.* 4(2):1-12.
- WALLAUER, J.P. 2003. *Geografia da Gestão de Fauna no Brasil: em busca de alternativas*. Tese de doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. PMID:12910468.

Recebido em 30/07/2012

Versão reformulada recebida em 18/09/2012

Publicado em 30/01/2013



## Community structure of aquatic insects (Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera) in Cerrado streams of Paraguay, Paraná, and São Francisco river basins

Renato de Mei Romero<sup>1,3</sup>, Mônica Ceneviva-Bastos<sup>2</sup>, Gustavo Henrique Baviera<sup>2</sup> & Lilian Casatti<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Alagoas – IFAL, Campus Marechal Deodoro, Rua Lourival Alfredo, 176, CEP 57160-000, Marechal Deodoro, AL, Brasil. [www.ifal.edu.br](http://www.ifal.edu.br)

<sup>2</sup>Departamento de Zoologia e Botânica, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas – IBILCE, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rua Cristóvão Colombo, 2265, CEP 15054-000, São José do Rio Preto, SP, Brazil. <http://www.ibilce.unesp.br/>

<sup>3</sup>Corresponding author: Renato de Mei Romero, e-mail: [romerobio@yahoo.com.br](mailto:romerobio@yahoo.com.br)

ROMERO, R.M., CENEVIVA-BASTOS, M., BAVIERA, G.H. & CASATTI, L. **Community structure of aquatic insects (Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera) in Cerrado streams of Paraguay, Paraná, and São Francisco river basins.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?article+bn02213012013>

**Abstract:** We evaluated qualitatively and quantitatively the community structure of aquatic insects (Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera) in 19 streams in areas of Cerrado in the Paraguay, Paraná, and São Francisco river basins. The number of genera and taxonomic composition were compared at spatial (at the hydrographic basins level) and conservation levels (more preserved and less preserved areas). The influence of spatial and environmental factors in richness and abundance was also evaluated. The geographical distribution of *Grumicha*, *Coryphorus*, and *Austrotinodes* was expanded. The highest Trichoptera richness was found in the São Francisco river basin ( $F = 5,602$ ,  $p = 0,004$ ) and a higher number of Ephemeroptera genera occurred in the relatively less preserved sites ( $F = 6,835$ ,  $p = 0,009$ ). The pattern of genera distribution was different among basins ( $R = 0,0336$ ,  $p = 0,001$ ), but it was similar among relatively less and more preserved areas ( $R = -0,039$ ,  $p = 0,737$ ). These findings can be explained by the low impact level in these streams and also by the taxonomic resolution used in this study. Latitude and instream diversity were the most important factors to explain the variation in genera richness and abundance ( $p = 0.004$  and  $p = 0.026$ , respectively). Hence, the regional differences can be attributed to spatial influences, quantity or quality of habitats and the original distribution of taxa within each basin.

**Keywords:** *benthic macroinvertebrates, EPT, biomonitoring, conservation.*

ROMERO, R.M., CENEVIVA-BASTOS, M., BAVIERA, G.H. & CASATTI, L. **Estrutura de comunidades de insetos aquáticos (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) em riachos de Cerrado nas bacias dos rios Paraguai, Paraná e São Francisco.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?article+bn02213012013>

**Resumo:** Foi avaliada a estrutura quali e quantitativa da comunidade de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) em 19 riachos em áreas de Cerrado nas bacias dos rios Paraguai (PG), Paraná (PN) e São Francisco (SF). O número de gêneros e a composição taxonômica foram comparados espacialmente (diferentes bacias hidrográficas) e quanto ao grau de conservação (áreas mais e menos preservadas). A influência de fatores espaciais e ambientais na riqueza e na abundância também foi avaliada. Foi registrada a ampliação da área de ocorrência dos gêneros *Grumicha*, *Coryphorus* e *Austrotinodes*. A riqueza de Trichoptera foi superior na bacia do São Francisco ( $F = 5,602$ ,  $p = 0,004$ ) e a riqueza de Ephemeroptera foi maior em áreas relativamente menos preservadas ( $F = 6,835$ ,  $p = 0,009$ ). O padrão de distribuição dos gêneros diferiu entre as bacias hidrográficas ( $R = 0,0336$ ,  $p = 0,001$ ), mas foi igual entre áreas mais e menos preservadas ( $R = -0,039$ ,  $p = 0,737$ ), o que pode ser explicado em função do baixo grau de impacto existente entre os riachos estudados e/ou pelo grau de resolução taxonômica atingido no presente estudo. A latitude e, secundariamente, a diversidade interna do hábitat aquático foram os fatores que melhor explicaram a variação encontrada no número de gêneros e na abundância ( $p = 0,004$  e  $p = 0,026$ , respectivamente). Assim, as diferenças regionais observadas puderam ser atribuídas às influências espaciais, à quantidade e qualidade de habitats e à distribuição original dos táxons em cada bacia.

**Palavras-chave:** *macroinvertebrados bentônicos, EPT, biomonitoramento, conservação.*

## Introduction

Benthic macroinvertebrates are important components of freshwater communities; they are widely distributed and occur in several substrate types in freshwater environments (Moretti & Callisto 2005). The distribution of benthic macroinvertebrates is influenced by the interaction between habits, physico-chemical variables, structural and hydrological characteristics, and by human activities (Resh & Rosenberg 1984, Merritt & Cummins 1984). Therefore, changes in water body characteristics, habitat, and environmental resources can strongly influence patterns of spatial and temporal distribution in benthic communities (Buss et al. 2002, 2004, Silveira et al. 2006).

Immature stages of ephemeropterans (mayflies), plecopterans (stoneflies), and trichopterans (caddisflies), which are commonly referred to as EPT, are widely distributed in streams (Hynes 1970, Allan 1995) and have proven to be good surrogates for representing the ecological characteristics of the whole freshwater community (Beauchard et al. 2003). Thus, the evaluation of EPT community structure can bring some fruitful insights on many aspects of stream ecology and also on the understanding of ecological processes at broad scales. In addition, ecological data on these insects provide valuable information for building and improving multimetric indices for biomonitoring (Karr 1991).

Several studies have shown a close relationship between macrobenthic communities and habitat components, as well as the implications of this relationship for biomonitoring (Arunachalam et al. 1991, Cairns & Pratt 1993, Kerans & Karr 1994, Galdean et al. 2000, Barbosa et al. 2001, Marques & Barbosa 2001, Callisto et al. 2004, Hodkinson & Jackson 2005, Silveira et al. 2006, Ayres-Peres et al. 2006, Milesi et al. 2009). However, studies conducted in pristine and protected areas in Brazil are rare, despite being fundamentally important for biodiversity management in these areas.

In this context, the aim of the present study was to investigate the diversity and composition of aquatic insects (Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera) in the Paraná, Paraguay and São Francisco basins, in streams submitted to different conservation status. We described and compared the variations in community structure among these Cerrado basins – which are submitted to different conservation status – and tested how environmental variables influence ecological attributes.

## Materials and Methods

The Brazilian savanna, also known as “Cerrado”, spans more than 2,000,000 km<sup>2</sup>, formerly covering 23% of the country’s surface (Ratter et al. 1997). It is a vegetation mosaic composed by different vegetation types (Sano & Almeida 1998), which harbor springs and major watersheds in Brazil (Padovesi-Fonseca 2006). We sampled 19 first and second order streams (1:50,000 scale, Strahler convention) near or within protected areas such as Serra da Bodoquena National Park, Emas National Park, and Serra da Canastra National Park, which belong to the upper portions of Paraguay, Paraná, and São Francisco river basins, respectively (Figure 1, Table 1).

Firstly, we defined streams conservation status based on the habitat physical integrity index (PHI, Barbour et al. 1999, adapted to headwaters of the Paraná river basin by Casatti et al. 2006) and the type of matrix that surrounded the stream. For that stream reaches were divided in 10 equidistant transects, in which habitat features such as width, depth, current velocity, flow, substrate composition were evaluated (according to Casatti et al. 2006). The physico-chemical parameters (dissolved oxygen, turbidity, temperature and conductivity) were also obtained with Horiba® - U-10 model. Streams with the higher values of PHI and located within

or close to conservation areas were considered the more preserved, whereas those with lower values of PHI and inserted in pasture areas or distant from protected areas were considered less preserved (Table 1).

Macroinvertebrates were sampled with a Surber net (0.09 m<sup>2</sup> area, 250 µm mesh) by washing the substrate within the sampler area for one minute. Six pseudoreplicates were taken in each main substrate type at each sampling site. The streams were sampled in September 2008 and in January 2009, with a total of 282 samples (102 in the Paraguay River basin, 90 in the Paraná, and 90 in the São Francisco). The material retained in the sampler was fixed in 10% formalin and later preserved in 70% ethanol. The specimens were sorted into taxonomic groups (orders or families) and specific keys were used for each group (Fernández & Domingues 2001, Costa et al. 2006, Mugnai et al. 2010). Specialists confirmed the identification of all specimens and overall genera distributions were obtained in the reference literature.

The number of genera in each order was compared using a covariance analysis (ANCOVA, Underwood 1997), with the abundance used as covariate and basins and conservation status as categorical independent variables. The abundance was transformed with natural logarithm (Zar 1999). ANCOVA was conducted in the software Statistica 6.0 (Statsoft 2004), and the comparison between groups were conducted by the least square means tool. The alpha level adopted in this analysis was 0.01.

To compare the community structure among basins we used a non-metric multidimensional scaling (nMDS) with clustering option. Complementarily, we conducted a similarity analysis (ANOSIM) to test whether species abundance was influenced by spatial variables (hydrographic basins) and conservation status (more and less protected areas). Species abundance was transformed using square root and the similarity matrix was extracted using the Bray Curtis coefficient. This analysis was conducted in the software Primer 6.0 (Clarke & Gorley 2001).

We performed a partial linear regression to evaluate the proportion of variation in genera richness and abundance (response variables) explained by predictor variables. This analysis estimates how much of the variation in a response variable that can be assigned exclusively to one set of factors, taking into account the effect another set (Legendre & Legendre 1998). Two sets of predictive variables were considered: spatial (latitude and longitude) and environmental (instream diversity, size, flow, and physical habitat integrity index “PHI”). Previously, we removed environmental variables with VIF (variance inflation factor) higher than 10, since  $VIF \geq 10$  indicates high correlation among predictive variables (Quin & Keough 2002). This analysis was conducted in the software SAM v4.0 (Rangel et al. 2010).

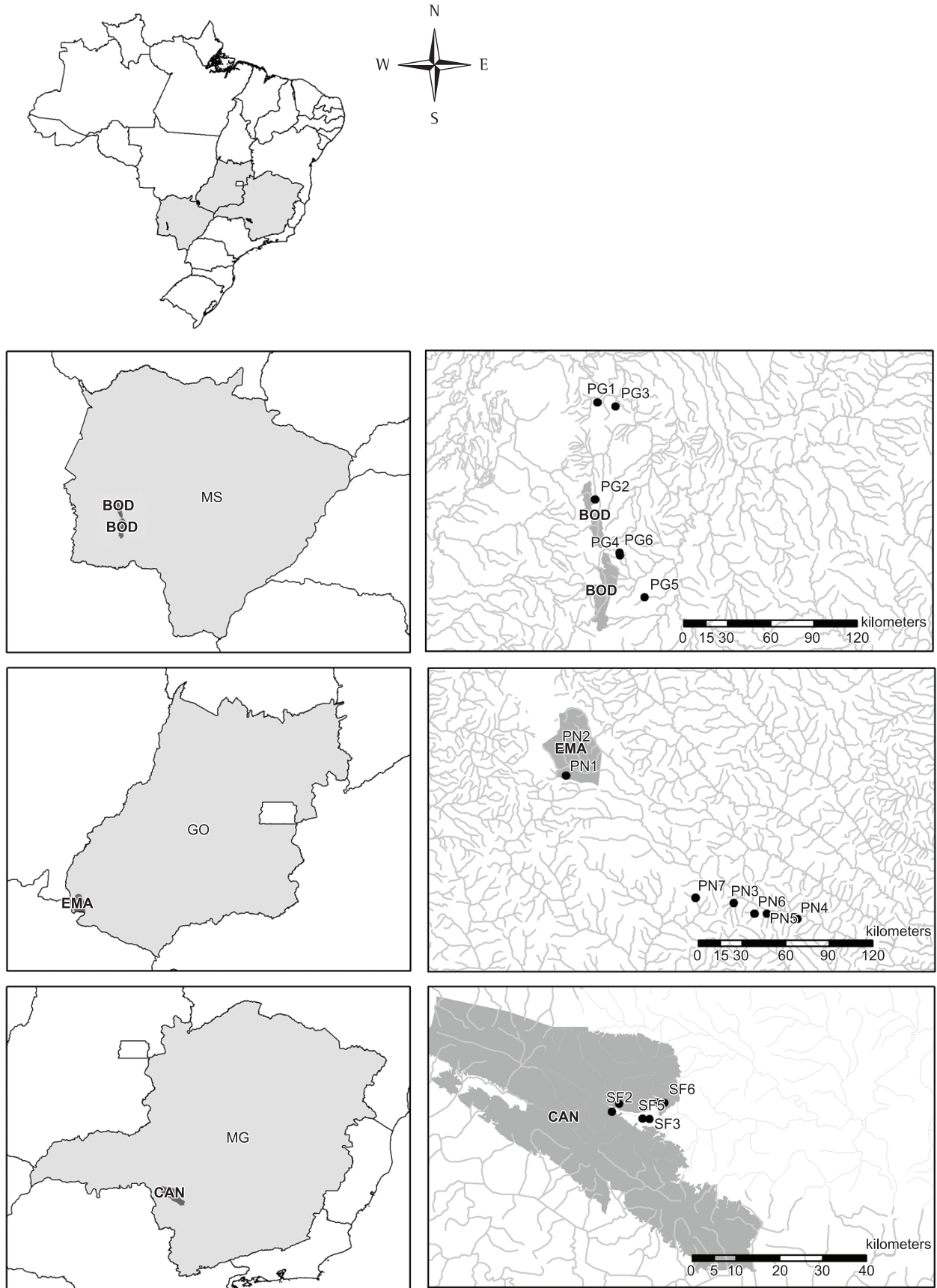
## Results

Overall, 2,728 specimens of aquatic insects were collected in 282 samples, belonging to 21 families and 62 genera (Appendix 1, 2 and 3). The percentage of insect orders was similar in the three basins, with the predominance of Ephemeroptera in all of them. The mayfly families Baetidae and Leptophlebiidae were also the most abundant in all basins, representing more than 80% of the material sampled. The genus *Americabaetis* was the most abundant in the Paraguay and São Francisco basins. The caddisfly Hydropsychidae was the most abundant family in the Paraná and São Francisco basins, whereas the Calamoceratidae was the most abundant family in the Paraguay basin. The Paraná basin had low abundances of all genera collected.

Plecoptera and Ephemeroptera richness did not vary in the three basins, though São Francisco streams showed the highest Trichoptera



Community structure of aquatic insects in Cerrado streams



**Figure 1.** Stream reaches sampled in the Paraguay (PG), Paraná (PN), and São Francisco (SF) river basins, Brazil. BOD, Serra da Bodoquena National Park (MS State), MPE, Emas National Park (GO State), CAN, Serra da Canastra National Park (MG State).

genus richness. With regards to conservation status we did not find differences in Trichoptera and Plecoptera richness, though the less preserved areas presented higher richness of Ephemeroptera genera (Table 2). The pattern of genera distribution was significantly different among the three basins ( $R = 0.336$ ,  $p = 0.001$ ) (Figure 2), evidencing

their distinct patterns of composition, but differences in status of conservation were not significant ( $R = -0.039$ ,  $p = 0.737$ ).

The regression model evidenced that genera richness was significantly explained by the set of predictive variables (Table 3). Nonetheless, the latitude explained most of the variation in genera

**Table 1.** Stream codes, location, surroundings, mean width (m), mean depth (m), and geographical coordinates of the sampling sites in the Paraguay (PG), Paraná (PN), and São Francisco (SF) river basins. MS = Mato Grosso do Sul State, MG = Minas Gerais State, NP = National Park.

Codes	Stream/city/State	Surroundings	Mean width (m)	Mean depth (cm)	Physical habitat integrity (PHI)	Geographical coordinates
PG1	Azul/Bodoquena/MS	NP Bodoquena	9.4	54.1	159	20° 45' 31,3" S 56° 45' 06,8" W
PG2	Santa Maria/Bodoquena/MS	NP Bodoquena	9.5	35	161	20° 41' 06,2" S 56° 46' 40,4" W
PG3	Taquaral/Bonito/MS	NP Bodoquena	6.4	32.2	177	20° 06' 13,7" S 56° 38' 00,3" W
PG4	Seco/Bonito/MS	Pasture	5.1	34.7	140	21° 02' 06,4" S 56° 36' 53,7" W
PG5	Mutum/Bonito/MS	Pasture	5.5	36	113	21° 18' 01,1" S 56° 26' 07,7" W
PG6	Olaria/Bonito/MS	Pasture	3	34	145	21° 01' 46,9" S 56° 36' 56,5" W
PN1	Glória/Chapadão do Céu/MS	NP Emas	1.1	35	158	18° 17' 49,6" S 52° 58' 33,2" W
PN2	Água Amarela/Chapadão do Céu/MS	NP Emas	1.1	44.5	165	18° 07' 57,7" S 53° 00' 33,0" W
PN3	Galheiros/Cassilândia/MS	Preservation area	2.7	49.7	145	19° 05' 11,9" S 51° 53' 06,2" W
PN4	Grande MS/Cassilândia/MS	Pasture	5.6	51.3	69	19° 11' 16,8" S 51° 28' 29,8" W
PN5	Ritinha/Cassilândia/MS	Pasture	4.5	35	59	19° 09' 48,6" S 51° 40' 09,6" W
PN6	Cedro/Cassilândia/MS	Pasture	2.5	50	87	19° 09' 11,8" S 51° 45' 00,7" W
PN7	Indaiazinho/Cassilândia/MS	Pasture	5.7	30.6	115	19° 03' 00,2" S 52° 08' 54,6" W
SF1	Luciano/São Roque de Minas/MG	NP Canastra	8.7	26.5	152	20° 18' 46,5" S 46° 31' 46,5" W
SF2	Cachoeirinha/São Roque de Minas/MG	Reserve	9.1	50	147	20° 19' 27,3" S 46° 32' 15,3" W
SF3	Grande MG/São Roque de Minas/MG	Reserve	6	26.9	147	20° 20' 25" S 46° 27' 56,2" W
SF4	Mandioca/São Roque de Minas/MG	Pasture	3.6	27.3	126	20° 18' 52,6" S 46° 26' 22,3" W
SF5	Cerrado/São Roque de Minas/MG	Pasture	4.3	34.5	131	20° 20' 00,0" S 46° 28' 30,6" W
SF6	Lavra/São Roque de Minas/MG	Pasture	8.8	27.6	137	20° 18' 36,1" S 46° 25' 59,6" W

**Table 2.** Results of ANCOVA for genera richness, with the abundance as a covariate, and river basin and status of conservation as the categorical independent variables. SS, sum of squares; DF, degree of freedom; F, statistical value; p, level of significance. Significant p values were marked with \*.

Parameters	Plecoptera				Ephemeroptera				Trichoptera			
	SS	DF	F	p	SS	DF	F	p	SS	DF	F	p
Intercept	0.104	1	3.443	0.064	0.294	1	0.559	0.455	1.861	1	8.263	0.004*
Abundance	33.789	1	1117.913	0.000*	567.021	1	1075.679	0.000*	192.483	1	854.285	0.000*
Basin	0.024	2	0.411	0.663	0.658	2	0.625	0.536	2.524	2	5.602	0.004*
Status	0.0009	1	0.030	0.861	3.603	1	6.835	0.009*	0.019	1	0.086	0.768
Basin × status	0.0000	2	0.001	0.998	2.304	2	2.186	0.114	0.452	2	1.004	0.367
Error	8.312	275			144.960	275			61.961	275		

richness ( $p = 0.004$ ) and abundance ( $p = 0.026$ ). Additionally, 55% of the variation in the number of genera was explained by environmental variables (Table 3), among which instream diversity was the most important ( $p = 0.041$ ).

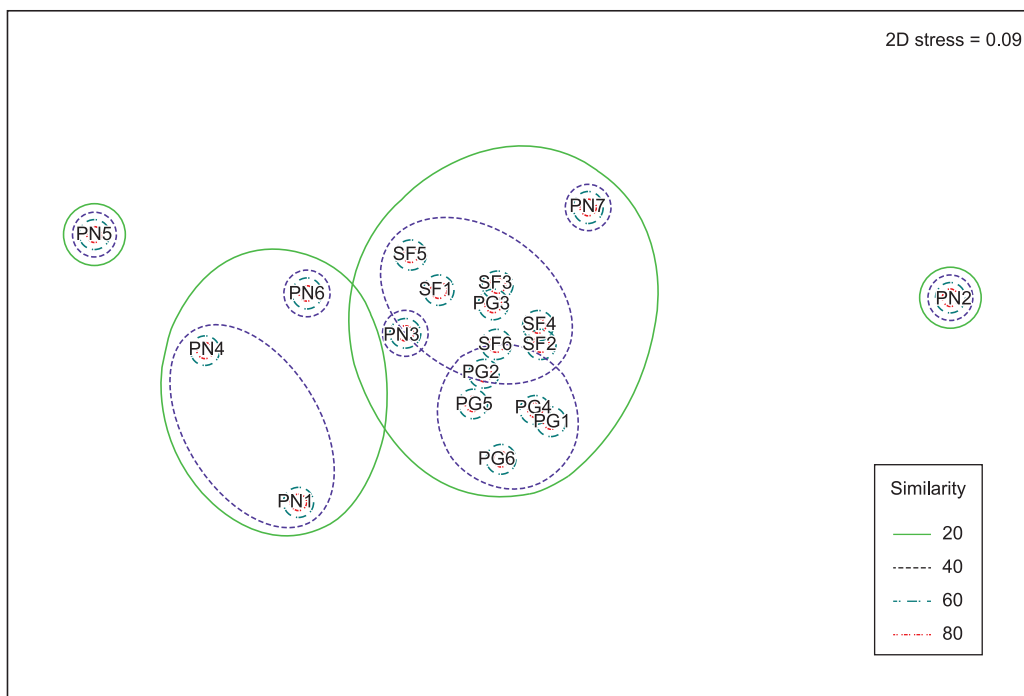
**Discussion**

Biogeographic analyses for most tropical benthic macroinvertebrates are scarce, mainly due to taxonomic uncertainties and lack of regional studies. The percentage of insect orders and the dominance of the families Baetidae, Leptophlebiidae, and Helicopsychidae found herein followed the same general patterns of tropical streams (Jacobsen et al. 2008). Nevertheless, some families like Griptoterygidae, Glossosomatidae, Hydrobiosidae, Polycentropodidae, and Sericostomatidae occurred only in the São Francisco basin, whereas Coryphoridae, Polymitarciidae, and Ecnomidae were restricted to the Paraguay basin. All members of these families occurred in low abundance, reinforcing their rarity.

The distribution of some genera was expanded. The genus *Grumicha*, only known from São Paulo and Santa Catarina states (Paprocki et al. 2004), now had their occurrence registered in the Minas Gerais State. The genera *Coryphorus* (known from Amapá and Pará states, Salles et al. 2004) and *Austrotinodes* (known from Amazonas, São Paulo, Minas Gerais, and Paraná states, Paprocki et al. 2004) were now recorded for Mato Grosso do Sul state, expanding the distribution of these genera.

The São Francisco basin, especially where the study was conducted, is characterized by streams with the predominance of runs and rapids, with a wide range of substrate types like gravel, little rocks and rocks as found by Casatti & Castro (1998). This kind of gravelly substrate is an important source of resources to several macroinvertebrates, including those of the order Trichoptera (Flecker & Allan 1984, Nolte et al. 1996, Kikuchi & Uieda 1998, Duan et al. 2008), what may explain the higher richness of this group in this basin. In the three investigated groups of aquatic insects, only the number of Ephemeroptera genera was associated to stream conservation status. The higher number of mayfly genera was registered in the less preserved area, contrasting with other studies (e.g., Kerans & Karr 1994, Compin & Céréghino 2003, Baptista et al. 2007). These studies, in general, were conducted with the aim to compare streams along a conservation gradient, differently of those herein studied. The increased number of Ephemeroptera genera in less preserved streams was probably reflected their great habitat heterogeneity, which is typical of low disturbance conditions, like the sites studied by us. Additionally, the results derived from ANOSIM showed that the community structure was similar, independently of the conservation status, reinforcing the similarity in community structure of aquatic insects.

The low physical alterations observed in the less preserved areas, such as the few exposed riverbanks, some fragmentation and siltation points, and pasture surrounding the riparian vegetation, contributed



**Figure 2.** Two-dimensional projection of the axes from nMDS analysis, considering the abundance of genera and the groupings of more preserved transects (C) and less preserved (D) in the Paraguay (PG), Paraná (PN), and São Francisco (SF) river basins.

**Table 3.** Adjusted coefficient of determination ( $R^2$ ), P-values, and variation in genera richness and abundance explained by each group of variables: (a) latitude and longitude, (b) instream diversity, size, flow, and physical habitat integrity index.

Response variables	n	$R^2$	P	Proportion of variation explained ( $R^2$ )			
				a	b	a + b	Residual
Number of genera	19	0.735	<0.001	0.658	0.548	0.809	0.191
Abundance	19	0.430	0.060	0.459	0.037	0.588	0.412

to an intermediate value for the physical habitat integrity index (see Table 1) and possibly provided a very diverse instream habitat, one of the most important structuring factor affecting community richness, like proved by the partial regression. In addition, all streams presented riparian forests, even the less preserved ones; this vegetation directly influences the community structure of aquatic insects, mainly by the input of nutrients and allochthonous energy (Gonçalves-Junior et al. 2006a, b, Jacobsen et al. 2008).

The physical habitat integrity index remains a useful tool for physical disturbance characterization in lotic environments (Barbour et al. 1999, Casatti et al. 2006) and consists of a breakthrough on how to quantify impacts in these environments. However, if the aim is to distinguish between sampling groups, only areas with extreme index values should be used. Considering the taxonomic resolution of this study, we concluded that less impacted areas, or with diffuse impacts, apparently did not influence the aquatic insect communities enough to allow distinguishing areas according to impact degree. An improved taxonomic resolution (Olsgard et al. 1998) and the inclusion of other groups in the analysis (Callisto et al. 2004, Hodkinson & Jackson 2005), along with the development of complete biotic indices (Baptista et al. 2007, Roche et al. 2010), could be other useful tools to discriminate between sites with different degrees of anthropogenic impacts.

In summary, community structure among river basins was significantly different, and latitude was identified as one of the most important factors that affect genus richness in these communities, reinforcing the influence of spatial attributes. Presumably, the geographic barriers separating the river basins prevent the migration of larvae and the distance between sampling sites probably limited a wide dispersion between areas; moreover, mayflies, stoneflies, and caddisflies have a short-lived winged adult stage and are not good dispersers (Sartori et al. 2000). Hence, the regional differences can be attributed to spatial influences, quantity or quality of habitats (Kay et al. 1999) and the original distribution of taxa within each basin (Jacobsen et al. 2008).

## Acknowledgements

We thank the colleagues from Laboratório de Ictiologia for their help during fieldwork and the Departamento de Zoologia e Botânica IBILCE, UNESP for providing workspace, IBAMA for collecting permits, and landowners for allowing access to their properties. Gabriel L. Brejão helped with Figure 1. Diogo B. Provetto helped with English language. Pitágoras C. Bispo and his team (Laboratory of Aquatic Biology, UNESP, Assis) helped with taxonomic identification. We are grateful to anonymous reviewers for important suggestion to improve the manuscript. This study was made possible by funding from FAPESP. RMR, MCB, GHB received fellowships from FAPESP and LC is a CNPq fellow.

## References

- ALLAN, J.D. 1995. Structure and function of running waters. Chapman & Hall, London, 388p.
- ARUNACHALAM, M.K., NAIR, K.C.M., VIJVERBERG, J., KORTMULDER, K. & SURIYANARAYANAN, H. 1991. Substrate selection and seasonal variation in densities of invertebrates in stream pools of a tropical river. *Hydrobiology* 213:141-148. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00015000>
- AYRES-PERES, L., SOCOLOWICZ, C. & SANTOS, S. 2006. Diversity and abundance of the benthic macrofauna in lotic environments from the central region of Rio Grande do Sul State, Brazil. *Biota Neotrop.* 6(3):1-11. <http://www.biotaneotropica.org.br/v6n3/pt/abstract?article=bn02106032006> (último acesso em 20/01/2012)
- BAPTISTA, D.F., BUSS, D.F., EGLER, M., GIOVANELLI, A., SILVEIRA, M.P. & NESSIMIAN, J. 2007. A multimetric index based on benthic macroinvertebrates for evaluation of Atlantic Forest streams at Rio de Janeiro state, Brazil. *Hydrobiol.* 575(1):83-94. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-006-0286-x>
- BARBOSA, F.A.R., CALLISTO, M. & GALDEAN, N. 2001. The diversity of benthic macroinvertebrates as an indicator of water quality and ecosystem health: a case study for Brazil. *Aquat. Ecosyst. Health* 4:51-59. <http://dx.doi.org/10.1080/146349801753569270>
- BARBOUR, M.T., GERRITSEN, J., SNIDER, B.D. & STRIBLING, J.B. 1999. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish. EPA 841-B-99-002, U. S. Environmental Protection Agency, Washington.
- BEAUCHARD, O., GAGNEUR, J. & BROSSE, S. 2003. Macroinvertebrate richness patterns in North African streams. *J. Biogeog.* 30:1821-1833. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2699.2003.00954.x>
- BUSS, D.F., BAPTISTA, D.F., SILVEIRA, M.P., NESSIMIAN, J.L. & DORVILLE, L.F.M. 2002. Influence of water chemistry and environmental degradation on macroinvertebrates assemblages in a river basin in south-east Brazil. *Hydrobiology* 481(1-3):125-136. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1021281508709>
- BUSS, D.F., BAPTISTA, D.F., NESSIMIAN, J.L. & EGLER, M. 2004. Substrate specificity, environmental degradation and disturbance structuring macroinvertebrate assemblages in neotropical streams. *Hydrobiologia* 518(1-3):179-188. <http://dx.doi.org/10.1023/B:HYDR.0000025067.66126.1c>
- CAIRNS, J. & PRATT, J.R. 1993. A history of biological monitoring using benthic macroinvertebrates. In *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates* (D.M. Rosenberg & V.R. Resh, eds.). Chapman & Hall, New York, p.10-27.
- CALLISTO, M., GOULART, M., MEDEIROS, A.O., MORENO, P. & ROSA, C.A. 2004. Diversity assessment of benthic macroinvertebrates, yeasts, and microbiological indicators along a longitudinal gradient in Serra do Cipó, Brazil. *Braz. J. Biol.* 64(4):743-755.
- CASATTI, L. & CASTRO, R.M.C. 1998. A fish community from the headwaters of the São Francisco river, southeastern Brazil. *Ichthyol. Explor. Freshw.* 9(3):229-242.
- CASATTI, L., SILVA, A.M., LANGEANI, F. & CASTRO, R.M.C. 2006. Stream fishes, water and habitat quality in a pasture dominated basin, Southeastern Brazil. *Braz. J. Biol.* 66:681-696. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842006000400012>
- CLARKE, K. R. & GORLEY, R. N. 2001. PRIMER v5: User manual/tutorial. PRIMER-E, Plymouth.
- COSTA, C., IDE, S. & SIMONKA, C.E. 2006. Insetos imaturos: metamorfose e identificação. Holos, Ribeirão Preto, 249p.
- COMPIN, A. & CÉRÉGHINO, R. 2003. Sensitivity of aquatic insect species richness to disturbance in the Adour-Garonne stream system (France). *Ecol. Indic.* 3:135-142. [http://dx.doi.org/10.1016/S1470-160X\(03\)00016-5](http://dx.doi.org/10.1016/S1470-160X(03)00016-5)
- DUAN, X., WANG, Z. & TIAN, S. 2008. Effect of streambed substrate on macroinvertebrate biodiversity. *Front. Env. Sci. Eng. China* 2(1):122-128. <http://dx.doi.org/10.1007/s11783-008-0023-y>
- FERNÁNDEZ, H.R. & DOMINGUES, E. 2001. Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. San Miguel de Tucumán, Secretaría de Ciencia y técnica de la Universidad Nacional de Tucumán, 282p.
- FLECKER, A.S. & ALLAN, J.D. 1984. The importance of predation, substrate and spatial refugia in determining lotic insect distributions. *Oecologia* 64(3): 306-313. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00379126>
- GALDEAN, N., CALLISTO, M. & BARBOSA, F.A.R. 2000. Lotic ecosystems of Serra do Cipó, southeast Brazil: water quality and a tentative classification based on the benthic macroinvertebrate community. *Aquat. Ecosyst. Health* 3:545-552. <http://dx.doi.org/10.1080/14634980008650691>



- GONÇALVES-JUNIOR, J.F., FRANÇA, J.S., MEDEIROS, A. O., ROSA, C.A. & CALLISTO, M. 2006a. Leaf breakdown in a tropical stream. *Int. Rev. Hydrobiol.* 91:164-177. <http://dx.doi.org/10.1002/iroh.200510826>
- GONÇALVES-JUNIOR, J.F., GRAÇA, M.A.S & CALLISTO, M. 2006b. Leaf-litter breakdown in 3 streams in temperate, Mediterranean, and tropical Cerrado climates. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 25(2):344-355. [http://dx.doi.org/10.1899/0887-3593\(2006\)25\[344:LBISIT\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1899/0887-3593(2006)25[344:LBISIT]2.0.CO;2)
- HODKINSON, I. D. & JACKSON, J. K. 2005. Terrestrial and aquatic invertebrates as bioindicators for environmental monitoring, with particular reference to mountain ecosystems. *Env. Manag.* 35(5):649-666. <http://dx.doi.org/10.1007/s00267-004-0211-x>
- HYNES, H.B.N. 1970. *The ecology of running waters*. Liverpool University Press, Liverpool, 555p.
- JACOBSEN, D., CRESSA, C., MATHOOKO, J. M. & DUDGEON, D. 2008. Macroinvertebrates: composition, life histories and production. In *Tropical stream ecology* (D. Dudgeon, ed.). Elsevier, San Diego, p.65-105. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-012088449-0.50006-6>
- KARR, J.R. 1991. Biological integrity: a long-neglected aspect of water resource management. *Ecol. Appl.* 1:66-84. <http://dx.doi.org/10.2307/1941848>
- KAY, W.R., SMITH, M.J., PINDER, A.M., McRAE, J.M., DAVIS, J.A. & HALSE, S.A. 1999. Patterns of distribution of macroinvertebrate families in rivers of north-western Australia. *Fresh. Biol.* 41:299-316. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2427.1999.00432.x>
- KERANS, B.L. & KARR, J.R. 1994. A benthic index of biotic integrity (B-IBI) for rivers of the Tennessee Valley. *Ecol. Appl.* 4(4):768-785. <http://dx.doi.org/10.2307/1942007>
- KIKUCHI, R.M. & UIEDA, V.S. 1998. Composição da comunidade de invertebrados de um ambiente lótico tropical e sua variação espacial e temporal. In *Ecologia de insetos aquáticos* (J.L. Nessimian & A.L. Carvalho, eds). PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro, v.5, p.157-173. *Série Oecologia Brasiliensis*.
- LEGENDRE, P. & LEGENDRE, L. 1998. *Numerical ecology*. Elsevier, Amsterdam, 853p.
- MARQUES, M. & BARBOSA, F. 2001. Biological quality of waters from an impacted tropical watershed (middle Rio Doce basin, southeast Brazil), using benthic macroinvertebrate communities as an indicator. *Hydrobiology* 457:69-76. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1012297915323>
- MERRITT, R.W. & CUMMINS, K.W. 1984. *An introduction to the aquatic insects of North America*. Dubuque, Kendall/Hunt, Iowa, 722p.
- 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(4):419-429.
- MORETTI, M.S. & CALLISTO, M. 2005. Biomonitoring of benthic macroinvertebrates in the middle Doce River watershed. *Acta Limnol. Bras.* 17(3):267-281.
- MUGNAI, R., NESSIMIAN, J.L. & BAPTISTA, D.F. 2010. *Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do estado do Rio de Janeiro*. Technical Books Editora, Rio de Janeiro, 174p.
- NOLTE, U., TIETBÖHL, R.S. & McCAFFERTY, W.P. 1996. A mayfly from tropical Brazil capable of tolerating short-term dehydration. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 15:87-94. <http://dx.doi.org/10.2307/1467434>
- OLSGARD, F., SOMERFIELD, P.J. & CARR, M.R. 1998. Relationships between taxonomic resolution, macrobenthic community patterns and disturbance. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 172:25-36. <http://dx.doi.org/10.3354/meps172025>
- QUIN, G.P. & KEOUGH, M.J. 2002. *Experimental design and data analysis for biologists*. Cambridge University Press, New York, 537p. <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511806384>
- PADOVESI-FONSECA, C. 2006. Caracterização dos ecossistemas aquáticos do Cerrado. In *Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação* (A. Scariot, J.C. Souza-Silva & J.M. Felfili, eds.). Ministério do Meio Ambiente, Brasília, p.415-429.
- PAPROCKI, H., HOLZENTHAL, R.W. & BLAHNIK, R.J. 2004. Checklist of the Trichoptera (Insecta) of Brazil I. *Biota Neotrop.* 4(1): 1-22 <http://www.biotaneotropica.org.br/v4n1/pt/abstract?inventory+BN01204012004> (último acesso em 20/01/2012)
- RANGEL, T.F., DINIZ-FILHO, J.A.F. & BINI, L.M. 2010. SAM: a comprehensive application for spatial analysis in macroecology. *Ecography* 33:46-50. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0587.2009.06299.x>
- 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>
- RESH, V.H. & ROSENBERG, D.M. 1984. *The ecology of aquatic insects*. Praeger Publishers, New York, 625p.
- ROCHE, K.F., QUEIRO, E.P., RIGHI, K.O. & SOUZA, G.M. 2010. Use of the BMWP and ASPT indexes for monitoring environmental quality in a neotropical stream. *Acta Limnol. Brasil.* 22(1):105-108. <http://dx.doi.org/10.4322/actalb.02201010>
- SALLES, F.F., DA-SILVA, E.R., HUBBARD, M.D. & SERRÃO, J.E. 2004. As espécies de Ephemeroptera (Insecta) registradas para o Brasil. *Biota Neotrop.* 4(2): 1-34 <http://www.biotaneotropica.org.br/v4n2/pt/abstract?inventory+BN04004022004> (último acesso em 20/01/2012)
- SANO, S.M. & ALMEIDA, S.P. 1998. *Cerrado: ambiente e flora*. Editora Embrapa, Planaltina, 556p.
- SARTORI, M., GATTOLLIAT, J., OLIARINONY, R. & ELOUARD, J. 2000. Biogeography of malagasy mayflies (Insecta, Ephemeroptera): Preliminary results. In *Diversité et endemisme a Madagascar* (W.R. Lourenço & S.M. Goodman, eds.). *Memoires de La Société de Biogéographie*, Paris, p. 307-317.
- SILVEIRA, M.P., BUSS, D.F., NESSIMIAN, J.L. & BAPTISTA, D.F. 2006. Spatial and temporal distribution of benthic macroinvertebrates in southeastern Brazilian river. *Braz. J. Biol.* 66(2B):623-632. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842006000400006>
- STATSOFT. 2004. *Statistica (data analysis software system)*. version 6.
- UNDERWOOD, A.J. 1997. *Experiments in ecology: Their logical design and interpretation using analysis of variance*. Cambridge University Press, Cambridge.
- ZAR, J.H. 1999. *Biostatistical analysis*. 4th ed. Prentice-Hall, New Jersey.

Received 21/01/2012

Revised 09/09/2012

Accepted 20/02/2013

## Appendix

**Appendix 1.** List of Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera sampled in each of the six streams from the Paraguay River basin (PG 1-6). The geographical distribution of species marked with \* was expanded.

Order/family	Taxa	PG1	PG2	PG3	PG4	PG5	PG6
<b>Ephemeroptera</b>							
Baetidae							
	<i>Americabaetis</i>	7	13	144	24	1	2
	<i>Baetodes</i>	0	0	3	42	0	0
	<i>Camelobaetidius</i>	5	5	1	2	1	0
	<i>Cloeodes</i>	0	0	0	0	0	3
	<i>Cryptonympha</i>	0	1	0	0	0	1
	Baetidae type 1	0	0	0	0	1	0
	<i>Waltzophius</i>	6	2	4	5	7	4
Leptohiphidae							
	<i>Leptohiphes</i>	2	2	1	4	3	0
	<i>Macunahyphes</i>	1	0	0	0	0	0
	<i>Traverhyphes</i>	38	1	11	47	35	0
	<i>Tricorythodes</i>	0	0	0	2	0	0
Caenidae							
	<i>Caenis</i>	3	1	0	6	3	8
	<i>Cercobrachys</i>	0	0	0	0	1	0
Leptophlebiidae							
	<i>Farrodes</i>	0	7	7	8	3	4
	Leptophlebiidae type 1	0	0	0	1	0	4
	<i>Hagenulopsis</i>	21	14	14	50	7	23
	<i>Massartela</i>	0	0	0	0	0	3
	<i>Miroculis</i>	2	4	0	15	4	19
	<i>Simothraulopsis</i>	1	0	0	0	0	0
	<i>Terpides</i>	39	0	0	48	2	5
	<i>Thraulodes</i>	114	0	0	20	1	6
	<i>Ulmeritoides</i>	1	1	0	132	3	31
	<i>Ulmeritus</i>	0	0	0	0	0	76
Coryphoridae							
	<i>Coryphorus*</i>	0	0	0	0	1	0
Polymitarciidae							
	<i>Campsurus</i>	0	0	0	0	1	0
<b>Plecoptera</b>							
Perlidae							
	<i>Anacroneuria</i>	4	4	1	6	3	2
	<i>Macrogynoplax</i>	0	0	0	1	0	2
<b>Trichoptera</b>							
Hydropsychidae							
	Hydropsychidae type 1	0	0	0	0	0	1
	<i>Leptonema</i>	2	1	4	0	0	1
	<i>Macronema</i>	0	1	7	0	0	0
	<i>Smicridea</i>	3	10	65	26	3	9
Policentropodidae							
	<i>Cyrnellus</i>	3	0	0	3	0	0
	<i>Polycentropus</i>	2	0	0	0	0	2
Philopotamidae							
	<i>Chimarra</i>	35	21	0	12	0	0
Odontoceridae							
	<i>Barypenthus</i>	4	0	0	0	0	0
	<i>Marilia</i>	0	1	0	0	0	3
Helicopsychidae							
	<i>Helicopsyche</i>	0	2	6	4	2	0

## Community structure of aquatic insects in Cerrado streams

## Appendix 1. Continued...

Order/family	Taxa	PG1	PG2	PG3	PG4	PG5	PG6
<b>Trichoptera</b>							
Leptoceridae							
	<i>Nectopsyche</i>	1	0	0	2	4	1
	<i>Oecetis</i>	0	0	6	2	0	1
	<i>Triplectides</i>	0	3	0	1	0	4
Calamoceratidae							
	<i>Phylloicus</i>	25	24	0	141	2	67
Ecnomidae							
	<i>Austrotinodes*</i>	0	0	1	0	5	0
Hydroptilidae							
	<i>Neotrichia</i>	0	0	9	1	0	0
	<i>Rhyacopsyche</i>	0	0	0	0	0	1
<b>Richness</b>		22	20	16	26	22	26
<b>Abundance</b>		319	118	284	605	93	283

## Appendix 2. List of Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera sampled in each of the seven streams from the Paraná River basin (PN 1-7).

Order/family	Genera	PN1	PN2	PN3	PN4	PN5	PN6	PN7
<b>Ephemeroptera</b>								
Baetidae								
	<i>Americabaetis</i>	0	0	1	1	1	2	0
	<i>Apobaetis</i>	0	0	0	0	0	1	1
	<i>Aturbina</i>	0	0	2	0	0	1	5
	<i>Baetodes</i>	0	0	3	0	0	0	4
	<i>Camelobaetidius</i>	0	0	0	0	0	0	6
	Baetidae type 2	0	0	6	1	1	0	0
	<i>Waltzoyphius</i>	0	0	4	0	0	0	8
	<i>Zeluzia</i>	0	0	1	0	0	3	0
Leptohiphidae								
	<i>Macunahyphes</i>	0	0	0	0	0	0	2
	<i>Traverhyphes</i>	0	0	0	0	0	1	0
	<i>Tricorythopsis</i>	0	0	0	0	0	0	7
Caenidae								
	<i>Caenis</i>	0	0	1	0	0	0	0
Leptophlebiidae								
	<i>Farrodes</i>	5	0	5	7	0	10	0
	<i>Thraulodes</i>	5	0	4	0	0	0	0
	<i>Ulmeritus</i>	0	0	4	0	0	0	0
<b>Plecoptera</b>								
Perlidae								
	<i>Anacroneuria</i>	0	0	5	0	0	0	0
	<i>Macrogynoplax</i>	0	2	0	0	0	0	1
<b>Trichoptera</b>								
Hydropsychidae								
	<i>Leptonema</i>	0	0	2	0	0	0	0
	<i>Macronema</i>	0	0	2	0	0	0	0
	<i>Smicridea</i>	0	0	5	0	0	1	27
Philopotamidae								
	<i>Chimarra</i>	0	0	0	0	0	1	0
Odontoceridae								
	<i>Marilia</i>	0	0	0	0	0	2	0
Helicopsychidae								
	<i>Helicopsyche</i>	0	0	0	0	0	0	3

## Appendix 2. Continued...

Order/family	Genera	PN1	PN2	PN3	PN4	PN5	PN6	PN7
<b>Trichoptera</b>								
Leptoceridae								
	<i>Grumichela</i>	2	0	0	1	0	0	0
	<i>Nectopsyche</i>	1	0	0	0	0	0	0
	<i>Oecetis</i>	1	0	0	0	0	0	0
	<i>Triplectides</i>	1	0	0	0	0	0	0
Calamoceratidae								
	<i>Phylloicus</i>	1	0	0	0	0	0	0
<b>Richness</b>		7	1	14	4	2	9	10
<b>Abundance</b>		16	2	45	10	2	22	64

## Appendix 3. List of Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera sampled in each of the six streams from the São Francisco River basin (SF 1-6). The geographical distribution of species marked with \* was expanded.

Order/family	Genera	SF1	SF2	SF3	SF4	SF5	SF6
<b>Ephemeroptera</b>							
Baetidae							
	<i>Americabaetis</i>	1	0	39	88	35	10
	<i>Apobaetis</i>	0	0	0	12	8	0
	<i>Aturbina</i>	0	0	0	1	0	0
	<i>Baetodes</i>	7	5	13	5	3	4
	<i>Camelobaetidius</i>	0	1	1	3	0	10
	<i>Cloeodes</i>	0	0	0	9	0	0
	<i>Cryptonympha</i>	0	0	2	3	0	4
	Baetidae type 3	0	0	0	0	1	0
	Baetidae type 4	0	0	0	0	2	0
	<i>Paracloeodes</i>	0	0	0	0	0	7
	<i>Tupiara</i>	0	0	0	6	0	0
	<i>Waltzoyphius</i>	0	6	6	9	0	11
	<i>Zelus</i>	0	0	0	2	1	0
Leptophlebiidae							
	<i>Farrodes</i>	3	4	3	51	5	23
	<i>Hagenulopsis</i>	6	21	0	12	1	8
	<i>Hermanella</i>	0	0	0	2	0	0
	<i>Hylistes</i>	3	2	0	0	0	0
	<i>Massartela</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>Miroculis</i>	1	0	0	1	0	3
	<i>Thraulodes</i>	0	14	0	26	0	2
Leptohiphidae							
	<i>Leptohiphes</i>	19	28	9	11	1	3
	<i>Traverhiphes</i>	10	0	0	0	16	1
	<i>Tricorythopsis</i>	0	0	1	0	1	4
Ephemeridae							
	<i>Haxagenia</i>	0	0	0	0	0	1
<b>Plecoptera</b>							
Perlidae							
	<i>Anacroneuria</i>	1	4	8	13	0	9
	<i>Kempnyia</i>	0	0	2	5	0	0
	<i>Macrogynoplax</i>	0	0	1	2	0	0
Gripopterygidae							
	<i>Paragripopteryx</i>	0	0	0	0	2	0
	<i>Tupiperla</i>	0	0	0	0	2	0



## Community structure of aquatic insects in Cerrado streams

## Appendix 3. Continued...

Order/family	Genera	SF1	SF2	SF3	SF4	SF5	SF6
<b>Trichoptera</b>							
Hydropsychidae							
	<i>Leptonema</i>	2	8	4	2	1	4
	<i>Macronema</i>	0	0	1	7	0	0
	<i>Macrostemum</i>	0	0	1	1	0	0
	<i>Smicridea</i>	9	25	6	14	2	3
Leptoceridae							
	<i>Atanatolica</i>	0	0	0	1	0	0
	<i>Amphoropsyche</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>Nectopsyche</i>	0	0	0	1	0	2
	<i>Oecetis</i>	0	0	0	0	0	4
Odontoceridae							
	<i>Marilia</i>	0	0	1	9	0	6
	<i>Barypenthus</i>	0	0	0	20	0	0
Calamoceratidae							
	<i>Phylloicus</i>	0	0	5	4	0	0
Sericostomatidae							
	<i>Grumicha*</i>	1	2	0	2	0	5
Helicopsychidae							
	<i>Helicopsyche</i>	0	0	1	0	0	2
Hydrobiosidae							
	<i>Atopsyche</i>	0	0	0	4	0	0
Polycentropodidae							
	<i>Cyrnellus</i>	0	5	0	0	0	0
	<i>Polyplectropus</i>	0	25	0	6	0	1
Glossosomatidae							
	<i>Mexitrichia</i>	0	0	0	0	0	1
Philopotamidae							
	<i>Chimarra</i>	0	1	0	0	0	1
Hydroptilidae							
	<i>Hydroptila</i>	2	0	0	0	0	0
<b>Richness</b>		13	15	18	31	15	27
<b>Abundance</b>		65	151	104	332	81	131

## Does body size of neotropical ant species influence their recruitment speed?

Bruno Spacek Godoy<sup>1,3</sup> & Lucas Marques de Camargos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural, Universidade Federal do Pará – UFPA, Rua Augusto Corrêa, 01, Campus Universitário do Guamá, CEP 66075-110, Belém, PA, Brasil

<sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Entomologia – PPG-ENT, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Av. André Araújo, 2936, Petrópolis, CP 2223, CEP 69080-971, Manaus, AM, Brasil

<sup>3</sup>Corresponding author: Bruno Spacek Godoy, e-mail: bspacek@gmail.com

GODOY, B.S. & CAMARGOS, L.M. **Does body size of neotropical ant species influence their recruitment speed?** Biota Neotrop. 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?article+bn02013012013>

**Abstract:** Ants are one of the most important animal groups in tropical forests because of its abundance and number of species. An important characteristic of the group is the eusociality, which allows the occurrence of a recruitment behavior when food resource is found. However, there are two main questions regarding this behavior: (i) the recruitment is a product of environmental or phylogenetic pressures, and (ii) the recruitment speed is related to the body size of the ant species. In this work we addressed these two questions using 17 species of neotropical ants, in the Amazonian lowland dense rain forest. According to results, recruitment behavior is related to ant size, where smaller species exhibit this trait when finding a protein resource. However, species size is not important in recruitment speed, which suggests that speed can be best explained by the type of food resources needed in the ant colony.

**Keywords:** *formicidae, foraging behavior, phylogenetic contrasts, social insects, Amazon.*

GODOY, B.S. & CAMARGOS, L.M. **O tamanho corpóreo de espécies de formigas neotropicais influencia na velocidade de recrutamento?** Biota Neotrop. 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?article+bn02013012013>

**Resumo:** Formigas são um dos mais importantes grupos animais nas florestas tropicais devido a sua abundância e seu número de espécies. Uma característica importante do grupo é a eusocialidade, que permite a ocorrência do comportamento de recrutamento quando um recurso alimentar é encontrado. Entretanto, existem duas questões principais acerca desse comportamento: (i) o recrutamento é um produto de pressões ambientais ou filogenéticas, e (ii) a velocidade de recrutamento é relacionada ao tamanho corpóreo das espécies de formigas. Neste trabalho nós analisamos essas duas questões em 17 espécies de formigas neotropicais, na floresta Amazônica densa de terras baixas. De acordo com os resultados, o recrutamento é fortemente relacionado com o tamanho da formiga, sendo que espécies menores exibem essa característica quando encontram uma fonte protéica. Entretanto, o tamanho das espécies não é importante na velocidade de recrutamento, o que sugere que a velocidade de recrutamento pode ser melhor explicado pelo tipo de recursos alimentares necessários à colônia.

**Palavras-chave:** *formicidae, comportamento de forrageio, contrastes filogenéticos, insetos sociais, Amazônia.*

## Introduction

In tropical forests, one of most important taxonomic group within Insecta, in numbers of individuals, species richness and ecological dynamics, are the ants (Hölldobler & Wilson 1990). Formicidae comprises more than 12,500 species, but studies suggest that total ant diversity could well exceed 25,000 species, of which 30% is found in the Neotropical region, making it the richest region in the world (Fernández & Sendoya 2004, Ward 2010). An important characteristic of the group is that all species are eusocial, exhibiting cooperative parental care, overlapping generations and reproductive division of labor (Oster & Wilson 1978, Trivers 1985). In social insects, cooperation significantly improves the foraging efficiency at colony level, reducing total energy costs and the risks of individual predation (Oster & Wilson 1978, Schmidhempel 1991).

In general, an ant colonies need food with different protein and carbohydrate concentrations for each individual: protein-rich food for larvae and queens, and carbohydrate-rich food for the workers (Hölldobler & Wilson 1990). When the ants are searching for food, they may exhibit three distinct behaviors: (a) recruit other workers to dominate and transport the food, (b) carry the resource itself, or (c) ignore the food. Among recruiter species, behavior may also vary, with the ants continuously following in line, many ants walking towards the resource without following in row or a few ants being recruited per time (Hölldobler & Wilson 1990, Ingram 2002).

The decision made by an ant when locating a resource is to maximize the energy balance, in order to obtain a higher gain at low energetic cost for obtaining food, as predicted by the optimal foraging theory (Sih 1982a,b, Stephens & Krebs 1986). Due to restrictions on dominating and carrying resources, small ants should recruit other ants to ensure their domination after encountering a resource, avoiding the loss of that resource to a larger ant, or other animals (Pearce-Duvet & Feener Junior et al. 2010). Additionally, the recruitment speed is directly related to the amount of resources that an ant can carry. Therefore small ants should recruit faster than larger ants, since the smaller body size is satisfied quickly. The speed of food sources recruitment can be an important determinant of ant's communities, since the evolutionary trade-off between exploitative and interference competition may be a key influence to the dominance of resources (Davidson 1998, Parr & Gibb 2012).

The different mechanisms to recruit individuals from the colony to gather the food resource, especially those with chemical, visual or mechanical stimulations (Oster & Wilson 1978), support the hypothesis that this feature has several different origins, generated by various ecological processes (Wilson & Hölldobler 2005). So, recruitment in phylogenetic distant ants may have evolved due to ecological needs through the process of convergent evolution, having no relation to the ancestry group (Futuyma 1986). Thus, when analyzing related groups with similar characteristics, the effect of phylogenetic relationships must be removed in order to discern whether the feature in question is due to ecological processes or common ancestry (Westoby et al. 1995a, Diniz-Filho 2000).

Species and other taxonomic units would not be independent observations in statistical analysis (Felsenstein 1985), and the main source of dependence between species is their phylogenetic relationship or phylogenetic autocorrelation (Garland Junior et al. 2005, Martins et al. 2002, Martins & Garland 1991). Phylogenetic signs can be correlated with ecological similarity between species pairs, and this lack of phylogenetic history independence generates bias in ecological analysis affecting the statistical Type I error (Martins et al. 2002). Another advantage in using phylogenetic signs on ecological hypothesis testing is the possibility to observe if

a characteristic follows other traits in a clade's evolutionary history (Westoby et al. 1995b, Harvey 1996, Hansen & Martins 1996).

This study aims to test the hypothesis that the recruitment by ants to gather a protein source is restricted to species of smaller body size. If true, a second hypothesis to be tested is whether there is negative relationship between size of the workers and recruitment speed, since the smaller ants need to quickly handle food resources before competitors take it.

## Materials and Methods

### 1. Study area

The study was conducted in August 2005 at the Kilômetro 41 reserve (2°24' S and 59° 44' W), a continuous forest belonging to the Biological Dynamic Project of Forest Fragments (BDPFF) in central Amazon. The altitude varies between 50 and 150 m above sea level, featuring plateau, slope and lowland areas, with precipitation between 1900 and 2500 mm per year and dry season from June to October (Lovejoy 1986, 1999).

### 2. Sampling

There was no previous selection of the ant species and colonies sampled. Several environments were previously visited in order to detect different ant colonies for this study, and only one colony for each species was observed. To test which species recruits or not, a protein bait consisting of a 10 mm<sup>2</sup> piece of cheese was offered to workers, placed at a fixed distance of 50 cm from the colony. The behavior of the ant was observed after placing the bait. If the other ants left the colony in the bait direction after the worker had returned to the nest, this species was classified as recruiter. When an ant left the bait in the way to the colony, recruitment time began to be measured, and stopped when other ants came out and moved towards the resource after the first individual had entered the nest. This procedure was repeated three times per nest in different days, and in each experiment, the bait was placed keeping the same radius distance from the nest, however, in different directions. Bait placement in each test depended on the ant behavior. For terrestrial species the bait was placed on the ground and for the arboreal ones, it was placed over the vegetation or attached to trees with pins.

A minimum of five workers of each ant species were sampled for subsequent total body length measurement. Workers of all species were measured, but in species with length polymorphism, the other castes were not measured. At the laboratory the ants were identified to genus and when possible to species, or separated into morphospecies (Fernández 2003).

### 3. Data analysis

All analyses were performed using the R statistical software (R Development... 2011). Average species sizes were categorized into large and small, depending on whether they were larger or smaller than the total median. This categorization was necessary because the method used to analyze the dependency between two features (in this case, size and occurrence of recruitment) in a phylogeny is done by comparing two variables (Pagel 1994).

Size data and recruitment of ant species occurrence were optimized as additive characters in the phylogenetic tree proposed by Astruc et al. (2004) for the subfamilies of Formicidae. This tree was used because it presents much of the genera found in the study area, reducing the number of artificial inclusion in the tree, and consequently the number of polytomies (Bolton 1995). No external group was used to polarize the characters. To test whether the size of the species is related to recruitment occurrence, state changes of

these characters were observed on the tree and analyzed with the Fisher's exact test, as described by Burt (1989).

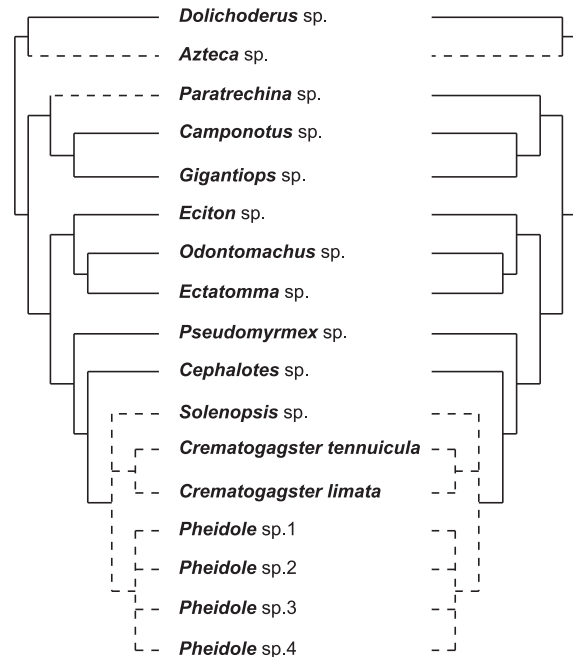
The distance traveled by ants was standardized by dividing the length traveled from bait to nest (50 cm) by the species average size. Then standardized distance was also divided by the time (in seconds) the ant spent moving, resulting in a speed ratio which represented how often an ant can move its body length per second. The values of standardized ant speed, and species size were analyzed using phylogenetic contrasts (Diniz-Filho 2000) based on the same phylogenetic group, using the methodology of Purvis & Garland (1993) to solve polytomies. Contrast analysis assumes that although the characteristic values observed in the species are interdependent, their differences are a product only of the divergence time in evolutionary history. Thus, in the analysis,  $n-1$  independent contrasts were calculated on the evolutionary group history, using the difference between  $n$  species and ancestor values (phylogenetic nodes). Finally, the values used in the correlation and/or on other tests, are the contrasts of the characteristic of interest, previously obtained. As branch-length values were not available for all genera, the value of 1 was the standard value for the terminal taxa, and for ancestral branches a correction calculation was made (Diniz-Filho 2000). With this methodology it was possible to analyze the correlation of ant size and recruitment speed, through a simple linear regression, without the effect of phylogenetic dependence. The subfamily Myrmicinae was the only used in this analysis because it had more than one recruiter species and variation in recruitment rate.

**Results**

We found 17 morphospecies distributed in 13 genera and six subfamilies. The most well represented subfamily was Myrmicinae with eight morphospecies in four genera (Table 1). The subfamilies Myrmicinae, Formicinae and Dolichoderinae presented morphospecies that recruit and that do not recruit. The minimum and maximum values of body size of the species were 1.3 and 11.0 mm for *Solenopsis* sp. Westwood 1840 and *Dolichoderus* sp. Lund 1831 respectively, with a median of 4.4 mm. Since *Camponotus* sp. Mayr 1861 had an average size equal to the species median, it was

categorized as both small and large, separately, for data analysis, in order to test the effect of this choice.

The phylogeny with optimized characters (Figure 1) showed that body size was originally large, with two independent changes: a group that unites *Pheidole* sp. Westwood 1839, *Crematogaster limata* Smith 1858, *Crematogaster tenuicula* Forel 1904 (*Crematogaster* Lund 1831) species and *Solenopsis* sp., and other in *Azteca* sp. Forel 1878 species. Relative to the occurrence of recruitment, the basal phylogeny trait is not recruitment, even recruitment having



**Figure 1.** Phylogeny of Formicidae proposed by Astruc (2004) showing the evolution of traits. The branches of the left side represent change in the recruitment character as the continuous line represents the non-recruitment and the dotted line represents recruitment behavior. The right side represents the character size, large as the continuous line and small as the dotted.

**Table 1.** Morphospecies of ants collected in the Kilômetro 41 reserve and their measured characteristics.

Subfamily	Taxon	Speed recruitment*	Size/N**	Size categorized
Pseudomyrmecinae	<i>Pseudomyrmex</i> sp.	Not recruit	5,3/6	Big
Myrmicinae	<i>Pheidole</i> sp.1	3,3	2,4/7	Small
	<i>Pheidole</i> sp.2	2,0	3,0/8	Small
	<i>Pheidole</i> sp.3	2,1	3,0/7	Small
	<i>Pheidole</i> sp.4	3,5	2,7/8	Small
	<i>Crematogaster limata</i>	5,5	2,7/10	Small
	<i>Crematogaster tenuicula</i>	3,7	2,6/7	Small
	<i>Solenopsis</i> sp.	5,3	1,3/9	Small
	<i>Cephalotes</i> sp.	Not recruit	7,6/5	Big
Ecitoninae	<i>Eciton</i> sp.	Not recruit	6,6/8	Big
Ponerinae	<i>Ectatomma</i> sp.	Not recruit	8,9/5	Big
	<i>Odontomachus</i> sp.	Not recruit	10,8/9	Big
	<i>Paratrechina</i> sp.	Recruit <sup>a</sup>	4,8/6	Big
Formicinae	<i>Gigantiops destructor</i>	Not recruit	9,8/5	Big
	<i>Camponotus</i> sp.	Not recruit	4,4/6	<sup>b</sup>
	<i>Azteca</i> sp.	1,3	2,6/9	Small
Dolichoderinae	<i>Dolichoderus</i> sp.	Not recruit	11,0/5	Big

\*Speed in ants.seconds<sup>-1</sup>. \*\*N is the number of individuals measured a – It was observed that the species recruited, however, as the nest was located in the canopy, its speed was not measured. b – Species *Camponotus* sp. was analyzed with two sizes.



independently appeared three times in the basal group that unites all Myrmicinae, except *Cephalotes* sp. Latreille 1802, in *Paratrechina* sp. Motschulsky 1863, in the group that unites it to *Gigantiops destructor* (Fabricius) 1804 (*Gigantiops* Roger 1863) and *Camponotus* sp, and the group of the Dolichoderinae *Azteca* sp. morphospecies (Figure 1). There was a relation between changes in body size and recruitment (Fisher's exact test  $p = 0.005$  with *Camponotus* sp. categorized as large, and  $p = 0.04$  when categorized as small), indicating concordance in the phylogenetic change. The regression between contrasts of recruitment speed and species size (Table 2) was not significant ( $r^2 = 0.32$ ,  $F = 3.48$ ,  $DF = 1$  and  $4$ ,  $p = 0.91$ , Figure 2).

## Discussion

The ultimate cause of life diversity is evolution. It is responsible to, from the origin of species, to the variety of ecological, physiological, morphological and behavioral traits that those species possess (Wiens et al. 2010). Only the direct examination of ecological characters distribution on a phylogeny can provide evidences of separation in ecological or niche conservation process (Kelly et al. 2008). The observed trait in this study, the foraging behavior in ant species, was originated by ecological pressures in the family history. This pattern is supported in this work by observing the combined changes of body size and foraging behavior in the phylogenetic tree.

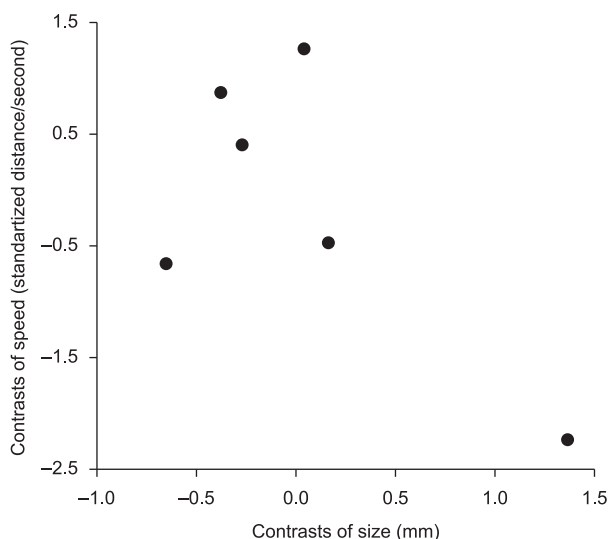
In this study, ant size was important for its foraging behavior, where small species recruit while large ones do not, a pattern which has been reported in other studies (Davidson 1998). This pattern can be explained by different foraging area sizes. Larger ants typically have large foraging areas (Hughes et al. 2002, Davidson et al. 2003), often practicing unfeasible recruitment because energy expenditure and time spent by the worker to return and recruiting would be higher,

and having negative influence on the energy balance. Furthermore, individual size reduction can be a gain for the colony, via an investment in a larger number of ants. A large number of individuals enable a more intense foraging action in the resource searching area and a greater availability of ants that can work together, possibly allowing recruitment (Dejean et al. 1999). Moreover, the reduction in body size allowing the increase of ants in the nest is an ecological advantage for species with reduced ability to find food, as the rate of resource discovery is directly related to the number of foraging individuals (Pearce-Duvet et al. 2011a).

These results are consistent with the optimal foraging theory, where energy balance tends to be positive for small ants when they recruit, but negative for larger ones that exhibit the same behavior, due to a low density of workers near the colony (Cole & Wiernasz 2002, Heller & Gordon 2006, Folgarait et al. 2007). Besides this energetic advantage for small ants, recruiting offers other advantages, such as numerical superiority over their competitors, and the possibility of handling resources larger than the individuals' body size (Hölldobler & Wilson 1990).

Despite the tendency of the recruitment to occur by smaller ants, its speed rate is not influenced by species size. The species exclusion in the analyses, because of the lack of phylogenetic and taxonomic information about the neotropical ant species, like Dolichoderinae subfamily, specially the rich *Azteca* genera (Longino 2007), may have affected the results, disallowing a precise parameters estimation in regression analyses by the smaller number of observations. However, the fitted relationship with contrasts of these traits showed a negative tendency (Figure 2). This trend is inconsistent with other results. In a meta-analysis covering 24 ant species, the body size is an important factor to determine the speed of individuals (Hurlbert et al. 2008). The only difference is the non-use of comparative phylogenetic methods in analyses, allowing a substantial data variation, maintained without explanation.

The influence of starvation on the ant colony was studied in the evaluation of behavioral changes in recruitment through changes in the chemical signals as well as changes in the quantity and quality of collected food (Hangartner 1969, Josens & Roces 2000). For many consumers, to efficiently obtain energy may be less critical than to obtain a specific constituent of the diet, which in this case makes the theory of optimal foraging limited in its predictions (Stephens & Krebs 1986, Sih & Christensen 2001). The nutritional needs of each colony at the time of the experiment can explain the absence of relationship in the size and speed recruitment in Mirmicinae species (Davidson et al. 2003). The bait offered to ant workers in the experiment was a protein based resource, but the colony food requirements consist of many other resources (Cook et al. 2010, Pearce-Duvet & Feener Junior 2010). The type of food bait can also be detected by the ants before they find it, allowing them to speed up to capture the most needed resource (Pearce-Duvet & Feener Junior 2010). Thus, the speed of recruitment may be a response of a specific resource type and the momentary necessity of the colony.



**Figure 2.** Relationship between the contrasts for size and speed recruitment of species of Myrmicinae collected in the Kilômetro 41 reserve, Amazonas.

**Table 2.** Contrasts for the speed of recruitment and size of species and morphospecies of Myrmicinae collected in the Kilômetro 41 reserve.

Contrasts	Speed recruitment	Size
<i>Pheidole</i> sp.1 + <i>Pheidole</i> sp.2	0,88	-0,38
<i>Pheidole</i> sp.1 e 2 + <i>Pheidole</i> sp.3	0,42	-0,27
<i>Pheidole</i> sp.1,2 e 3 + <i>Pheidole</i> sp.4	-0,47	0,16
<i>Pheidole</i> + <i>Solenopsis</i>	-2,23	1,36
<i>Crematogaster limata</i> + <i>Crematogaster tenuicula</i>	1,26	0,04
<i>Pheidole</i> e <i>Solenopsis</i> + <i>Crematogaster</i>	-0,66	-0,65

An alternative hypothesis to recruitment time would be that the speed that an ant is able to reach is related to other features, beyond simply body size. At very high speeds, the ant needs large energy expenditure to maintain inertia, and a more robust temperature control (Angilletta et al. 2008). This reason leads the ants to adopt a random walk, as the tortuous path allows maintenance of a lower speed, but with a greater chance of predation escape and discovery other resource sources (Pearce-Duvel et al. 2011a). The maximum speed of the organisms varies greatly between individuals in account of genetic reasons or environmental differences, interfering in the search for an explicit standard in accordance with the theory of energy balance (Huey et al. 1989). Some ants also have species specific searching patterns, and having this feature as an important component of niche separation (Pearce-Duvel et al. 2011b).

In fact, organisms rarely use the maximum speed under natural conditions (Hertz et al. 1988, Irschick 2000, Braña 2003), once the maximum speed is determined not only by an ecological process, as simple as competition, but rather by an interaction of factors such as physiology, conflicting demands for resources and biotic interactions. Also, the roughness of the substrate can slow down the foraging speed, since the land relief increases the total distance traveled by the ant (Bernadou et al. 2011). However, that variable was not measured in the execution of our research, serving as a posteriori explanation for the observed pattern.

The recruitment to protein based resource and the size of ant species are related in central Amazon forest. The ecological pressure is the most acceptable explanation for this pattern since the recruitment trait arose many times in the phylogenetic ant history. Avoiding competition with larger species and maintaining a positive energy capture balance are important factors to determine the evolution of this characteristic. However, recruitment speed was not associated with the specie size. The comprehension of behavior differences in food foraging is important to explain the functional and diverse distribution of ant species (Mertl et al. 2010). Small species are usually more abundant and active than the larger ones, which makes them an important link on forest functionality. Foraging behavior has long been considered key to understanding communities' structures. However, the way in which species compete to discover food has largely been ignored. Instead, species differences in speed or recruitment behavior are determined by the nests' needs and energetic balance. Thus, the use of a large number of individuals can be an advantage to smaller species. Indeed, they may form the basis for the trade-offs that mediate species coexistence, small individuals with efficient recruitment or large individuals with solitary foraging behavior.

## Acknowledgements

We thank Glauco Machado and Henrique Nascimento, coordinators of the Ecology of the Amazon Forest's Field Course and all students/friends from the 2005' class. We are also grateful to Adalberto José and Thiago Izzo for reviewing the manuscript and giving valuable suggestions. We are grateful to Rafael Chiamenti for the help with Figure 1.

## References

- ANGILLETTA, M.J., ROTH, T.C., WILSON, R.S., NIEHAUS, A.C. & RIBEIRO, P.L. 2008. The fast and the fractal: speed and tortuosity trade off in running ants. *Funct. Ecol.* 22(1):78-83.
- ASTRUC, C., JULIEN, I., ERRARD, C. & LENOIR, A. 2004. Phylogeny of ants (Formicidae) based on morphology and DNA sequence data. *Mol. Phylogenet. Evol.* 31(3):880-893. PMID:15120386. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ympev.2003.10.024>
- BERNADOU, A., ESPADALER, X., DOS-REIS, V. & FOUCARSSIE, V. 2011. Effect of substrate roughness on load selection in the seed-harvester ant *Messor barbarous* L. (Hymenoptera, Formicidae). *Behav. Ecol. Sociobiol.* 65(9):1763-1771. <http://dx.doi.org/10.1007/s00265-011-1184-4>
- BOLTON, B. 1995. A Taxonomic and Zoogeographical Census of the Extant Ant Taxa (Hymenoptera, Formicidae). *J. Nat. Hist.* 29(4):1037-1056. <http://dx.doi.org/10.1080/00222939500770411>
- BRAÑA, F. 2003. Morphological correlates of burst speed and field movement patterns: the behavioural adjustment of locomotion in wall lizards (*Podarcis muralis*). *Biol. J. Linn. Soc.* 80(1):135-146. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1095-8312.2003.00226.x>
- BURT, A. 1989. Comparative methods using phylogenetically independent contrast. *Oxford Surv. Evol. Biol.* 6: 33-54.
- COLE, B.J. & WIERNASZ, D.C. 2002. Recruitment limitation and population density in the harvester ant, *Pogonomyrmex occidentalis*. *Ecology.* 83(5):1433-1442. [http://dx.doi.org/10.1890/0012-9658\(2002\)083\[1433:RLAPDI\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1890/0012-9658(2002)083[1433:RLAPDI]2.0.CO;2)
- COOK, S.C., EUBANKS, M.D., GOLD, R.E. & BEHMER, S.T. 2010. Colony-level macronutrient regulation in ants: mechanisms, hoarding and associated costs. *Anim. Behav.* 79(2):429-437. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anbehav.2009.11.022>
- DAVIDSON, D.W. 1998. Resource discovery versus domination in ants: a functional mechanism for breaking the trade-off. *Ecol. Entomol.* 23(4):484-490. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2311.1998.00145.x>
- DAVIDSON, D.W., COOK, S.C., SNELLING, R.R. & CHUA, T.H. 2003. Explaining the abundance of ants in lowland tropical rainforest canopies. *Science.* 300(5621):969-972. PMID:12738862. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1082074>
- DEJEAN, A., SCHATZ, B. & KENNE, M. 1999. How a group foraging myrmicine ant overwhelms large prey items (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology* 34(3):407-418.
- DINIZ-FILHO, J.A.F. 2000. Métodos Filogenéticos Comparativos. Holos Editora, São Paulo, Brazil.
- FELSENSTEIN, J. 1985 Confidence limites on phylogenies: an approach using the bootstrap. *Evolutionary Anthropology.* 39:783-791.
- FERNÁNDEZ, F. 2003. Introducción a las Hormigas de la región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- FERNÁNDEZ, F. & SENDOYA, S. 2004. Synonymic list of Neotropical ants (Hymenoptera: Formicidae). *Biota Colomb.* 5(1):3-105.
- FOLGARAIT, P.J., GOROSITO, N., PIZZIO, R., ROSSI, J.P. & FERNANDEZ, J. 2007. *Camponotus punctulatus* ant's demography: a temporal study across land-use types and spatial scales. *Insect. Soc.* 54(1):42-52. <http://dx.doi.org/10.1007/s00040-007-0906-0>
- FUTUYMA, D.J. 1986. *Evolutionary Biology*. Sinauer Associates, Massachusetts. PMID:11611994.
- GARLAND JUNIOR, T., BENNETT, A.F. & REZENDE, E.L. 2005. Phylogenetic approaches in comparative physiology. *The Journal of Experimental Biology.* 208:3015-3035. PMID:16081601. <http://dx.doi.org/10.1242/jeb.01745>
- HANSEN, T.F. & MARTINS, E.P. 1996 Translating between microevolutionary process and macroevolutionary patterns: the correlation structure of interspecific data. *Evolution.* 50:1404-1417. <http://dx.doi.org/10.2307/2410878>
- HANGARTNER, W. 1969. Structure and Variability of Individual Odor Trail in *Solenopsis Geminata* Fabr. (Hymenoptera Formicidae). *Z. Vergl. Physiol.* 62(1):111-120. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00298046>
- HARVEY, P.H. 1996. Phylogenies for ecologists. *J. Anim. Ecol.* 65(3):255-263. <http://dx.doi.org/10.2307/5872>
- HELLER, N.E. & GORDON, D.M. 2006. Seasonal spatial dynamics and causes of nest movement in colonies of the invasive Argentine ant (*Linepithema humile*). *Ecol. Entomol.* 31(5):499-510. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2311.2006.00806.x>

- HERTZ, P.E.; HUEY, R.B.; GARLAND, T. 1988. Time Budgets, Thermoregulation, and Maximal Locomotor Performance - Are Reptiles Olympians Or Boy Scouts. *Am. Zool.* 28:927-938.
- HÖLDOBLER, B.; WILSON, E.O. 1990. *The Ants*. Springer Verlag, Berlin, 746p.
- HUEY, R.B., NIEWIAROWSKI, P.H., KAUFMANN, J. & HERRON, J.C. 1989. Thermal Biology of Nocturnal Ectotherms - Is Sprint Performance of Geckos Maximal at Low Body Temperatures. *Physiol. Zool.* 62:488-504.
- HUGHES, W.O.H., EILENBERG, J. & BOOMSMA, J.J. 2002. Trade-offs in group living: transmission and disease resistance in leaf-cutting ants. *P. Roy. Soc. Lond. B. Bio.* 269(1502):1811-1819. PMID:12350269 PMCID:1691100. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2002.2113>
- HURLBERT, A.H., BALLANTYNE, F. & POWELL, S. 2008. Shaking a leg and hot to trot: the effects of body size and temperature on running speed in ants. *Ecol. Entomol.* 33(1):144-154. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2311.2007.00962.x>
- INGRAM, K.K. 2002. Plasticity in queen number and social structure in the invasive Argentine ant (*Linepithema humile*). *Evolution* 56(10):2008-2016. PMID:12449488.
- IRSCHICK, D.J. 2000. Comparative and behavioral analyses of preferred speed: Anolis lizards as a model system. *Physiol. Biochem. Zool.* 73(4):428-437. PMID:11009396. <http://dx.doi.org/10.1086/317733>
- JOSENS, R.B. & ROCES, F. 2000. Foraging in the ant *Camponotus mus*: nectar-intake rate and crop filling depend on colony starvation. *J. Insect Physiol.* 46(7):1103-1110. [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-1910\(99\)00220-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-1910(99)00220-6)
- KELLY, C.K., BOWLER, M.G., PYBUS, O. & HARVEY, P. 2008. Phylogeny, niches, and relative abundance in natural communities. *Ecology* 89(4):962-970. PMID:18481521. <http://dx.doi.org/10.1890/07-0322.1>
- LONGINO, J.T. 2007. A taxonomic review of the genus *Azteca* (Hymenoptera: Formicidae) in Costa Rica and a global revision of the *aurita* group. *Zootaxa* 31(1491):1-63.
- LOVEJOY, T.E. 1986. Biological Diversity. *Issues Sci. Technol.* 2:13.
- LOVEJOY, T.E. 1999. Ecology and management of fragmented tropical landscapes - Preface. *Biol. Conserv.* 91(1-2):99. [http://dx.doi.org/10.1016/S0006-3207\(99\)00130-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0006-3207(99)00130-5)
- MARTINS, E.P., DINIZ-FILHO, J.A.F. & HOUSWORTH, E.A. 2002. Adaptive constraints and the phylogenetic comparative method: a computer simulation test. *Evolution.* 56:1-13. PMID:11913655.
- MARTINS, E.P. & GARLAND, T. 1991. Phylogenetic Analyses of the Correlated Evolution of Continuous Characters - A Simulation Study. *Evolution.* 45:534-557. <http://dx.doi.org/10.2307/2409910>
- MERTL, A.L., SORENSON, M.D. & TRANIELLO, J.F.A. 2010. Community-level interactions and functional ecology of major workers in the hyperdiverse ground-foraging *Pheidole* (Hymenoptera, Formicidae) of Amazonian Ecuador. *Insect. Soc.* 57(4):441-452. <http://dx.doi.org/10.1007/s00040-010-0102-5>
- OSTER, G. & WILSON, E.O. 1978. *Caste and Ecology in the Social Insects*. Princeton University Press, Princeton, 372p.
- PAGEL, M. 1994. Detecting correlated evolution on phylogenies: a general method for the comparative analysis of discrete characters. *Proc. R. Soc. Biol. Sci.* 255(1342):37-45.
- PARR, C.L. & GIBB, H. 2012. The discovery-dominance trade-off is the exception, rather than the rule. *J. Anim. Ecol.* 81(1):233-241. PMID:21854375. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2656.2011.01899.x>
- PEARCE-DUVET, J.M.C., MOYANO, M., ADLER, F.R. & FEENER JUNIOR, D.H. 2011a. Fast food in ant communities: how competing species find resources. *Oecologia.* 167(1):229-240. PMID:21461765. <http://dx.doi.org/10.1007/s00442-011-1982-4>
- PEARCE-DUVET, J.M.C., ELEMANS, C.P.H. & FEENER JUNIOR, D.H. 2011b. Walking the line: search behavior and foraging success in ant species. *Behav. Ecol.* 22(3):501-509. <http://dx.doi.org/10.1093/beheco/arr001>
- PEARCE-DUVET, J.M.C. & FEENER JUNIOR, D.H. 2010. Resource discovery in ant communities: do food type and quantity matter? *Ecol. Entomol.* 35(5):549-556. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2311.2010.01214.x>
- PURVIS, A. & GARLAND, T. 1993. Polytomies in Comparative Analyses of Continuous Characters. *Syst. Biol.* 42(4):569-575. <http://dx.doi.org/10.1093/sysbio/42.4.569>
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2011. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. <http://www.R-project.org>.
- SCHMIDHEMPEL, P. 1991. The Ergonomics of Worker Behavior in Social Hymenoptera. *Adv. Stud. Behav.* 20:87-134. [http://dx.doi.org/10.1016/S0065-3454\(08\)60320-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0065-3454(08)60320-4)
- SIH, A. 1982a. Foraging Strategies and the Avoidance of Predation by An Aquatic Insect, *Notonecta-Hoffmanni*. *Ecology.* 63(3):786-796. <http://dx.doi.org/10.2307/1936799>
- SIH, A. 1982b. Optimal Patch Use - Variation in Selective Pressure for Efficient Foraging. *Am. Nat.* 120(5):666-685. <http://dx.doi.org/10.1086/284019>
- SIH, A. & CHRISTENSEN, B. 2001. Optimal diet theory: when does it work, and when and why does it fail? *Anim. Behav.* 61(2):379-390. <http://dx.doi.org/10.1006/ange.2000.1592>
- STEPHENS, D.W. & KREBS, J.R. 1986. *Foraging Theory*. Princeton University Press, Princeton, 262p.
- TRIVERS, R. 1985. *Social Evolution*. The Benjamin/Cummings Press, Menlo Park, 479p.
- WARD, P.S. 2010. Taxonomy, phylogenetics, and evolution. In *Ant ecology* (L. Lach, C.L. Parr & L. Abbott). Oxford University Press, England, p.3-17, 402p.
- WESTOBY, M.; LEISHMAN, M.R. & LORD, J.M. 1995a. Further Remarks on Phylogenetic Correction. *J. Ecol.* 83(4):727-729. <http://dx.doi.org/10.2307/2261640>
- WESTOBY, M.; LEISHMAN, M.R. & LORD, J.M. 1995b. On Misinterpreting the Phylogenetic Correction. *J. Ecol.* 83(3):531-534. <http://dx.doi.org/10.2307/2261605>
- WIENS, J.J., ACKERLY, D.D., ALLEN, A.P., ANACKER, B.L., BUCKELY, L.B., CORNELL, H.V., DAMSCHEM, E.I., DAVIES, T.J., GRYNES, J., HARRISON, S.P., HAWKINS, B.A., HOLT, R.D., McCAIN, C.M. & STEPHENS, P.R. 2010. Niche conservatism as an emerging principle in ecology and conservation biology. *Ecol. Lett.* 13(10):1310-1324. PMID:20649638. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01515.x>
- WILSON, E.O. & HÖLDOBLER, B. 2005. Eusociality: Origin and consequences. *P. Natl. Acad. Sci. USA.* 102:13367-13371. PMID:16157878 PMCID:1224642. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0505858102>

Received 05/10/2011

Revised 09/09/2012

Accepted 15/02/2013

## Seasonal pattern of Chrysomelidae (Coleoptera) in the state of Paraná, southern Brazil

Adelita Maria Linzmeier<sup>1,3</sup> & Cibele Stramare Ribeiro-Costa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade,  
Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD,  
CEP 79804-970, Dourados, MS, Brazil

<sup>2</sup>Laboratório de Sistemática e Bioecologia de Coleoptera, Departamento de Zoologia,  
Universidade Federal do Paraná – UFPR, CEP 81531-980, Curitiba, PR, Brazil

<sup>3</sup>Corresponding author: Adelita Maria Linzmeier, e-mail: alinzmeier@yahoo.com.br

LINZMEIER, A.M. & RIBEIRO-COSTA, C.S. **Seasonal pattern of Chrysomelidae (Coleoptera) in the state of Paraná, southern Brazil.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?article+bn04013012013>

**Abstract:** The aim of this paper was to describe the seasonal patterns of Chrysomelidae and of its most abundant species at eight sites in different geomorphological and floristic regions in the state of Paraná, southern Brazil. Samples with Malaise traps, from August 1986 to July 1988 were performed. The Chrysomelidae showed seasonal patterns with the highest abundance in the spring and/or summer at all sites, but with variations in the months of highest captures. Photoperiod was the variable that most influenced the seasonality of Chrysomelidae, and along with temperature and relative humidity, determined most of the seasonal patterns of the family at the different sites. Some dominant species of Chrysomelidae showed different seasonal pattern compared to the family level. A better knowledge of the seasonal distribution patterns of these species will only be possible when their life history, such as host plants and behavior, was better understood.

**Keywords:** *abundance, Alticini, herbivorous insects, distribution pattern, seasonality.*

LINZMEIER, A.M. & RIBEIRO-COSTA, C.S. **Padrão sazonal de Chrysomelidae (Coleoptera) no estado do Paraná, sul do Brasil.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?article+bn04013012013>

**Resumo:** O objetivo deste estudo foi descrever os padrões de sazonalidade de Chrysomelidae e de suas espécies dominantes, capturadas em oito locais de diferentes regiões geomorfológicas e florísticas do estado do Paraná, sul do Brasil. As coletas foram realizadas com armadilha Malaise de agosto/1986 a julho/1988. Chrysomelidae apresentou padrão sazonal com picos de abundância na primavera e/ou verão em todos os locais, mas com variações quanto aos meses de maior captura. O fotoperíodo foi a variável com maior influência na sazonalidade de Chrysomelidae e juntamente com a temperatura e umidade relativa, determinaram a maioria dos padrões sazonais da família nos diferentes locais. Algumas das espécies dominantes de Chrysomelidae apresentaram padrão sazonal distinto do observado para a família. O entendimento dos padrões de distribuição das espécies de Chrysomelidae somente será possível quando informações sobre a história de vida, como plantas hospedeiras e comportamento, forem melhor esclarecidas.

**Palavras-chave:** *abundância, Alticini, insetos herbívoros, padrão de distribuição, sazonalidade.*



## Introduction

The complexity of the habitat is a determinant for the evolution of seasonal adaptations of species (Danks 2007). As habitats also vary in space and time, to know how organisms behave in different environments and the extent of this variation is essential to a complete understanding of seasonal patterns, since these patterns are not always established as imagined (Wolda 1979).

Among the abiotic variables, photoperiod, temperature and rainfall are the main factors that act directly on species seasonal activity, besides determining other characteristics that affect the survival of insects, such as food availability (Wolda 1978a, 1988, Marinoni & Ganho 2003, Linzmeier & Ribeiro-Costa 2008). The biotic variables are more complex and difficult to determine because the organisms interact (e.g., parasitism, predation and competition) and the effects of these interactions are dynamic (Danks 2007). These variables are not always adequately described, but when examined they help clarify the phenological patterns and life strategies of populations.

Coleoptera is the most diverse order of insects, with about 360,000 described species (Bouchard et al. 2009). Beetles occupy a wide range of habitats, where they can be predators, herbivores or saprophages. Among these, the Chrysomelidae stand out as one of the most diverse families, with over 36,000 species, most of them occurring in the Neotropics (Costa 2000, Bouchard et al. 2009). They are essentially herbivorous, feeding preferably on Solanaceae, Cucurbitaceae, Convolvulaceae, Asteraceae and Poaceae (Jolivet 1988, 1992, Jolivet & Hawkeswood 1995). Mainly for herbivores, climate changes impact both the spatial and temporal dynamics (Netherer & Schopf 2010), and in this group, one of the most important factors is the interaction with the host plants, which are also influenced by abiotic factors. However, the same factors, climate and host plants, can affect their populations in different ways in different places.

Although the Chrysomelidae are a very abundant group in different surveys (Basset & Samuelson 1996, Marinoni & Dutra 1997, Ganho & Marinoni 2003, Linzmeier et al. 2006, Riedel et al. 2007, Linzmeier & Ribeiro-Costa 2012), their seasonality has not been addressed. The only study was conducted by Linzmeier & Ribeiro-Costa (2008), who reported at one site, Ponta Grossa, Paraná, the highest abundances of Chrysomelidae in the spring and summer, probably because of greater food availability and quality. Moreover the authors indicated photoperiod and temperature as the abiotic factors that most influenced the Chrysomelidae seasonal pattern.

Therefore, we aimed to test the hypothesis that even at different sites, the peak abundances of Chrysomelidae occur in the same seasons recorded by Linzmeier & Ribeiro-Costa (2008). It was also our aim to test whether photoperiod and temperature are the abiotic factors that most strongly influence the seasonality of Chrysomelidae at different sites. As this is one of the most species rich family within Coleoptera (Bouchard et al. 2009), and one of the most frequently sampled in terms of individuals in many surveys, mainly with malaise traps (Marinoni & Dutra 1993, Ganho & Marinoni 2003, Furth et al. 2003, Linzmeier et al. 2006, Linzmeier & Ribeiro-Costa 2012) it is expected that its seasonality should represent the seasonal activity pattern of Coleoptera, and similarly, the dominant species would represent the distribution pattern of the family at each site where they were sampled. Furthermore, we intended to evaluate whether there are differences in seasonal patterns between sampling years and to determine the seasonal pattern of the ten most abundant species sampled, seeking to identify which abiotic factors analyzed have a greater influence on their seasonal distributions.

## Materials and Methods

### 1. Sampling sites

Beetles were collected at eight sites located in different geomorphologic and floristic regions in the state of Paraná (Figure 1). They are as follows:

Antonina (25° 28' S and 48° 50' W): coastal area, at Reserva Biológica Sapitanduva, old road from Morretes to Antonina, about 60 m a.s.l. Site well preserved and fairly representative of the region, dominated by submontane atlantic rainforest (Veloso & Góes-Filho 1982).

São José dos Pinhais (25° 34' S and 49° 01' W): coastal mountain, 4 km from km 54 of BR-277, approximately 1,050 m a.s.l. Transitional area between montane atlantic rainforest and montane *Araucaria* mixed forest (Veloso & Góes-Filho 1982).

Colombo (25° 20' S and 49° 14' W): first plateau, at the property of the Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Highway Curitiba - Adrianópolis, old Road of Ribeira, km 19 (BR-476), approximately 915 m a.s.l. The region is characterized as montane *Araucaria* mixed forest (Veloso & Góes-Filho 1982).

Ponta Grossa (25° 14' S and 50° 03' W): second plateau, in the Parque Estadual de Vila Velha, Café road, BR-376, km 83, about 880 m a.s.l., where montane *Araucaria* mixed forest dominates (Veloso & Góes-Filho 1982).

Telêmaco Borba (24° 17' S and 50° 37' W): second plateau, at Reserva Biológica Samuel Klabin, about 4 km from Harmonia, highway Telêmaco Borba - Curiúva, approximately 750 m a.s.l. Also characterized as montane *Araucaria* mixed forest (Veloso & Góes-Filho 1982).

Guarapuava (25° 40' S and 52° 01' W): third plateau, at Estância Santa Clara, in the valley of Jordão River, about 740 m a.s.l., wedged in a grassland region (Guarapuava fields). Transitional locality between *Araucaria* mixed forest and semi-deciduous forest (Veloso & Góes-Filho 1982).

Jundiá do Sul (23° 26' S and 50° 16' W): second plateau, at Monte Verde farm, about 500 m a.s.l. The site is approximately 400 ha of mostly primary forest with remaining portions consisting of secondary forest with more than 45 years of preservation. It is dominated by semi-deciduous forest (Veloso & Góes-Filho 1982).

Fênix (23° 54' S and 51° 58' W): third plateau, at Reserva Estadual de Vila Rica, 2 km from Fênix city, approximately 350 m a.s.l. The reserve, which is on the banks of the Ivaí and Corumbataí rivers, is characterized as semi-deciduous forest (Veloso & Góes-Filho 1982).

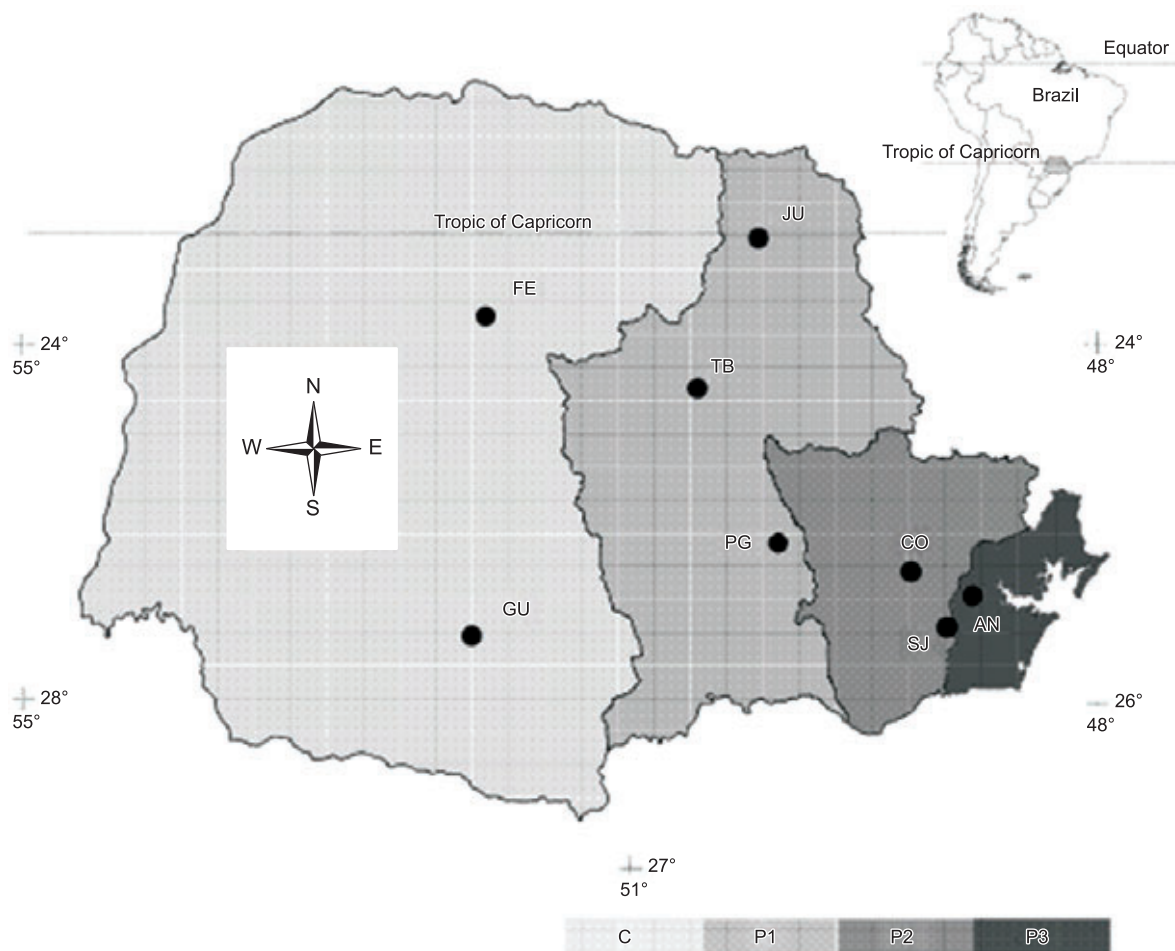
### 2. Beetle collection

A Malaise trap was placed at each sampling site with its intercepting axis positioned north-south with the pot collector north positioned and, perpendicular to a track at the forest. The local chosen were little disturbed or best preserved possible. The samplings were uninterrupted over two years, from August 1986 to July 1988, with material removed weekly. All beetles were sorted from other Orders, mounted and labeled, and the chrysomelids were identified to the lowest taxonomic level possible following the classification of Reid (1995). The material is deposited in the Coleção de Entomologia Pe. Jesus Santiago Moure, Department of Zoology, Universidade Federal do Paraná (DZUP).

### 3. Data analysis

The seasonality of Chrysomelidae and the ten dominant species was based on mean capture numbers (abundance per month/number of samples in the month) because some months have five weeks, other four, and in some sites samples were lost. To adjust the sample period

## Seasonal pattern of Chrysomelidae in southern Brazil



**Figure 1.** Paraná State, Brazil (modified from Riedel et al. 2007) showing the sampling sites in different geomorphological regions. ANT: Antonina, SJ: São José dos Pinhais, CO: Colombo, PG: Ponta Grossa, TB: Telêmaco Borba, GUA: Guarapuava, JU: Jundiá do Sul, FE: Fênix; C: Costal region; P1, P2 and P3 show the First, Second and Third Plateaus respectively.

to the seasons, spring was considered from September to November, summer from December to February, autumn from March to May, and winter from June to August. Therefore, the first and the last two months were not considered. The seasons abundance was the sum of the mean abundance of their respectively months, and the seasons richness was the total number of species sampled in each season.

The meteorological variables analyzed were: maximum and minimum temperatures, rainfall and relative humidity, based on monthly means. Another variable analyzed was the photoperiod, obtained from the Anuário Interativo do Observatório Nacional (Moreira 2009). Since the sampling sites show no significant latitudinal variation, only photoperiod data from Ponta Grossa were used. More information about the weather stations can be found in Marinoni & Dutra (1993). Spearman correlation analyses (Lehmann & D'Abrera 1998) were performed between the monthly mean of Chrysomelidae, as well as each one of the ten dominant species, and the abiotic variables. To verify if the seasonal patterns of Chrysomelidae and Coleoptera, and of Chrysomelidae and the two most abundant species of each site are correlated, this same analysis was also performed.

Analysis of variance (5% level of significance) was performed in order to determine if there was a significant difference in the abundance of Chrysomelidae collected between years and among sites. Normality of data was assessed by the Kolmogorov-Smirnov (KS) test, and when necessary, the data were log transformed.

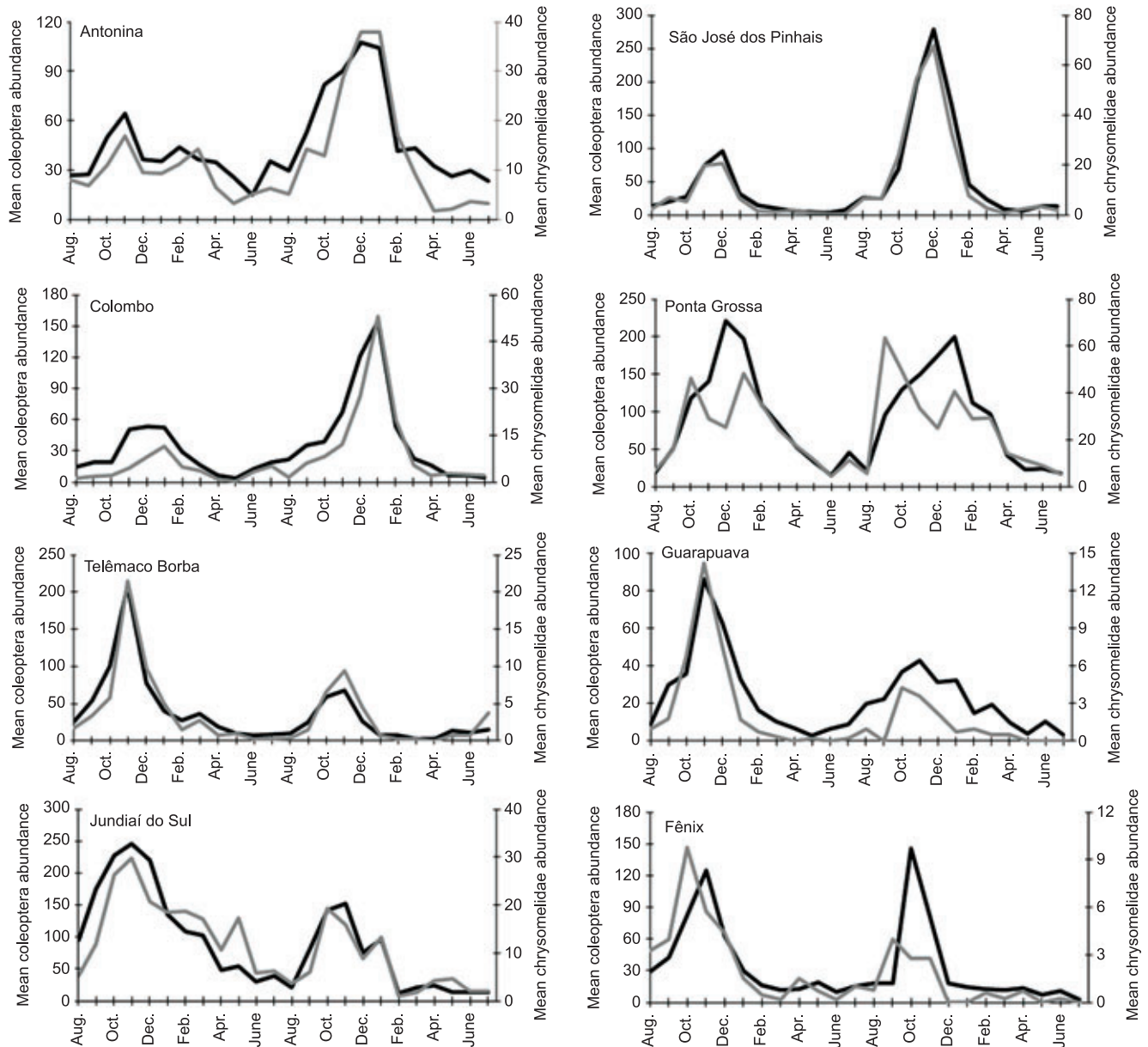
Analyses were performed using the software STATISTICA 8.0 (StatSoft 2007).

## Results

### 1. Seasonal pattern of Chrysomelidae

Of the 7,611 chrysomelids collected, the highest number was reached in the second year (Table 1). Only Jundiá do Sul showed a significant difference ( $F_{1,22} = 9.57$ ;  $p = 0.005$ ) in abundance between years, with 69.8% collected in the first year. However, there was a great but not significant increase in abundance in the second year in São José dos Pinhais (Table 1).

In general, there was one clear peak of abundance per year (Figure 2). In Antonina the peaks occurred in November in the first year and in January in the second, with the largest catch in the second year. In São José dos Pinhais, the peaks were in December in both years. In Colombo, the peaks were in January, and there was a larger catch in the second year. In Ponta Grossa, there were two similar peaks in the first year, in October and January; in the second year, the peak occurred in September. In Telêmaco Borba the peaks were in November, and the higher value was in the first year. For Guarapuava and Jundiá do Sul, the peaks were in November in the first year and in October in the second. Finally, in Fênix, the peaks were in October in the first year and in September in the second. In



**Figure 2.** Seasonal distribution pattern of Coleoptera and Chrysomelidae sampled with Malaise trap in eight sites of the state of Paraná, Brazil, from August 1986 to July 1988. \* Dark line: Coleoptera; gray line: Chrysomelidae.

**Table 1.** Abundance of Chrysomelidae (N) sampled with Malaise traps in eight sites of the state of Paraná, Brazil, from August 1986 to July 1988, and its correlation values with the meteorological variables. Values followed by \* have significant correlation ( $p < 0.05$ ).

Site	Total abundance		Correlation values				
	1 <sup>st</sup> year	2 <sup>nd</sup> year	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	RH	Rain	PP
Antonina	455	752	0.58*	0.49*	-0.63*	0.09	0.73*
São José dos Pinhais	299	906	0.36	0.36	0.04	0.17	0.65*
Colombo	207	580	0.58*	0.50*	-0.34	0.05	0.58*
Ponta Grossa	1,160	1,342	0.49*	0.50*	-0.15	-0.11	0.69*
Telêmaco Borba	231	126	0.38	0.15	-0.41*	0.23	0.54*
Guarapuava	148	59	0.40	0.17	-0.46*	-0.02	0.55*
Jundiá do Sul	808	349	0.50*	0.45*	-0.30	0.27	0.59*
Fênix	140	49	0.09	0.17	-0.73*	-0.15	0.30
Total	3,448	4,163					

T<sub>max</sub>: maximum temperature; T<sub>min</sub>: minimum temperature; RH: relative humidity; Rain: rainfall; PP: photoperiod.



São José dos Pinhais, Colombo, Telêmaco Borba, Guarapuava and Fênix, the peaks were very evident. However, at the other sites, there were several smaller peaks throughout the period.

Photoperiod was the abiotic factor most influenced positively the Chrysomelidae seasonality at the sites, excepting Fenix. In this site only relative humidity had significant and negative correlation value (Table 1). Besides, in Antonina significant correlations were also obtained with temperature and relative humidity; in Colombo, Ponta Grossa and Jundiá do Sul with temperature; in Telêmaco Borba and Guarapuava with relative humidity (Table 1).

The seasonal distribution pattern of Chrysomelidae and total Coleoptera were very similar, with high and significant correlation values, even when data of Chrysomelidae was removed of the total Coleoptera, with exception of Ponta Grossa and Fênix (Figure 2; Table 2). Only in Ponta Grossa the correlation value decreased considerably (to 0.54) when data of Chrysomelidae was removed from Coleoptera.

The seasonal pattern of Chrysomelidae and the most abundant species of each site had significant positive correlation values in Antonina, São José dos Pinhais, Colombo, Ponta Grossa and Fênix, and in Colombo and Fênix the second most abundant species also had significant positive correlation values. Besides, in Jundiá do Sul *Syphrea* sp. 4, the second most abundant species, showed higher and significant positive correlation with Chrysomelidae than the first one, *Epitrix* sp. 6 (Table 2).

When the data were grouped by seasons (Figure 3), chrysomelids occurred mainly during spring and/or summer. Similar patterns were found in Telêmaco Borba, Guarapuava, Jundiá do Sul, Fênix and Colombo, where the highest capture occurred in the same season in both years, spring at the first four sites and summer in Colombo. In other sites the peaks occurred in spring in one year and summer in other. The lowest abundances occurred in autumn or winter. The highest species richness of Chrysomelidae was recorded in the seasons with the highest abundances (Figure 3).

## 2. Seasonal pattern of the ten dominant Chrysomelidae species

The ten most abundantly captured species (2.2% of the species; Table 3) represented 44.7% of all Chrysomelidae specimens sampled; 78.5% of the species had less than ten individuals, and 19.3% had its abundance sparsely distributed along the years (Linzmeier & Ribeiro-Costa 2012) not being possible to study its seasonal pattern.

The dominant species, nine Alticini (Galerucinae) and one Eumolpinae, showed different seasonal patterns at the sites where they were most abundant (Table 3; Figure 4).

*Margaridisa* sp., with 92.5% collected in Antonina, showed a considerable peak in December 1987 and two smaller in November 1986 and March 1987 (Figure 4). *Neothona prima*, collected almost exclusively in Ponta Grossa, showed very marked seasonality with the first peak in October 1986 and another in September 1987, followed by a smaller peak in January in both years. *Dinaltica gigia* was also collected almost exclusively in Ponta Grossa, but did not show a clear seasonal pattern over the years. However, the largest captures were in February 1987 and in March 1988. *Genaphthona yasmina*, with 94.3% of the total collected in Ponta Grossa, also did not show a clear seasonal pattern. There were two peaks, one in January 1987 and another in April 1987, and a much smaller one in March 1988. *Diphaltica* sp., collected only in São José dos Pinhais, showed very marked seasonality, with peaks in November in both years, and was almost exclusively recorded from October to December. Most *Epitrix* sp. 6 specimens were obtained from Jundiá do Sul. Its abundance peaked in May in both years, with smaller peaks in October 1986 and January 1988. Eumolpinae sp. 24, with 63.7% collected in Colombo, was captured almost exclusively in the second year, from December 1987 to February 1988, with a maximum in January 1988. The other specimens of this species were caught in Telêmaco Borba, in both years with a peak in December 1986. *Trichaltica micros*, collected almost exclusively in Ponta Grossa, showed a clear seasonal pattern, with peaks in December 1986 and January 1988. It was almost never

**Table 2.** Correlation between monthly mean abundance of Chrysomelidae and total Coleoptera captured with Malaise traps and between monthly mean abundance of Chrysomelidae and the two dominant species of each sampled site in the state of Paraná, Brazil, from August 1986 to July 1988. Values followed by \* had significant correlation ( $p < 0.05$ ).

	ANT	SJ	CO	PG	TB	GUA	JU	FE
Chrysomelidae x Coleoptera	0.92*	0.99*	0.95*	0.70*	0.95*	0.92*	0.88*	0.67*
Chrysomelidae x 1 <sup>st</sup> sp. + abundant	0.98*	0.89*	0.88*	0.84*	0.18	0.26	0.21	0.75*
Chrysomelidae x 2 <sup>nd</sup> sp. + abundant	0.37	0.26	0.59*	-0.11	0.16	0.14	0.79*	0.66*

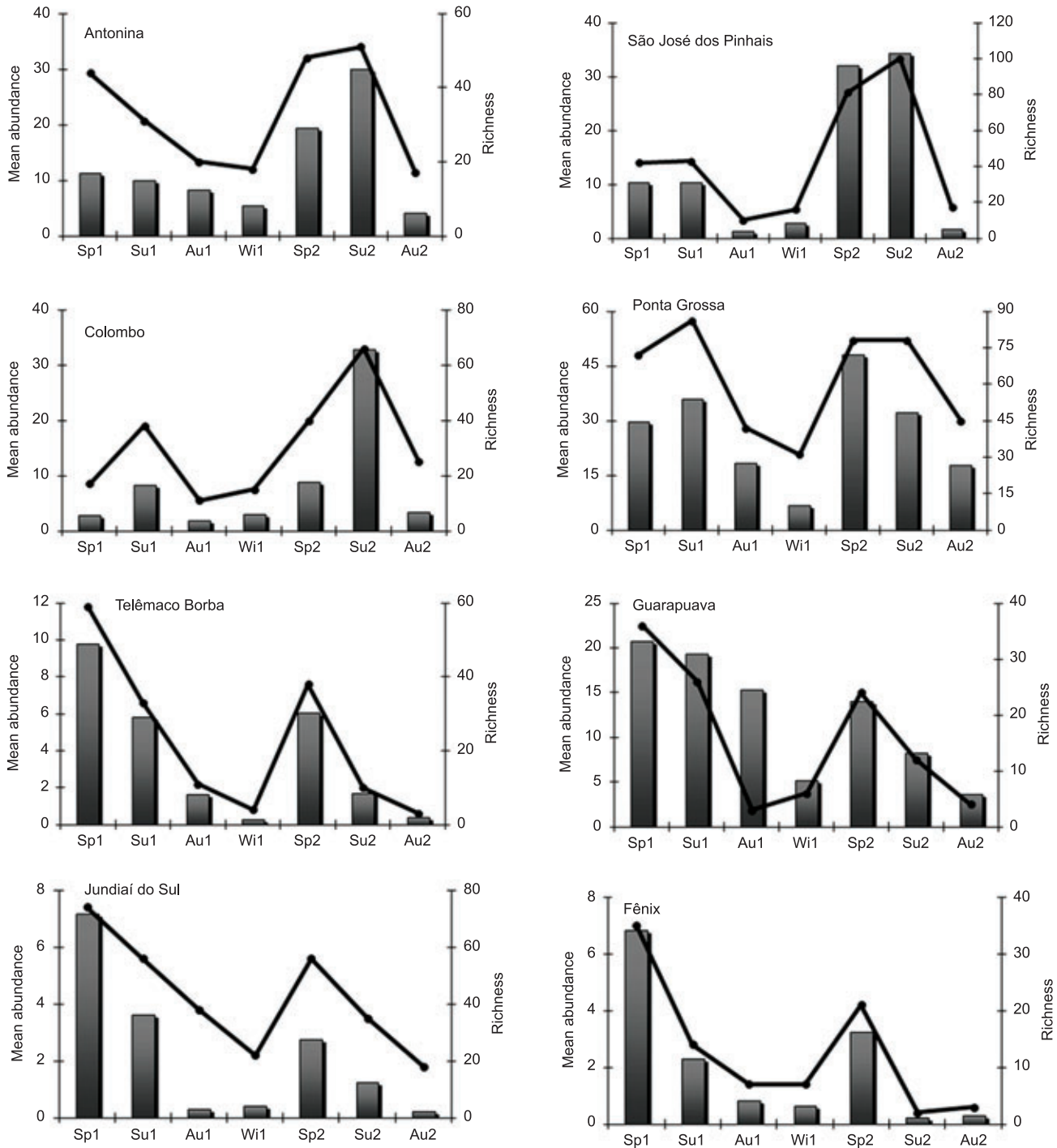
ANT: Antonina; SJ: São José dos Pinhais; CO: Colombo; PG: Ponta Grossa; TB: Telêmaco Borba; GUA: Guarapuava; JU: Jundiá do Sul; FE: Fênix.

**Table 3.** The ten dominant Chrysomelidae species sampled with Malaise traps in eight sites of Paraná, Brazil, from August 1986 to July 1988 and its correlation with meteorological variables. All taxa except Eumolpinae sp. 24 belong to Alticini (Galerucinae). Values followed by \* had significant correlation ( $p < 0.05$ ).

	N <sub>total</sub>	N <sub>local</sub>	Local	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	RH	Rain	PP
<i>Margaridisa</i> sp.	922	853	ANT	0.57*	0.47*	-0.65*	0.07	0.66*
<i>Neothona prima</i> Bechyné, 1955	668	662	PG	0.01	0.02	-0.14	-0.20	0.29
<i>Dinaltica gigia</i> Bechyné, 1956	349	344	PG	0.19	0.27	0.21	0.12	-0.12
<i>Genaphthona yasmina</i> Bechyné, 1955	227	214	PG	0.48*	0.50*	0.25	0.09	0.23
<i>Diphaltica</i> sp.	219	219	SJ	0.24	0.24	0.10	-0.03	0.47*
<i>Epitrix</i> sp. 6	216	200	JU	-0.22	-0.12	0.13	-0.02	-0.38
Eumolpinae sp. 24	202	129	CO	0.49*	0.40	-0.24	0.31	0.35
<i>Monoplatus ocularis</i> Bechyné, 1955	200	178	CO	0.21	0.12	-0.26	-0.11	0.19
<i>Trichaltica micros</i> Bechyné, 1954	193	190	PG	0.65*	0.70*	-0.03	0.16	0.61*
<i>Syphrea</i> sp.4*	190	186	JU	0.46*	0.34	-0.34	0.13	0.42*

N<sub>total</sub>: Total abundance; N<sub>local</sub>: abundance at the site where species was most abundant; Local: site where the species was most abundant; T<sub>max</sub>: maximum temperature; T<sub>min</sub>: minimum temperature; RH: relative humidity; Rain: rainfall; PP: Photoperiod. ANT: Antonina; SJ: São José dos Pinhais; CO: Colombo; PG: Ponta Grossa; JU: Jundiá do Sul.





**Figure 3.** Seasonal distribution pattern of Chrysomelidae abundance and species richness sampled with Malaise traps along the seasons in eight sites of the state of Paraná, Brazil, from August 1986 to July 1988. \* Columns represent the mean abundance by season and line the total species richness. Sp: spring; Su: summer; Au: autumn; Wi: winter; the numbers following the seasons name represent the year of sample (1: first year; 2: second year).

recorded in winter. Finally, *Monoplatus ocularis*, with 89% collected in Colombo, had no clear seasonal pattern, because several peaks were observed during both years as with *Syphrea* sp. 4, which was collected almost exclusively in Jundiá do Sul.

Significant correlations were found for *Margaridisa* sp. abundance with maximum and minimum temperature, relative humidity and photoperiod, for *T. micros* abundance with maximum and minimum

temperature and photoperiod, for *G. yasmina* abundance with maximum and minimum temperatures, for *Syphrea* sp. 4 abundance with maximum temperature and photoperiod, for Eumoplineae sp. 24 abundance with maximum temperature, and for *Diphaltica* sp. abundance with photoperiod (Table 3). *Neothona prima*, *D. gigia*, *Epitrix* sp. 6, *M. ocularis* abundances were not correlated with any of the variables analyzed (Table 3).

Seasonal pattern of Chrysomelidae in southern Brazil

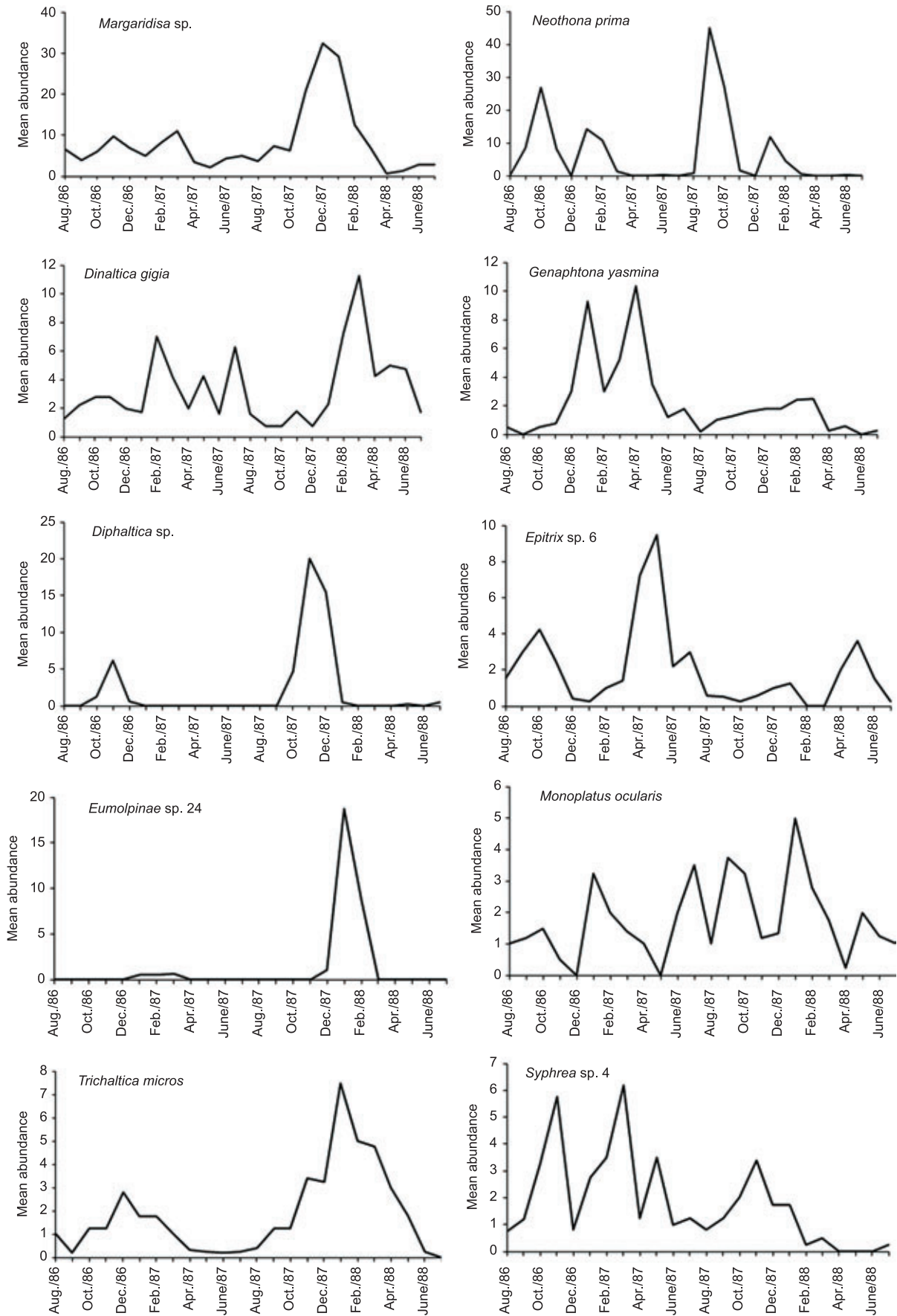


Figure 4. Seasonal distribution pattern of the ten dominant Chrysomelidae species sampled with Malaise traps in the state of Paraná, Brazil, from August 1986 to July 1988.

## Discussion

### 1. Seasonal pattern of Chrysomelidae

The decrease of Chrysomelidae abundance from 1986 to 1988 in Jundiá do Sul is difficult to be explained, although the increase in São José dos Pinhais, even not significant, may be explained by a higher mean maximum temperature (19.9 °C) and lower rainfall (577.7 mm) in the months from October to December and the reverse in the first year (17.9 °C; 824 mm). During 1986 and 1987, there was a moderate El Niño, during which the rains are more abundant than in normal years and temperatures decrease (Cesar Duquia, personal comm.). This phenomenon may have contributed in some way on the Chrysomelidae captures.

The similarity of the abundance pattern of Chrysomelidae and total Coleoptera is probably related to the dominance of herbivorous families sampled by Malaise. In Fênix and mainly in Ponta Grossa where differences between the patterns of these groups were largest, it is possible that families of non herbivorous beetles dominated and influenced the pattern of total Coleoptera. The most abundant species in Antonina, São José dos Pinhais, Colombo, Ponta Grossa and Fênix, that are *Margaridisa* sp., *Diphaltica* sp., Eumolpinae sp. 24, *N. prima* and Eumolpinae sp. 7, respectively, and the second most abundant in Colombo and Fênix, *M. ocularis* and *Syphrea* sp. 3, respectively, are representing and influencing the distribution pattern of the family at these sites. However, in Jundiá do Sul the second most abundant species, *Syphrea* sp. 4, most influenced the Chrysomelidae pattern found, since the first one *Epirix* sp. 6, showed a differentiated pattern with its higher abundances in autumn/winter.

Photoperiod was the variable with the highest correlation values being the most significant in the Chrysomelidae seasonality in most sites, corroborating the earlier findings of Linzmeier & Ribeiro-Costa (2008). Another variable correlated with the seasonal pattern was the temperature. Wolda (1978a) considered these the main factors determining changes in species abundance in temperate regions and, Marques et al. (2004) also reported them as those most closely correlated with plant phenology in an *Araucaria* forest in Paraná. In Fênix the relative humidity showed to be the most important variable, probably acting on the flight activity of the chrysomelids as well as for Diptera (Marinoni & Bonatto 2002, Costacurta et al. 2003).

At all sites, the Chrysomelidae showed a marked seasonal pattern with the largest captures in spring and/or summer and smallest in winter as reported earlier by Linzmeier & Ribeiro-Costa (2008). This pattern has also been observed for several groups of insects sampled at these same sites as Lepidoptera, Trichoptera, Diptera (Muscidae and Syrphidae) (Marinoni & Dutra 1996, Almeida & Marinoni 2000, Marinoni & Bonatto 2002, Costacurta et al. 2003). Following Linzmeier & Ribeiro-Costa (2008), the elevated number of species and specimens at these seasons are related to higher food availability/quality since is in this period that the leaves sprout. Herbivores generally prefer to consume young leaves (Jolivet 1988, Novotný & Basset 1998, Alonso & Herrera 2000), which are more nutritious, with higher water and nitrogen content and less chemical defenses such as tannins and resins (Wolda 1978b). In addition, in the spring/summer, some species, especially the Eumolpinae, have been associated to the presence of flowers (Basset & Samuelson 1996).

Since budding and flowering in *Araucaria* forests occur during the wettest months, September to December (Marques et al. 2004), and as Colombo, Ponta Grossa, Telémaco Borba and Guarapuava are included in this ecosystem, there seems to be a congruence between the phenological patterns of plants and the abundance peak of Chrysomelidae at these sites, which were also more similar

in Chrysomelidae species composition according to Linzmeier & Ribeiro-Costa (2012).

However, as plants are not only subjected to regional climate variations, but also to local environmental variations (Marques & Oliveira 2004), it is possible that changes in the occurrence peaks of Chrysomelidae may be related to variations on this scale. Other factors are predation and competition for resources. Predation can act to determine the seasonal pattern of the species, and Chrysomelidae display a wide range of predator avoidance behaviors. Among the groups mainly collected in this study (Galerucinae-Alticini and Eumolpinae) two important strategies are found: both have many species root feeders in larval stages and free leaf eaters as adults, and Alticini has another effective behavior, the ability to jump (Ge et al. 2011). Besides, since herbivores have similar ecological requirements, interspecific competition is a major cause of community structure (Schluter & Ricklefs 1993) and Linzmeier & Ribeiro-Costa (2008) found that the Alticini (Chrysomelidae) of Ponta Grossa was structured in the seasons with food competition being the most likely cause.

Among the sites, Jundiá do Sul stands out due to the relatively high chrysomelid abundance in all seasons but especially in autumn. One possible hypothesis to explain this high abundance is the geographical position of this site, at lower latitude in the northern part of the state. Wolda (1988) pointed that the lower the latitude, the longer the period of growth and reproduction of plants and animals. Thus, it is possible that the period of chrysomelid occurrence tends to be longer at this site, increasing the number of generations. However, contrary to the proposal of Wolda (1988) that rainfall, at lower latitudes, has a greater influence on species seasonality, such variable in Jundiá do Sul had not much influence on the seasonality of Chrysomelidae.

### 2. Seasonal pattern of the ten dominant Chrysomelidae species

Unlike the Chrysomelidae pattern, the peaks of *Epirix* sp. 6, *Syphrea* sp. 4 and *G. yasmína* were in the months of autumn or winter. *Syphrea* sp. 4, which was the second most abundant species in Jundiá do Sul, with a peak in autumn, most influenced the Chrysomelidae pattern at this site; *G. yasmína*, abundant in Ponta Grossa, also showed a peak in autumn.

Most species seem to have at least two generations per year. For *N. prima*, this pattern is evident and well delimited by the presence of a peak in early spring and a smaller one in the summer. *Margaridisa* sp., *D. gigia*, *G. yasmína*, *Epirix* sp. 6, *M. ocularis*, *T. micros* and *Syphrea* sp. 4 seem to be multivoltine since they occurred along the years. These species are likely to be generalists consuming different plant species, resulting in their occurrence throughout the years sampled. Only *Diphaltica* sp. and Eumolpinae sp. 24 are probably univoltine, occurring only in spring/summer and each one should be restrict to a specific host species.

Of the ten species, *D. gigia*, *M. ocularis*, one species of *Trichaltica* and one of *Syphrea* were also collected in large numbers by Linzmeier et al. (2006) in Ponta Grossa. Assessing the seasonality of these species, the first two were shown to have a pattern similar to that found in the present study. The *Trichaltica* species, *T. elegantula* Baly, 1876, occurred only from September to November and was recorded feeding on flowers of *Allophylus edulis* (St. Hil) Radlk (Sapindaceae) (Linzmeier & Ribeiro-Costa 2009). According to Bechyné (1997), species of this genus are found on flowers, sometimes damaging them. Thus, *T. micros*, one of the most collected species in this work, should also feed on flowers, but it seemed to be more generalist since it occurred in almost all the months, being more abundant in spring/summer. The *Syphrea* species, *S. olga* Bechyné, 1955, like *Syphrea*



sp. 4, was collected during the whole period, with peaks in winter. Unlike *Syphrea* sp. 4, *S. olga* occurred in spring and autumn, with a peak in the latter season.

Temperature and photoperiod were also the main factors influencing the population of the species, but some species were not correlated with any variable. Besides abiotic factors, biological and behavioral characteristics of each species act to determine their seasonal pattern. Basset & Samuelson (1996) attempted to determine the seasonal pattern of some Chrysomelidae species in Papua New Guinea, and even knowing the identity and phenology of various plants, they were unable to correlate the peaks of chrysomelid activity to the phenology of their hosts. Furthermore, the abiotic variables measured by these authors did not show significant correlations with the species' activity, showing the difficulty of conducting this kind of study.

Unfortunately, little is known about the species studied here. It is only known that several *Epitrix* Foudras, 1859 species, that are worldwide distributed, are agricultural pests, leaf borers and generally attack solanaceous plants, causing damage to several crops (Bechyné 1997, Gallo et al. 2002). In the case of *Margaridisa* and *Syphrea*, which are also leaf borers, their host plants are recorded to be *Ricinus communis* L. (Euphorbiaceae), *Acalypha* sp. (Euphorbiaceae) and *Hibiscus rosa-sinensis* L. (Malvaceae) for *Margaridisa* and *Passiflora* sp. (Passifloraceae) and *Syzygium jambos* L. (Alston) (Myrtaceae) for *Syphrea* (Bechyné 1997, Riley et al. 2002). Taking into account this information, it is possible that the species of *Margaridisa* and *Syphrea* collected in this study can be associated with *Hibiscus* and *Passiflora* species, respectively, since *Hibiscus* is a plant widely used as a hedge in Antonina and *Passiflora* is quite common in the forests and easily found at the sites sampled.

This work presents for the first time a comprehensive study on the seasonality of Chrysomelidae at southern of Brazil from samples at eight sites in Paraná over two consecutive years. The patterns found follow the general pattern of subtropical region where the higher captures of insects occur in the spring/summer. However, to better understand the seasonal patterns of chrysomelids in subtropical regions, it is necessary to extend studies on the natural history of the Chrysomelidae species.

## Acknowledgments

We are grateful to Dr. Renato C. Marinoni (Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná, *in memoriam*) for material provided, to César Duquia (Instituto Tecnológico SIMEPAR) for the information about El Niño, to the anonymous reviewers for the valuable suggestions and to the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) for awarding scholarships to the authors. This article represents contribution number 1858 of Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brazil.

## References

- ALMEIDA, G.L. & MARINONI, L. 2000. Abundância e sazonalidade das espécies de Leptoceridae (Insecta, Trichoptera) capturadas com armadilha luminosa no Estado do Paraná, Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 17(2):347-359. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-8175200000200005>
- ALONSO, C. & HERRERA, C.M. 2000. Seasonal variation in leaf characteristics and food selection by larval noctuids on an evergreen Mediterranean shrub. *Acta Oecol.* 21:257-265. [http://dx.doi.org/10.1016/S1146-609X\(00\)01082-1](http://dx.doi.org/10.1016/S1146-609X(00)01082-1)
- BASSET, Y. & SAMUELSON, G.A. 1996. Ecological characteristics of an arboreal community of Chrysomelidae in Papua New Guinea. In *Chrysomelidae Biology: Ecological Studies* (P. Jolivet & M.L. Cox, eds.). Academic Publishing, Amsterdam, p.243-262.
- BECHYNÉ, J. 1997. Evaluación de los datos sobre los Phytophaga dañinos en Venezuela (Coleoptera) Parte I. *Bol Entomol Venez, Ser Monog.* 1:1-278.
- BOUCHARD, P., GREBENNIKOV, V.V., SMITH, A.B.T. & DOUGLAS, H. 2009. Biodiversity of Coleoptera. In *Insect biodiversity: science and society* (R.G. Footitt & P.H. Adler, eds.). Blackwell Publishing, Oxford, p.265-301. <http://dx.doi.org/10.1002/9781444308211.ch11>
- COSTA, C. 2000. Estado de conocimiento de los Coleoptera Neotropicales. In *Hacia un Proyecto CYTED para el Inventario y Estimación de la Diversidad Entomológica en Iberoamérica: PrIBES-2000* (F. Martín-Piera, J.J. Morrone & A. Melic, eds.). Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza, v.1, p.99-114.
- COSTACURTA, N.C., MARINONI, R.C. & CARVALHO, C.J.B. 2003. Fauna de Muscidae (Diptera) em três localidades do Estado do Paraná, Brasil, capturada por armadilha Malaise. *Rev. Bras. Entomol.* 47(3):389-397. <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262003000300005>
- DANKS, H.V. 2007. The elements of seasonal adaptations in insects. *Can. Entomol.* 139:1-44. <http://dx.doi.org/10.4039/n06-048>
- FURTH, D.G., LONGINO, J.T. & PANIAGUA, M. 2003. Survey and quantitative assessment of flea beetle diversity in a Costa Rican rainforest (Coleoptera: Chrysomelidae: Alticini). In *Special topics in leaf beetle biology* (D.G. Furth, ed.). Russia, Moscow, p.1-23.
- GALLO, D., NAKANO, O., SILVEIRA NETO, S., CARVALHO, R.P.L., BAPTISTA, G.C., BERTI FILHO, E., PARRA, J.R.P., ZUCCHI, R.A., ALVES, S.B., VENDRAMIM, J.D., MARCHINI, L.C., LOPES, J.R.S. & OMOTO, C. 2002. *Entomologia Agrícola*. Fundação de estudos agrários Luiz de Queiroz, Piracicaba, 920p.
- GANHO, N.G. & MARINONI, R.C. 2003. Fauna de Coleoptera no Parque Estadual de Vila Velha, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. Abundância e riqueza das famílias capturadas através de armadilhas armadilha Malaise. *Rev. Bras. Zool.* 20(4):727-736. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752003000400028>
- GE, D., CHESTERS, D., GÓMEZ-ZURITA, J., ZHANG, L., YANG, X. & VOGLER, A.P. 2011. Anti-predator defense drives parallel morphological evolution in flea beetles. *Proc. R. Soc. B* 278:2133-2141. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2010.1500>
- JOLIVET, P. 1988. Food habits and food selection of Chrysomelidae: Bionomic and evolutionary perspectives. In *Biology of Chrysomelidae* (P. Jolivet & T.H. Hsiao, eds.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, p.1-24. [http://dx.doi.org/10.1007/978-94-009-3105-3\\_1](http://dx.doi.org/10.1007/978-94-009-3105-3_1)
- JOLIVET, P. 1992. *Insects and plants: parallel evolution and adaptations*. Sandhill Crane Press.
- JOLIVET, P. & HAWKESWOOD, T.J. 1995. Host-plants of Chrysomelidae beetles of the world: an essay about the relationships between leaf beetles and their food-plants. Backhuys Publishers, Leiden.
- LINZMEIER, A.M. & RIBEIRO-COSTA, C.S. 2008. Seasonality and temporal structuration of Alticini community (Coleoptera, Chrysomelidae, Galerucinae) in the Araucaria Forest of Parana, Brazil. *Rev. Bras. Entomol.* 52(2):289-295. <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262008000200009>
- LINZMEIER, A.M. & RIBEIRO-COSTA, C.S. 2009. Spatio-temporal dynamics of Alticini (Coleoptera, Chrysomelidae) in a fragment of Araucaria Forest in the state of Parana, Brazil. *Rev. Bras. Entomol.* 53(2):294-299. <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262009000200013>
- LINZMEIER, A.M. & RIBEIRO-COSTA, C.S. 2012. Spatial-temporal composition of Chrysomelidae (Insecta: Coleoptera) communities in southern Brazil. *J. Nat. Hist.* 46:1921-1938. <http://dx.doi.org/10.1080/00222933.2012.707237>
- LINZMEIER, A.M., RIBEIRO-COSTA, C.S. & MARINONI, R.C. 2006. Fauna de Alticini (Newman) (Coleoptera, Chrysomelidae, Galerucinae) em diferentes estágios sucessionais na Floresta com Araucária do Paraná, Brasil: diversidade e estimativa de riqueza de espécies. *Rev. Bras. Entomol.* 50(1):101-109. <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262006000100015>
- LEHMANN, E.L. & D'ABRERA, H.J.M. 1998. *Nonparametrics: Statistical Methods Based on Ranks*. rev. ed. Upper Saddle River, Prentice-Hall.



- MARINONI, L. & BONATTO, S.R. 2002. Sazonalidade de três espécies de Syrphidae (Insecta, Diptera) capturadas com armadilha Malaise no Estado do Paraná, Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 19(1):95-104. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752002000100007>
- MARINONI, R.C. & DUTRA, R.R. 1993. Levantamento da fauna entomológica no Estado do Paraná. I. Introdução. Situações climática e florística de oito pontos de coleta. Dados faunísticos de agosto de 1986 a julho de 1987. *Rev. Bras. Zool.* 8(1-2):31-73.
- MARINONI, R.C. & DUTRA, R.R. 1996. Levantamento da fauna entomológica no Estado do Paraná. II. Ctenuchidae (Lepidoptera). *Rev. Bras. Zool.* 13(2):435-461. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81751996000200014>
- MARINONI, R.C. & DUTRA, R.R. 1997. Famílias de Coleoptera capturadas com armadilha Malaise em oito localidades do Estado do Paraná, Brasil. Diversidade alfa e beta. *Rev. Bras. Zool.* 14(3):751-770. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81751997000300021>
- MARINONI, R.C. & GANHO, N.G. 2003. Sazonalidade de *Nyssodrysinia lignaria* (Bates) (Coleoptera, Cerambycidae, Lamiinae), no Estado do Paraná, Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 20(1):141-152. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752003000100018>
- MARQUES, M.C.M. & OLIVEIRA, P.E.A.M. 2004. Fenologia de espécies do dossel e do sub-bosque de duas Florestas de Restinga na Ilha do Mel, sul do Brasil. *Rev. Bras. Bot.* 27(3):713-723.
- MARQUES, M.C.M., ROPER, J.J. & SALVALAGGIO, A.P.B. 2004. Phenological patterns among plant life-forms in a subtropical forest in southern Brazil. *Plant Ecol.* 173:203-213. <http://dx.doi.org/10.1023/B:VEGE.0000029325.85031.90>
- MOREIRA, J.L.K. 2009. Anuário Interativo do Observatório Nacional [internet]. Observatório Nacional, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Rio de Janeiro. <http://euler.on.br/ephemeris/index.php> (último acesso em 10/03/2009).
- NETHERER, S. & SCHOPF, A. 2010. Potential effects of climate change on insect herbivores in European forests - General aspects and the pine processionary moth as specific example. *For. Ecol. Manage.* 259:831-838. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2009.07.034>
- NOVOTNÝ, V. & BASSET, Y. 1998. Seasonality of sap-sucking insects (Auchenorrhyncha, Hemiptera) feeding on *Ficus* (Moraceae) in a lowland rain forest in New Guinea. *Oecologia* 115:514-522. <http://dx.doi.org/10.1007/s004420050549>
- REID, C.A.M. 1995. A cladistic analysis of subfamilial relationships in the Chrysomelidae *sensu lato* (Chrysomeloidea). In *Biology, Phylogeny and Classification of Coleoptera: Papers Celebrating the 80<sup>th</sup> Birthday of Roy A. Crowson* (J. Pakaluk & S.A. Slipinski, eds.). Muzeum i Instytut Zoologii PAN, Warszawa, p.559-631.
- RIEDEL, R., MARINONI, R.C. & MARTINS-OPOLIS, N. 2007. Spatio-temporal trends of insect communities in Southern Brazil. *J. Entomol.* 5(6):369-380. <http://dx.doi.org/10.3923/je.2008.369.380>
- RILEY, E.G., CLARK, S.M., FLOWERS, R.W. & GILBERT, A.JR. 2002. Chrysomeloidea. In *American Beetles Polyphaga: Scarabaeoidea through Curculionoidea* (R.H. Arnett, M.C. Thomas, P.E. Skelley & J.H. Frank, eds.). CRC Press LLC, Boca Raton, p.617-691.
- SCHLUTER, D. & RICKLEFS, R.E. 1993. Species diversity: an introduction to the problem. In *Species diversity in ecological communities: historical and geographical perspectives* (R.E. Ricklefs & D. Schluter, eds.). University of Chicago Press, Chicago, p.1-10.
- VELOSO, H.P. & GÓES-FILHO. 1982. Fitogeografia Brasileira. Classificação fisionomica-ecológica da vegetação neotropical. *Bol. Tec. Projeto RADAMBRASIL, Série Vegetação.*
- StatSoft, Inc. 2007. STATISTICA (data analysis software system). version 8.0. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com)
- WOLDA, H. 1978a. Fluctuations in abundance of tropical insects. *Am. Nat.* 112:1017-1045. <http://dx.doi.org/10.1086/283344>
- WOLDA, H. 1978b. Seasonal fluctuations in rainfall, food and abundance of tropical insects. *J. Anim. Ecol.* 47:369-381. <http://dx.doi.org/10.2307/3789>
- WOLDA, H. 1979. Seasonality parameters for insect populations. *Res. Popul. Ecol.* 20:247-256. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02512630>
- WOLDA, H. 1988. Insect seasonality: why? *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 19:1-18.

Received 21/03/2012

Revised 31/08/2012

Accepted 25/03/2013

### The expected role of IPBES

In June 2010, after 5 years of negotiation representatives of approximately 90 countries gathered in Busan, Korea, approved the formation of a new entity the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services/IPBES. Specific discussions on IPBES started following the final meeting of the multi-stakeholder international steering committee for the consultative process on an International Mechanism of Scientific Expertise on Biodiversity (IMoSEB) in November 2007. The consultation towards IMoSEB decided to invite the Executive Director of UNEP - in collaboration with governments and other partners - to convene an intergovernmental and multi-stakeholder meeting to consider the establishment of an intergovernmental mechanism for biodiversity and ecosystem services.

The Busan Outcome was welcomed by the 10th Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity/CBD in Nagoya in October 2010, and was subsequently considered at the 65th session of the United Nations General Assembly (UNGA). UNGA passed a resolution requesting UNEP to convene a plenary meeting to fully operationalize IPBES at the earliest opportunity. This resolution was then taken on board by UNEP in a decision at the 26th session of the UNEP Governing Council meeting, held in February 2011.

The plenary meeting was held in two sessions. The first session was held from 3 to 7 October 2011 in Nairobi. The second session of the plenary was hosted by UNEP, in collaboration with UNESCO, FAO and UNDP, in Panama City from 16 to 21 April 2012. There, many of the modalities and institutional arrangements for the Platform were finalized and 94 Governments adopted a resolution establishing the Platform as an independent intergovernmental body.

“Biodiversity from terrestrial, marine, coastal, and inland water ecosystems provides the basis for ecosystems and the services they provide that underpin human well-being. However, biodiversity and ecosystem services are declining at an unprecedented rate, and in order to address this challenge, adequate local, national and international policies need to be adopted and implemented. To achieve this, decision makers need scientifically credible and independent information that takes into account the complex relationships between biodiversity, ecosystem services, and people. They also need effective methods to interpret this scientific information in order to make informed decisions. The scientific community also needs to understand the needs of decision makers better in order to provide them with the relevant information. In essence, the dialogue between the scientific community, governments, and other stakeholders on biodiversity and ecosystem services needs to be strengthened” (<http://www.ipbes.net/about-ipbes.html>).

To this end, a new platform has been established by the international community – the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services/IPBES. was established in April 2012, as an independent intergovernmental body open to all member countries of the United Nations. The members are committed to building IPBES as the leading intergovernmental body for assessing the state of the planet’s biodiversity, its ecosystems and the essential services they provide to society.

IPBES provides a mechanism recognized by both the scientific and policy communities to synthesize, review, assess and critically evaluate relevant information and knowledge generated worldwide by governments, academia, scientific organizations, non-governmental organizations and indigenous communities. This involves a credible group of experts in conducting assessments of such information and knowledge in a transparent way. IPBES is unique in that it will aim to strengthen capacity for the effective use of science in decision-making at all levels. IPBES will also aim to address the needs of Multilateral Environmental Agreements that are related to biodiversity and ecosystem services, and build on existing processes ensuring synergy and complementarities in each other’s work. IPBES will be the first global mechanism that brings together information regarding the protection and sustainable use of biodiversity and ecosystem services, synthesizes that information in a policy-relevant manner, and provides analyses of that information for decision makers.

The first meeting of the Platform’s Plenary (IPBES-1) will be held in Bonn, Germany from 21 to 26 January 2013, hosted by the Government of Germany. Regional and stakeholder consultations will take place one day prior to the meeting on Sunday, 20 January 2013. The meeting will aim to agree on the remaining rules of procedures for the meetings of the platform, consider other rules of procedure for the platform, elect Bureau and Multidisciplinary Expert Panel members, and agree on the next steps by which the IPBES work program can become operational as soon as possible.

IPBES role goes far beyond assessments. The new Intergovernmental Platform must, as stated by Hulme et al (2011), “move beyond conventional scientific knowledge assessments that legitimize, almost exclusively, only peer-reviewed material. Knowledge established across all scales (especially the knowledge of local and indigenous peoples) and validated in multiple ways must be eligible for inclusion in IPBES processes. Changes in biodiversity are first experienced locally and thus many forms of local expertise have particular relevance for biodiversity issues. Second, we should link IPBES assessment results to decision-making at multiple spatial scales (including tackling biodiversity loss at the grassroots

level). Both of these goals require all aspects of capacity-building, including empowerment of different kinds of actors, to be reflected in the structural design of IPBES”.

The intergovernmental body for biodiversity must draw on a much broader range of knowledge and stakeholders than the IPCC, say Esther Turnhout and colleagues.

Hulme, M.; Mahony, M.; Beck, S.; Görg, C.; Hansjürgens, B.; Hauck, J.; Nesshöver, C.; Paulsch, A.; Vandewalle, M.; Wittmer, H.; Bösch, S.; Bridgewater, P.; Diaw, M.C.; Fabre, P.; Figueroa, A.; Heong, K.L.; Korn, H.; Leemans, R.; Lövbrand, E.; Hamid, M.N.; Monfreda, C.; Pielke Jr., R.; Settele, J.; Winter, M.; Vadrot, A.B.M.; van den Hove, S. & van der Sluijs, J.P. 2011 Science-Policy Interface: Beyond Assessments. *Science* 333(6043): 697-698

Turnhout, E.; Bloomfield, B.; Hulme, M.; Vogel, J. & Wynne, B. 2012 Conservation policy: Listen to the voices of experience. *Nature* 488: 454–455.

**Prof. Carlos Alfredo Joly**  
**Biology Institute/ UNICAMP - State University of Campinas**  
**Chairman of BIOTA/FAPESP Program**

## Anuran diversity (Amphibia, Anura) in a Seasonal Forest fragment in southern Brazil

Veluma Ialú Molinari De Bastiani<sup>1,2</sup> & Elaine Maria Lucas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais,  
Universidade Comunitária da Região de Chapecó – Unochapecó,  
Rua Senador Atilio Fontana, 591 E, Efapi, CEP 89809-000, Chapecó, SC, Brazil. [www.unochapeco.edu.br](http://www.unochapeco.edu.br)  
<sup>2</sup>Corresponding author: Veluma Ialú Molinari De Bastiani, e-mail: [veluma@unochapeco.edu.br](mailto:veluma@unochapeco.edu.br)

BASTIANI, V.I.M. & LUCAS, E.M. **Anuran diversity (Amphibia, Anura) in a Seasonal Forest fragment in southern Brazil**. *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?inventory+bn02413012013>

**Abstract:** The Atlantic Forest is the home to a diverse and threatened fauna of amphibians. However, knowledge on these species is still scarce to many of its ecosystems, such as the Seasonal Forest. This study was aimed at determining the diversity of anurans in Parque Estadual Fritz Plaumann (PEFP), located in the municipality of Concórdia, Santa Catarina, southern Brazil. The PEPF comprises 741 ha, and is the only Conservation Unit of Seasonal Forest in Santa Catarina state. From August 2010 to July 2011 we surveyed frogs fortnightly during four to ten days, from sunset until approximately midnight. Active, audio and visual searches were carried out at breeding sites and favorable areas to meet the species. The sampling effort of the survey was evaluated with species accumulation curve considering the field expeditions as sample units. The species composition of PEPF was compared with 16 other different vegetal formations of the Atlantic Forest biome through similarity analysis. Twenty-three species were recorded. The accumulation curve approached an asymptote, indicating that most species of the area were observed. Most species were observed in lentic habitats of open areas. The anuran species composition of PEPF was similar to other areas of Mixed Ombrophile Forest and Seasonal Forest in southern region. Although PEPF comprised a relatively small area, the occurrence of habitat specialists, endangered amphibians that dependent on the forest, indicates the importance of this area for the conservation of the regional fauna. The continuation of long-term standardized studies is needed to monitor the population dynamics of recorded species and support alternative management practices, aiming at the conservation of anurans at the Seasonal Forest.

**Keywords:** *biodiversity, conservation, frogs, Atlantic Forest, Santa Catarina.*

BASTIANI, V.I.M. & LUCAS, E.M. **Diversidade de anuros (Amphibia, Anura) em um remanescente de Floresta Estacional no sul do Brasil**. *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?inventory+bn02413012013>

**Resumo:** A Mata Atlântica abriga uma expressiva e ameaçada fauna de anfíbios, mas o conhecimento sobre as espécies ainda é bastante escasso para diversos de seus ecossistemas, como a Floresta Estacional. Este estudo teve como objetivo conhecer a diversidade de anuros no Parque Estadual Fritz Plaumann (PEFP), localizado no município de Concórdia, Santa Catarina, sul do Brasil. O PEPF possui 741 ha, sendo a única Unidade de Conservação de Floresta Estacional no estado de Santa Catarina. Durante os meses de agosto de 2010 a julho de 2011 realizamos amostragens quinzenais de quatro a dez dias, a partir do entardecer até aproximadamente a meia noite. Empregamos o método de busca ativa, visual e auditiva, em sítios reprodutivos e locais favoráveis ao encontro das espécies. A suficiência de amostragem foi avaliada através da curva de acumulação de espécies considerando as campanhas de campo como unidades amostrais. Utilizamos uma análise de similaridade para comparar a anurofauna do PEPF com outras 16 áreas de Mata Atlântica. Foram registradas 23 espécies. A curva de acumulação mostrou tendência à estabilização, indicando que grande parte das espécies da área foi registrada. A maioria foi observada em ambientes lênticos em área aberta. A composição da anurofauna do PEPF foi similar a áreas de Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional da região sul. Apesar de o PEPF possuir uma área relativamente pequena, a ocorrência de anfíbios especialistas de hábitat e ameaçados de extinção evidencia a sua importância para a conservação da fauna regional. O prosseguimento de estudos sistematizados em longo prazo é importante para monitorar a dinâmica populacional das espécies registradas e subsidiar alternativas de manejo, visando a conservação da anurofauna de Floresta Estacional.

**Palavras-chave:** *biodiversidade, conservação, anfíbios, Mata Atlântica, Santa Catarina.*



## Introduction

The Atlantic Forest is considered the second largest tropical rainforest of the American Continent, extending along the Brazilian coast from Piauí to Rio Grande do Sul states (Pinto et al. 2006), and to southeastern Paraguay and northeastern Argentina (Tabarelli et al. 2005). This biome originally covered approximately 1.350.000 km<sup>2</sup> of the Brazilian territory (Fundação... & Instituto... 2002), of which only 12% remain, distributed in small and isolated fragments (Ribeiro et al. 2009).

Because of its wide variations in latitude, altitude, and climatic regimes (Pinto et al. 2006, Ribeiro et al. 2009), the Atlantic Forest exhibits high species richness and endemism rates (Brasil 2000). However, this biological diversity is currently endangered by the expansion of agricultural activities, increased population density, and the presence of the largest Brazilian industrial centers (Brasil 2000, Pinto et al. 2006). The few remnants of Atlantic Forest are currently limited to steep regions, where agricultural and extractive activities were difficult or unfeasible, or to few areas of legal protection (Fundação... et al. 1998). The Atlantic Forest is currently considered one of the 34 biodiversity hotspots of the world (Myers et al. 2000, Mittermeier et al. 2004), and the richest Brazilian biome. From this ecosystem, more than 400 species of anurans have been described and approximately 85% are endemic (Cruz & Feio 2007).

Despite its high biodiversity, knowledge on the taxonomic status, biogeography and conservation status of the frogs of the Atlantic Forest is still scarce (Silvano & Segalla 2005). This is associated to the lack of intermediate and long-term studies, surveys of the fauna from different regions (Silvano & Segalla 2005), and the fast pace of human actions degrading natural habitats (Forlani et al. 2010).

Santa Catarina state was originally covered only by Atlantic Forest, distributed among the vegetation types of Dense Ombrophile Forest (DOF), Mixed Ombrophile Forest (MOF), Seasonal Forest (SF) and Grasslands (Klein 1978). The western region of the state is covered mainly by Mixed Ombrophile Forest (also called as Araucaria Forests), which in the past comprised 42% of the state, while Seasonal Forest occupied approximately 9% of the territory, and Grasslands represented 14% and generally forming spots within Araucaria Forests (Medeiros 2006). Among the vegetation types of the Atlantic Forest present in Santa Catarina, the Seasonal Forest is one of the most endangered formations and least protected as conservation units (Fundação... & Instituto... 2002). Although the biome as a whole has been impacted by colonization (Câmara 2003), Seasonal Forests have more deforested areas, as its relief promoted agricultural activities, cattle ranching, and silviculture (Araujo et al. 2009).

The anurans of Santa Catarina state represent 15% of the described species in Brazil (Lucas 2008). Despite recent taxonomic studies (Kwet 2006, Garcia et al. 2007, Toledo et al. 2007, Garcia et al. 2008), few have focused on diversity and conservation of amphibians of the area (Hartmann et al. 2008, Lucas & Fortes 2008, Lingnau 2009, Dallacorte 2010, Wachlevski & Rocha 2010, Lucas & Marocco 2011), and species from many areas are still poorly known (Lucas 2008). Knowledge on diversity of species in conservation units is also limited to few studies (Lucas & Fortes 2008, Dallacorte 2010, Wachlevski & Rocha 2010, Lucas & Marocco 2011).

Given the scarcity of information on diversity and distribution of anurans in the Atlantic Forest in southern Brazil, especially in areas of Seasonal Forest, this study was aimed at 1) determining richness and composition frog species in a conservation unit of Santa Catarina state; 2) comparing its species composition with those of other Brazilian localities, and 3) identifying potential threats to frog conservation in the area. In addition to broaden the knowledge on the species diversity of the state, the information presented in this

study may support analyses on the real effectiveness of amphibian conservation in conservation units.

## Materials and Methods

### 1. Study site

The study was conducted at the Parque Estadual Fritz Plaumann (PEFP), located in the municipality of Concórdia, western Santa Catarina state, southern Brazil (27° 17' 36" S and 52° 06' 38" W; 400 m of altitude; 741 ha, Figure 1). PEPF is located by the reservoir of the Itá Hydroelectric Power Plant (Itá HPP), in the Uruguay river basin, and the Queimados river mouth. The climate in the region is mild mesothermal (Instituto... 2002). The average annual maximum temperature is 22 °C and the average annual minimum temperature is 13 °C. The average annual rainfall is 2.000 mm (Leite & Leão 2009) without a defined dry season (Instituto... 2002). Of the 741 ha, 265 ha correspond to an island formed during the creation of the reservoir of the Itá HPP. In this study, surveys were carried out only in continental portion, comprising 476 ha.

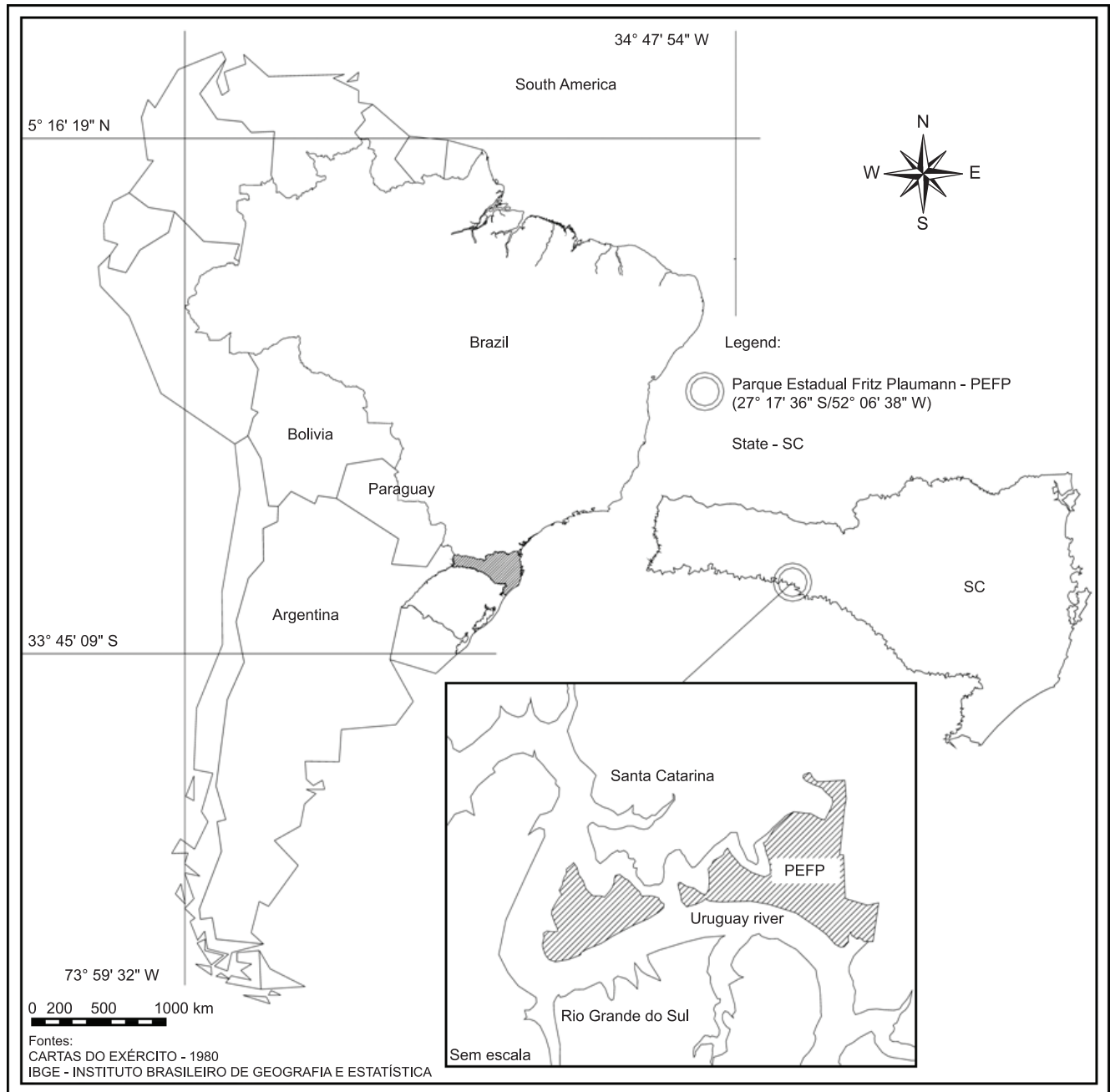
The PEPF is a conservation unit of integral protection, created in 2003, as a measure to compensate the environmental impacts created by the Itá HPP. The vegetation of the region is characterized by Seasonal Forest as part of the Atlantic Forest biome. This vegetation occurs in low altitudes (up to 800 m) of the Uruguay river valley and its tributaries. The PEPF is the only conservation unit in Santa Catarina state that protects fragments of this forest type (Vitali & Uhlig 2010). Although it is a protected area, some invasive exotic plant species are frequently found in the area, such as *Hovenia dulcis* (Japanese raisin tree) and *Hedichyllum coronarium* (white garland lily) (Instituto... 2003).

### 2. Data collection

The data collection was carried out from August 2010 to July 2011. The fortnightly surveys, during four to ten days, a total sampling effort of approximately 350 hours/person. Sampling procedures began at sunset, with the aid of flashlights and ended approximately at midnight. The sampling method consisted of visual and audio searches in aquatic habitats used for the reproduction of species (sensu Scott Junior & Woodward 1994) and in trails inside the forest and occasional encounters.

Eight aquatic reproductive sites were regularly sampled, consisted of four lentic habitats in open areas (marsh, Porto, Brum, and Mirante ponds), three lotic habitats inside the forest (Lajeado Cruzeiro, Linha, and Canafistula creeks) and a lotic habitat in forest edge (Temporary creek; Table 1). For ponds and marsh, the entire perimeter was surveyed, and in creeks, a section of approximately 300 m was sampled. Some physical features were recorded for each habitat, such as the hidroperiod (temporary or permanent), water flow (lentic or lotic), surface area (m<sup>2</sup>), water column depth (m), type of predominant vegetation in the margins of each habitat and type of bottom (substrate with more than 50% of predominance). One or two breeding sites were sampled on each night. At the Linha and Canafistula creeks, the same 300 m of the creek was sampled, while in Lajeado Cruzeiro creek, different sections were sampled during the survey due to access conditions. During the day, the creeks, lentic habitats, and trails inside the forest were walked for the observation of diurnal species.

To identify potential threats to the conservation of amphibians at PEPF, we examined if direct or indirect human effects associated to land use were present. The most evident ones in the area, which have also been reported in other studies were characterized by the presence of exotic animals (e.g. Both et al. 2011) and plants (e.g. Martin &



**Figure 1.** Location of the Parque Estadual Fritz Plaumann (PEFP) in Santa Catarina state, southern Brazil.

Murray 2011), presence of agricultural activities (e.g. Relyea 2005a, Kopp et al. 2007), presence or proximity of roads and/or human settlements (e.g. Hamer & McDonnell 2008).

The species identification was carried out based on the literature, consultation with specialists and comparison with specimens deposited in scientific collections. To aid the taxonomic identification, calls of the species were recorded with a digital recorder. Voucher specimens were deposited in the scientific collection of the Universidade Comunitária da Região de Chapecó (Research Permit # 04/2010/PAEFP/GERUC/DPEC and # 13/2011/GERUC/DPEC-FATMA). The nomenclature and the taxonomic classification followed Frost (2011) and Pyron & Wiens (2011).

### 3. Data analysis

To evaluate the sampling effort of the survey conducted in the eight bodies of water at the PEFP, species richness was estimated by extrapolating the species accumulation curve (Santos 2003), calculated on 21 sampling periods in the field. One thousand random repeats were performed with the software Estimates 7.5.0 (Colwell 2005). The species composition of PEFP was compared with those of other vegetal formations of the Atlantic Forest biome (Seasonal Forest, Mixed Ombrophile Forest and Coastal Ecosystem) (Table 2). Only Seasonal Forest was considered for the vegetation type of Seasonal Deciduous Forest and Seasonal Semideciduous Forest, due to the ongoing discussion about the distinction between them

**Table 1.** Main characteristics of the eight bodies of water examined at the Parque Estadual Fritz Plaumann, Santa Catarina, southern Brazil, from August 2012 to July 2011. MAR = Marsh; PP = Porto Pond; BP = Brum Pond; LCC = Lajeado Cruzeiro Creek; CC = Canafistula Creek; LC = Linha Creek; TC = Temporary Creek; MP = Mirante Pond. TR = Trees (Aquifoliaceae, Boraginaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Lauraceae, Malvaceae, Meliaceae, Myrtaceae, Arecaceae, Rhamnaceae, Rutaceae); SH = Shrubs (Annonaceae, Malpighiaceae, Solanaceae, Verbenaceae, Zingiberaceae); ESV = Erect Shrubby Vegetation (Asteraceae, Cyperaceae, Malvaceae, Poaceae, Pteridophyta); TSV = Tall Shrubby Vegetation (>30 cm; Poaceae); SSV = Short Shrubby Vegetation (<30 cm; Poaceae); M = Macrophyte (*Eichhornia crassipes*, *Salvinia* sp., *Eleocharis* sp.); BG = Bare ground. The sequence of the types of vegetation in the items "Riverbed vegetation" and "Riverbank vegetation" indicates the decreasing predominance. CH = Cover by hydrophytes; M = Muddy; PR = Predominantly rocky; PM = Predominantly muddy. OA = open area; EN = edge of native forest; IN = interior of native forest.

Local	Geographic coordinates	Altitude (m)	Duration	Area (m <sup>2</sup> )	Depth (m)	Riverbed vegetation	Riverbank vegetation	Floor	Ecosystem	Habitat
MAR	27° 17' 22.9" S 052° 07' 05.8" W	403	Temporary	~1600	0.40	M, ESV, SH	ESV, TSV, SSV, SH, TR	CH	Lentic	OA
PP	27° 18' 16.6" S 052° 06' 04.8" W	388	Temporary	~350	0.90	M, ESV	TSV, SSV, SH, TR	CH	Lentic	OA
TC	27° 18' 14.7" S 052° 06' 05.4" W	397	Temporary	~800	0.30	Absent	BG, SSV, ESV, SH, TR	PM	Lotic	EN
BP	27° 18' 18.8" S 052° 06' 00.9" W	380	Permanent	~400	~0.40	M	ESV, TSV, SSV, SH, TR	M	Lentic	OA
LCC	27° 17' 19.0" S 052° 06' 50.8" W	393	Permanent	~1000	0.60	Absent	TR, ESV	PR	Lotic	IN
CC	27° 17' 36.0" S 052° 06' 38.7" W	415	Permanent	~290	0.50	Absent	ESV, SH, TR	PR	Lotic	IN
LC	27° 16' 47.7" S 052° 06' 24.7" W	402	Permanent	~300	0.70	Absent	ESV, SH, TR	PR	Lotic	IN
MP	27° 17' 49.9" S 052° 06' 53.6" W	521	Permanent	~120	0.40	M, ESV	ESV, TSV, SH, TR	M	Lentic	OA

**Table 2.** Richness of anuran species, sampling effort (months of study), study area, and plant formation of the localities compared with the Parque Estadual Fritz Plaumann. CE = coastal ecosystem (restinga); MOF = Mixed Ombrophile Forest; SF = Seasonal Forest.

Formation/ Ecosystem	Size of the area (ha)	Sampling effort (N. months)	Number of species	Local	Reference
CE	-	12	15	SC, Palhoça	Wachlewski & Rocha (2010)
CE	Aprox. 30000	11	20	SP, Peruíbe	Narvaes et al. (2009)
CE	-	19	29	RS, Torres	Colombo et al. (2008)
MOF	-	13	21	SC, Ipuaçú	Hartmann et al. (2008)
MOF	876.7	15	32	PR, Fazenda Rio Grande	Conte & Rossa-Feres (2007)
MOF	1606	37	26	SC, Chapecó and Guatambú	Lucas & Fortes (2008)
MOF	12839	2	29	SC, Ponte Serrada and Passos Maia	Lucas & Marocco (2011)
MOF	-	13	23	PR, Tijucas do Sul	Conte & Machado (2005)
MOF	Aprox. 4500	48	55	RS, São Francisco de Paula	Kwet et al. (2010)
MOF	747	26	32	SC, Lebon Régis	Lingnau (2009)
SF	2178.84	35	34	SP, Gália and Alvinlândia	Brassaloti et al. (2010)
SF	2069.06	4	24	SP, Pedregulho	Araujo et al. (2009)
SF	243	12	24	SP, Rio Claro	Zina et al. (2007)
SF	2222.80	17	21	SP, Rio Claro - FEENA	Toledo et al. (2003)
SF	17491	12	31	RS, Derrubadas	Iop et al. (2011)
SF	-	-	23	RS, Quarta Colônia	Cechin et al. (2002)
SF	476	12	23	SC, Concórdia	Present study

(Oliveira-Filho et al. 2006, Pennington et al. 2009). The similarity analysis was carried out using the Jaccard coefficient of affinity, with later clustering analysis with the weighted pair group method using arithmetic averaging (WPGMA) (Krebs 1999). To avoid the interference of taxonomic issues, we excluded from the analysis species classified as undetermined, such as: "sp." (unidentified species), "gr." (species group), "aff." (*affinis*) and "cf." (*confer*). The exotic species *Lithobates catesbeianus* was also excluded from the analysis. The consistency of the similarity analysis was determined

based on cophenetic correlation coefficient ( $r$ ) (Romesburg 1984), to verify the loss of information for the construction of dendrogram. This coefficient was obtained by correlating the original similarity matrix obtained from the dendrogram, with  $r$  values  $\geq 0.9$  considered very good fit,  $0.8 \leq r < 0.9$  good fit;  $0.7 \leq r < 0.8$  poor fit, and  $r < 0.7$  very poor fit (Rohlf 2000).

To examine if the geographic distance influenced the composition of anuran species and consequently the result of similarity analysis, we performed the Mantel test (Manly 2000), using the Jaccard coefficient

for the similarity matrix and the euclidean distance coefficient for the geographic distance matrix with 5.000 permutations. The geographic distance was calculated based on geographic coordinates of the areas. All analyses were performed with the software Past (Hammer et al. 2001). The significance level for all tests was set at  $p < 0.05$  (Zar 1999).

## Results

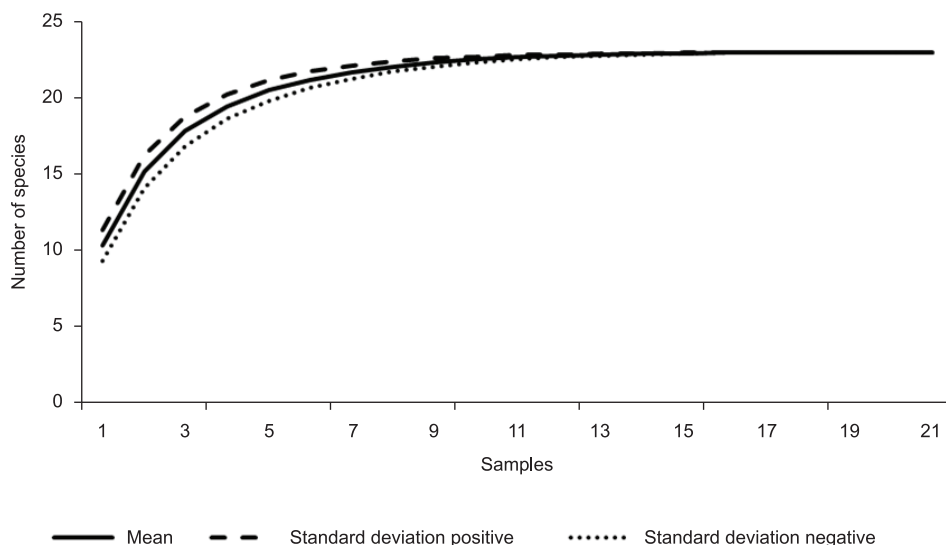
We recorded 23 species of anuran amphibians, 22 native and one exotic, distributed in 15 genera and eleven families (Table 3). Hylidae was the most representative family, with eight species, followed by Leptodactylidae and Bufonidae (3), Leiuperidae (2) and Alsodidae, Brachycephalidae, Centrolenidae, Hylodidae, Microhylidae Odontophrynidae and Ranidae (1). The latter was represented by the exotic species *Lithobates catesbeianus*. The species accumulation curve approached an asymptote, indicating that most species of the area were observed during the study (Figure 2).

Richness of native species was highest in lentic habitats than in open areas (72.7%;  $n = 16$ ), and lowest in lotic habitats inside or at the edge of the native forest (50%;  $n = 11$ ; Table 3). The cluster analysis (Figure 3) revealed that the anuran assemblage of the Parque Estadual Fritz Plaumann was more similar to that of the Parque Estadual do Turvo (Iop et al. 2011), located in Rio Grande do Sul state, and covered by Seasonal Forest. The anuran composition of these two areas was similar to those of other two areas in Santa Catarina state, Ipuacu (Hartmann et al. 2008), characterized by Mixed Ombrophile Forest and the Floresta Nacional de Chapecó (Lucas & Fortes 2008), characterized by the transition between MOF and SF, also geographically close. These four areas combined with two other sites mainly in MOF and SF localities in Southern Brazil comprise a group with about 50% similarity, while a second group with approximately 45% similarity consists of localities in SF of southeastern Brazil. The cophenetic correlation coefficient indicated that the similarity analysis was consistent ( $r = 0.92$ ). Geographically

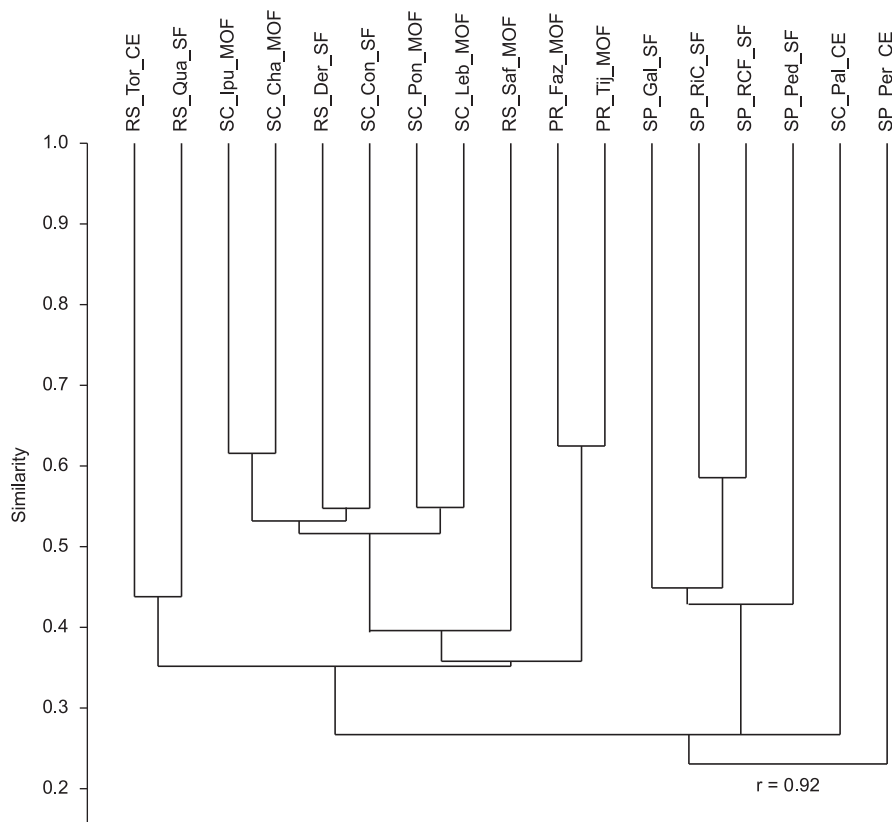
**Table 3.** Species of anurans and habitats examined at the Parque Estadual Fritz Plaumann, Santa Catarina, southern Brazil, between August 2010 and July 2011. IN = interior of native forest; EN = edge of native forest; OA = open area. \*leaf litter, in trail inside forest.

Family/specie	Habitat		
	IN	EN	OA
Alsodidae			
<i>Limnomedusa macroglossa</i> (Duméril & Bibron, 1841)	X		
Brachycephalidae			
<i>Ischnocnema henselii</i> (Peters, 1872)*	X		
Bufonidae			
<i>Melanophryniscus</i> sp.	X	X	
<i>Rhinella henseli</i> (Lutz, 1934)	X		X
<i>Rhinella icterica</i> (Spix, 1824)	X		X
Centrolenidae			
<i>Vitreorana uranoscopa</i> (Müller, 1924)	X		
Hylidae			
<i>Dendropsophus minutus</i> (Peters, 1872)			X
<i>Hypsiboas bischoffi</i> (Boulenger, 1887)			X
<i>Hypsiboas curupi</i> Garcia, Faivovich & Haddad, 2007	X		
<i>Hypsiboas faber</i> (Wied-Neuwied, 1821)	X		X
<i>Phyllomedusa tetraploidea</i> Pombal & Haddad, 1992			X
<i>Scinax aromothyella</i> Faivovich, 2005	X		X
<i>Scinax fuscovarius</i> (A. Lutz, 1925)			X
<i>Scinax perereca</i> Pombal, Haddad & Kasahara, 1995			X
Hylodidae			
<i>Crossodactylus schmidti</i> Gallardo, 1961	X		
Leiuperidae			
<i>Physalaemus cuvieri</i> Fitzinger, 1826			X
<i>Physalaemus</i> aff. <i>gracilis</i> (Boulenger, 1883)			X
Leptodactylidae			
<i>Leptodactylus latrans</i> (Steffen, 1815)			X
<i>Leptodactylus mystacinus</i> (Burmeister, 1861)			X
<i>Leptodactylus plaumanni</i> Ahl, 1936			X
Microhylidae			
<i>Elachistocleis bicolor</i> (Guérin-Ménéville, 1838)			X
Odontophrynidae			
<i>Proceratophrys bigibbosa</i> (Peters, 1872)	X	X	
Ranidae			
<i>Lithobates catesbeianus</i> (Shaw, 1802)	X		X
Species richness	12	2	17





**Figure 2.** Species accumulation curves, calculated based on 21 sampling periods in the field, from August 2010 to July 2011 at the Parque Estadual Fritz Plaumann, Santa Catarina, southern Brazil, from 1.000 randomizations.



**Figure 3.** Similarity in species composition of anurans among Brazilian localities, based on the Jaccard coefficient of affinity, and later cluster analysis with WPGMA. The legend indicates the geographic location of the areas, considering state, county and type of vegetation, respectively. State: SP = São Paulo; PR = Paraná; SC = Santa Catarina; RS = Rio Grande do Sul; County: Gal = Gália and Alvilândia; RiC = Rio Claro; RCF = Rio Claro (FEENA); Ped = Pedregulho; Per = Peruíbe; Faz = Fazenda Rio Grande; Tij = Tijucas do Sul; Ipu = Ipuçu; Cha = Chapecó and Guatambú; Con = Concórdia; Pon = Ponte Serrada and Passos Maia; Leb = Lebon Regis; Pal = Palhoça; Tor = Torres; Qua = Quarta Colônia; Der = Derrubadas; SaF = São Francisco de Paula. Formação/ecossistema: SF = Floresta Estacional; MOF = Floresta Ombrófila Mista; CE = Ecossistema Costeiro (restinga).  $r$  = cophenetic correlation coefficient.

closer assemblages of anurans were more similar regarding species composition ( $r = 0.56$ ,  $p = 0.00$ ).

Five threatened or “near threatened” species were observed in the area. *Crossodactylus schmidti* and *Proceratophrys bigibbosa* are in the category “near threatened” according to the IUCN Red List of

Threatened Species (International... 2011). *Crossodactylus schmidti* is in the category “critically endangered”, *Limnomedusa macroglossa* and *Hypsiboas curupi* are “endangered” and *Vitreorana uranoscopa* is “vulnerable” according to the List of Species of Threatened Fauna of Santa Catarina State (Conselho... 2011).

The potential threats to the anurans observed were the presence of exotic species of animals and plants, especially inside the conservation unit, and agricultural activities in the surrounding areas, with possible use of pesticides. The exotic species *Lithobates catesbeianus* (American bullfrog) was present in five of the eight sampled habitats. *Hovenia dulcis* (Japanese raisin tree) and *Hedychium coronarium* (white garland lily) were present in most waterbodies examined especially lotic habitats. *Hedychium coronarium*, possibly due to its predominance in the margins of some aquatic habitats, was frequently used as calling sites and shelter by *Hypsiboas curupi* and *Scinax aromothyella*. Agricultural activities, as well as silviculture of *Pinus* and *Eucalyptus* and human settlements in the surrounding area were commonly observed. Solid waste from domestic and agricultural (e.g. plastic bags, sacks, other packaging like PET bottles and pots, tire rubber, clothing, aluminum cans) were very common, especially in Lajeado Cruzeiro creek, which crosses the conservation unit.

## Discussion

The anurans recorded at PEFP represent 16% of the amphibians occurring in Santa Catarina state (144 species) (Lucas 2008), 5.6% of the known frogs of Atlantic Forest (405 species) (Haddad & Prado 2005) and 2.4% of the fauna of amphibians currently known in Brazil (913 species) (Sociedade... 2012). The species accumulation curve indicates that the study recorded most of the richness of the area, despite the occurrence of at least 15 additional species in other areas of Seasonal Forest and Mixed Ombrophile Forest in southern Brazil (e.g. Lucas 2008, Iop et al. 2011, Marocco et al. 2011). However, the anuran richness found is similar to the reported in other fragments of Mixed Ombrophile Forest in western Santa Catarina state (Hartmann et al. 2008, Lucas & Fortes 2008, Lingnau 2009, Lucas & Marocco 2011).

The anuran community in the study area is characteristic of interior formations of Atlantic Forest with 40.9% of species with distribution restricted to southern Brazil (*Ischnocnema henselii*, *Rhinella henseli*, *Limnomedusa macroglossa*, *Proceratophrys bigibbosa*, *Hypsiboas curupi*, *Scinax aromothyella*, *Crossodactylus schmidti*, *Leptodactylus plaumanni* and *Elachistocleis bicolor*) or to others southern countries of South America (Frost 2011). The similarity analysis regarding the composition of anuran species revealed the importance of geographic distance and plant cover in the structure of anuran assemblages of the study area and of other localities of Atlantic Forest in southeastern and southern Brazil included in the comparison. The importance of biogeographic factors in community structure has been demonstrated (Ricklefs & Schluter 1993) and reported in other studies on amphibians of Atlantic Forest (e.g. Zina et al. 2007, Lucas & Fortes 2008, Rocha et al. 2008).

The highest species richness were found in lentic ecosystems of open areas, with several species exclusively from these habitats, such as *Dendropsophus minutus*, *Scinax fuscovarius*, *Physalaemus cuvieri*, *Leptodactylus mystacinus* and *Leptodactylus latrans* (Haddad & Prado 2005, Brassaloti et al. 2010). Several studies on anuran assemblages in South America (e.g. Conte & Machado 2005, Vasconcelos & Rossa-Feres 2005, Araujo et al. 2009, Lucas & Marocco 2011) have shown this pattern, in which most species is typical of open areas and reproduce in lentic habitats (Haddad & Prado 2005), and comparatively few species are restricted to forest habitats and have a reproductive mode exclusively associated with lotic habitats. This pattern in habitat use is possibly associated with phylogenetic constraints of the species (Zimmerman & Simberloff 1996), resulted from a combination of factors, such as predation, competition, and habitat variables. In addition, the predominance of generalist species associated with open areas in assemblages from regions originally covered by Atlantic Forest might be due to the intense destruction and reduction of the biome (Ribeiro et al. 2009). Many species typical of wet habitats in the forest might have been eliminated due to deforestation, resulting in an impoverishment of

the specialized fauna in detriment of the permanence of generalist species or those resistant to environmental disturbances (Haddad & Prado 2005, Conte & Rossa-Feres 2007).

In PEFP, the species associated with well-preserved habitats (*Vitreorana uranoscopa*, *Proceratophrys bigibbosa*, *Crossodactylus schmidti*, and *Hypsiboas curupi*) and whose reproductive modes are exclusively dependent of lotic habitats in or at the edge of the forest (Kwet & Faivovich 2001, Brassaloti et al. 2010, Gallardo 1961, Garcia et al. 2007) are the most vulnerable to local extinction. This type of habitat has become gradually more scarce in the study region, mainly due to the deforestation of gallery forests along creeks for the expansion of agricultural and cattle ranching activities, and the conversion of lotic into lentic habitats with the construction of dams and pollution of waters with chemicals from agricultural activities (Bonai et al. 2009, Ternus et al. 2011). On a large-scale, changes in lotic habitats inside forest may have an negative impact on the amphibian populations that use these habitats along their distributions (Becker et al. 2010, Toledo et al. 2010).

Some species associated to forest habitats in PEFP are considered endangered in lists of species threatened with extinction. The occurrence these species indicates the need of conservation plans based on intermediate and long-term studies, supporting the suggestions of the National Action Plan for the Conservation of Endangered Reptiles and Amphibians of Southern Brazil (Directive 25, of 17<sup>th</sup> February 2012) (Brasil 2012). Lucas & Garcia (2011) recently reported *C. schmidti* in westernmost Santa Catarina, and the population observed during the present study is the second record for the state and the first for the species in a conservation unit in the state (Bastiani et al. 2012). In addition, one of the two populations of *H. curupi* known to occur in conservation units was found in the study area (Lucas & Garcia 2011, Lucas & Marocco 2011).

The conservation implications associated with the occurrence of exotic animal and plant species, and human settlements around the park need to be examined in detail, as environmental changes may cause extinctions and population declines (Bishop et al. 2012). *Lithobates catesbeianus* is known for its potential as an invasive species (Both et al. 2011), competing with native species (Alves et al. 2008) and harboring pathogens (see Cunha & Delariva 2009). The exotic plants *Hedychium coronarium* (white garland lily) and *Hovenia dulcis* (Japanese raisin tree) interfere in the structure of the vegetation at the margin of water bodies, and can affect species that use the vegetation as a reproductive site or shelter. Although *Hedychium coronarium* is used by some anurans (see also Colombo et al. 2008), it dominates the margins of aquatic habitats, making them homogeneous, while *Hovenia dulcis* can have an allelopathic effect (Wandscheer et al. 2011), in addition to still unknown implications caused by the large size of its leaves and fruits in creeks and ponds. The evaluation of the impact of exotic fauna and flora on native species focused on management strategies is especially important as this is a conservation unit, whose main goal is to protect biodiversity.

In addition to threats inside the PEFP, in the surrounding area, agricultural activities, silviculture of *Pinus* and *Eucalyptus*, and human settlements are commonly observed. They cause changes in water quality, and loss and degradation of natural habitats (Peltzer et al. 2003, Machado et al. 2012) due to the presence of human residues (Hamer & McDonnell 2008) in aquatic habitats in the park, and the contamination by chemical products used in crops. The occurrence of exotic plant species, such as *Pinus* and *Eucalyptus*, has a negative influence on anuran assemblages, reducing anuran richness and abundance, and changing anuran composition (Machado et al. 2012). The contamination by pesticides from agricultural activities may result in death or abnormalities, mainly in anuran larva (e.g. Gurushankara et al. 2007, Krishnamurthy et al. 2008) and induce cellular and genetic alterations (Lajmanovich et al. 1998), malformations and sex-reversing in adults (Hayes et al. 2002, 2010). The exposure and effects of amphibians to pesticides also

needs to be further investigated, as it can reveal contamination in many compartments of the ecosystem (Lajmanovich et al. 2005, Schneider et al. 2009), as well as changes in ecological interactions that can possibly cause environmental imbalance (Lajmanovich et al. 2003, Mann et al. 2003, Relyea 2005b).

Although the area of PEFP is relatively small with vegetation in different successional stages, the occurrence of endangered habitat specialists that depend on forests show the importance of the area for the conservation of the regional fauna, as forest fragments are scarce in the plateau region of Santa Catarina (Ribeiro et al. 2009). This forest fragment plays an important role in the connection with other conservation units (Floresta Nacional de Chapecó, Parque Nacional das Araucárias, and Parque Estadual do Turvo), through the implementation of proposals of ecological corridors, such as the Timbó Corridor (State Decree 2.956, of 20<sup>th</sup> of January 2010) (Santa Catarina 2010a) and the Chapecó Corridor (State Decree 2.957, of 20<sup>th</sup> of January 2010) (Santa Catarina 2010b). The continuation of long-term standardized studies is needed in this conservation unit in order to monitor the population dynamics of species, especially threatened ones, and seek alternatives to manage exotic species, better understand potential threats to preserve the fauna of PEFP and the Seasonal Forest, one of the most threatened vegetation types of the Atlantic Forest.

## Acknowledgements

We thank Fundação do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina – FATMA, Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina – FAPESC and the Co-Management Team of the Parque Estadual Fritz Plaumann – ECOPEF for logistical and financial support. We also thank all those who participated in field work, especially to Murilo A. Nichele and Adelar A. Osowski, to Tiago Gomes dos Santos and Samanta Iop for helping in statistical analysis and Raúl Maneyro and two anonymous reviewers for the comments and suggestions on the manuscript and Cristina O. Gridi-Papp for the English version.

## References

- ALVES, F.C., BRANCO, A., LUCAS, E.M. & FORTES, V.B. 2008. Ocorrência da espécie exótica *Lithobates catesbeianus* (rã-touro) em ambientes naturais nos municípios de Chapecó e Guatambu, Santa Catarina, Brasil. *Acta Ambient. Catarin.* 5(1-2):35-42.
- ARAÚJO, C.O., CONDEZ, T.H. & SAWAYA, R.J.S. 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+bn01309022009>.
- BASTIANI, V.I.M., GARCIA, P.C.A. & LUCAS, E.M. 2012. *Crossodactylus schmidtii* Gallardo, 1961 (Anura: Hylodidae) in Santa Catarina State, southern Brazil: a new record and comments on its conservation status. *Check List.* 8(2):262-263.
- BECKER, C. G., FONSECA, C. R., HADDAD, C. F. B. & PRADO, P. I. 2010. Habitat split as a cause of local population declines of amphibians with aquatic larvae. *Cons. Biol.* 24:287-294. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01324.x>
- BISHOP, P.J., ANGULO, A., LEWIS, J.P., MOORE, R.D., RABB, G.B. & MORENO, J.G. 2012. The amphibian extinction crisis: what will it take to put the action into the Amphibian Conservation Action Plan? *Sapiens (Online)* 5.2. <http://sapiens.revues.org/1406>.
- BONAI, N., SOUZA-FRANCO, G.M., FOGOLARI, O., MOCELLIN, D.J.C. & DAL MAGRO, J. 2009. Heavy metal distribution of sediments in the Itá Reservoir, Brazil. *Acta Limnol. Bras.* 21:10-20.
- BOTH, C., LINGNAU, R., SANTOS JUNIOR, A., MADALOZZO, B., LIMA, L.P. & GRANT, T. 2011. Widespread occurrence of the American Bullfrog, *Lithobates catesbeianus* (Shaw, 1802) (Anura: Ranidae) in Brazil. *South Am. J. Herpetol.* 6(2):127-134. <http://dx.doi.org/10.2994/057.006.0203>
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. 2000. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos. Conservation International do Brasil, Fundação SOS Mata Atlântica, Fundação Biodiversitas, Instituto de Pesquisas Ecológicas, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, SEMAD/Instituto Estadual de Florestas-MG. MMA/SBF, Brasília, 40p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. 2012. Portaria nº 25, de 17 de fevereiro de 2012. Aprova o Plano de Ação Nacional para Conservação de Répteis e Anfíbios Ameaçados da Região Sul do Brasil - PAN Herpetofauna do Sul contemplando 50 espécies, dentre elas, cinco ameaçadas de extinção (In MMA nº 03/2003), estabelecendo seu objetivo geral, objetivos específicos, ações, prazo de execução, abrangência e formas de implementação e supervisão. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, fev. 2012.
- 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?article+bn01810012010>.
- CÂMARA, I.G. 2003. Brief history of conservation in the Atlantic Forest. In *The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook* (C. Galindo-Leal & I.G. Câmara, eds.). Center for Applied Biodiversity Science and Island Press, Washington, p.31-42.
- CECHIN, S.Z., GIASSON, L.O., HARTMANN, M.A., SANTOS, T.G. & BOELTER, R. 2002. Anfíbios. In *Quarta Colônia. Inventários Técnicos: Flora e Fauna* (J. Itaquí, org.). Santa Maria, p.201-205.
- COLOMBO, P., KINDEL, A., VINCIPROVA, G. & KRAUSE, L. 2008. Composição e ameaças à conservação dos anfíbios anuros do Parque Estadual de Itapeva, município de Torres, Rio Grande do Sul, Brasil. *Biota Neotrop.* 8(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v8n3/pt/abstract?article+bn01208032008>.
- COLWELL, R.K. 2005. Estimates: statistical estimation of species richness and shared species from samples. version 7.5. User's Guide. <http://purl.oclc.org/estimates>.
- CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – CONSEMA, 2011. Lista de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção no Estado de Santa Catarina. <http://ignis.org.br/lista/> (último acesso em 20/2011).
- CONTE, C.E. & MACHADO, R.A. 2005. Riqueza de espécies e distribuição espacial e temporal em comunidade de anuros (Amphibia, Anura) em uma localidade de Tijucas do Sul, Paraná, Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 22(4):940-948. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752005000400021>
- CONTE, C.E. & ROSSA-FERES, D.C. 2007. Riqueza e distribuição espaço-temporal de anuros em um remanescente de Floresta de Araucária no sudeste do Paraná. *Rev. Bras. Zool.* 24(4):1025-1037. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752007000400020>
- 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.
- CUNHA, E.R. & DELARIVA, R.L. 2009. Introdução da rã-touro, *Lithobates catesbeianus* (Shaw, 1802): uma revisão. *Rev. Saúde e Biol.* 4(2):34-46.
- DALLACORTE, F. 2010. Impacto da Rã-touro-gigante (*Lithobates catesbeianus*) sobre a fauna nativa na zona de amortecimento e interior do Parque Nacional da Serra do Itajaí (PNSI), Blumenau - SC. Dissertação de mestrado, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau.
- FORLANI, M.C., BERNARDO, P.H., HADDAD, C.F.B. & ZAHER, H. 2010. Herpetofauna do Parque Estadual Carlos Botelho, São Paulo, Brasil. *Biota Neotrop.* 10(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v10n3/pt/abstract?article+bn00210032010>.
- FROST, D.R. 2011. Amphibian Species of the World: an Online Reference. version 5.5. American Museum of Natural History, New York. <http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/> (último acesso em 31/01/2011).
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA & INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. 2002. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica e ecossistemas associados no período de 1995-2000. São Paulo. Relatório final.



- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE & INSTITUTO SOCIO-AMBIENTAL. 1998. Atlas da evolução dos remanescentes florestais da Mata Atlântica e ecossistemas associados no período de 1990-1995. São Paulo.
- GALLARDO, J.M. 1961. Anfíbios anuros de Misiones con la descripción de una nueva espécie de *Crossodactylus*. Neotropica. 7:33-38.
- GARCIA, P.C.A., FAIVOVICH, J. & HADDAD, C.F.B. 2007. Redescription of *Hypsiboas semiguttatus*, with the description of a new species of the *Hypsiboas pulchellus* group. Copeia. 4:933-951. [http://dx.doi.org/10.1643/0045-8511\(2007\)7\[933:ROHSWT\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1643/0045-8511(2007)7[933:ROHSWT]2.0.CO;2)
- GARCIA, P.C.A., PEIXOTO, O.L. & HADDAD, C.F.B. 2008. A new species of *Hypsiboas* (Anura: Hylidae) from the Atlantic Forest of Santa Catarina, Southern Brazil, with commentson its conservation status. South Am. J. Herpetol. 3(1):27-35. [http://dx.doi.org/10.2994/1808-9798\(2008\)3\[27:ANSOHA\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.2994/1808-9798(2008)3[27:ANSOHA]2.0.CO;2)
- GURUSHANKARA, H.P., KRISHNAMURTHY, S.V. & VASUDEV, V. 2007. Morphological normalities in natural populations of common frogs inhabiting agroecosystems of central Western Ghats. Applied Herpetology. 4:39-45. <http://dx.doi.org/10.1163/15707540779766651>
- 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)
- HAMER, A.J. & McDONNELL, M.J. 2008. Amphibian ecology and conservation in the urbanising in the world: a review. Biol. Conserv. 141:2432-2449. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2008.07.020>
- HAMMER, O., HARPER, D.A.T. & RYAN, P.D. 2001. PAST: Palaeontological Statistic software package for education and data analysis. Palaeontological Electronica. 4(1):1-9.
- HARTMANN, M.T., GARCIA, P.C.A., GIASSON, L.O.M. & HARTMANN, P.A. 2008. Anfíbios. In A fauna das áreas de influência da Usina Hidrelétrica Quebra Queixo (J.J. Cherem & M. Kammers, org.). Erechim, p.89-107.
- HAYES, T.B., COLLINS, A., LEE, M., MENDOZA, M., NORIEGA, N., STUART, A.A. & VONK, A. 2002. Hermaphroditic, demasculinized frogs after exposure to the herbicide atrazine at low ecologically relevant doses. PNAS. 99(8):5476-5480. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.082121499>
- HAYES, T.B., KHOURY, V., NARAYAN, A., NAZIR, M., PARK, A., BROWN, T., ADAME, L., CHAN, E., BUCHHOLZ, D., STUEVE, T. & GALLIPEAU, S. 2010. Atrazine induces complete feminization and chemical castration in male African clawed frogs (*Xenopus laevis*). PNAS. 107(10):4612-4617. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0909519107>
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. 2002. Mapa de clima do Brasil. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. [http://geoftp.ibge.gov.br/mapas/tematicos/mapas\\_murais/clima.pdf](http://geoftp.ibge.gov.br/mapas/tematicos/mapas_murais/clima.pdf) (último acesso em 21/06/2012).
- INSTITUTO SOCIO-AMBIENTAL, 2003. Plano de Manejo do Parque Estadual Fritz Plaumann.
- INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE – IUCN. 2011. IUCN Red List of Threatened Species. version 2011.2. [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org) (último acesso em 16/11/2011).
- 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. 45:2443-2461. <http://dx.doi.org/10.1080/00222933.2011.596951>
- KLEIN, R.M. 1978. Mapa fitogeográfico do Estado de Santa Catarina. Itajaí.
- KOPP, K., ANTONIOSI FILHO, N.R., ALVES, M.I.R. & BASTOS, R.P. 2007. Publicações sobre efeitos de pesticidas em anfíbios no período de 1980 a 2007. Rev. Multiciênc. 8:173-186.
- KREBS, C.J. 1999. Ecological methodology. Menlo Park, Addison Wesley Longman.
- KRISHNAMURTHY, S.V., MEENAKUMAR, D., GURUSHANKARA, H.P. & VASUDEV, V. 2008. Nitrate-Induced Morphological Anomalies in the Tadpoles of *Nyctibatrachus major* and *Fejervarya limnocharis* (Anura: Ranidae). Turk. J. Zool. 32:239-244.
- KWET, A. & FAIVOVICH, J. 2001. *Proceratophrys bigibbosa* species group (Anura: Leptodactylidae), with description of a new species. Copeia. 2001(1):203-215. [http://dx.doi.org/10.1643/0045-8511\(2001\)001\[0203:PBSGAL\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1643/0045-8511(2001)001[0203:PBSGAL]2.0.CO;2)
- KWET, A. 2006. Bioacoustics in the genus *Adenomera* (Anura: Leptodactylidae) from Santa Catarina, southern Brazil. In: Proceedings of the 13th Congress of the Societas Europaea Herpetologica (M. Vences, J. Köhler, T. Ziegler & W. Böhme, eds.). Bonn, p.77-80.
- KWET, A., LINGNAU, R. & DI-BERNARDO, M. 2010. Pró-Mata: Anfíbios da Serra Gaúcha, sul do Brasil - Amphibien der Serra Gaúcha, Südbrasilien - Amphibians of the Serra Gaúcha, South of Brazil. 2. ed. Brasilien Zentrum der Universität Tübingen, Tübingen.
- LAJMANOVICH, R.C., IZAGUIRRE, M.F. & CASCO, V.H. 1998. Paragut tolerance and alteration on internal gill structure of *Scinax nasica* tadpoles (Anura: Hylidae). Arch. Environ. Contam. Toxicol. 34:364-369. <http://dx.doi.org/10.1007/s002449900331>
- LAJMANOVICH, R., LORENZATTI, E., DE LA SIERRA, P., MARINO, F., STRINGHINI, G. & PELTZER, P. 2003. Reduction in the mortality of tadpoles (*Physalaemus biligonigerus*; Amphibia: Leptodactylidae) exposed to Cypermethrin in presence of aquatic ferns. Fresen. Environ. Bull. 12:1558-1561.
- LAJMANOVICH, R., DE LA SIERRA, P., MARINO, F., PELTZER, P., LENARDÓN, A. & LORENZATTI, E. 2005. Determinación de residuos de organoclorados en vertebrados silvestres del litoral fluvial de Argentina. INSUGEO, Miscelánea. 14:255-262.
- LEITE, M.A.S. & LEÃO, R. 2009. Diagnóstico e caracterização da sub-bacia do Rio dos Queimados. Concórdia: Consórcio Lambari: Comitê do Rio Jacutinga e Contíguos.
- LINGNAU, R. 2009. Distribuição temporal, atividade reprodutiva e vocalizações em uma assembleia de anfíbios anuros de uma Floresta Ombrófila Mista em Santa Catarina, sul do Brasil. Tese de Doutorado, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- LUCAS, E.M. 2008. Diversidade e conservação de anfíbios anuros no Estado de Santa Catarina, sul do Brasil. Tese de Doutorado, Instituto de Biociências, Departamento de Ecologia, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- LUCAS, E.M. & FORTES, V.B. 2008. Frog diversity in the Floresta Nacional de Chapecó, Atlantic Forest of Southern Brazil. Biota Neotrop. 8(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v8n3/pt/abstract?article=bn00508032008>.
- LUCAS, E.M. & GARCIA, P.C.A. 2011. Amphibia, Anura, Hylidae Rafinesque, 1815 and Hylodidae Günther, 1858: Distribution extension and new records for Santa Catarina, southern Brazil. Check List. 7(1):13-16.
- LUCAS, E.M. & MAROCCO, J.C. 2011. Anurofauna (Amphibia, Anura) em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista no Estado de Santa Catarina, Sul do Brasil. Biota Neotrop. 11(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1/pt/abstract?article=bn01211012011>.
- MACHADO, I., MOREIRA, L.F.B. & MALTCHIK, L. 2012. Effects of pine invasion on anurans assemblage in southern Brazil coastal ponds. Amphibia-Reptilia. 33:227-237. <http://dx.doi.org/10.1163/156853812X638518>
- MANN, R.M., BIDWELL, J. R. & TYLER, M. J. 2003. Toxicity of herbicide formulations to frogs and the implications for product registration: a case study from western Australia. Applied Herpetology. 1:13-22. <http://dx.doi.org/10.1163/157075403766451199>
- MANLY, B.F.G. 2000. Multivariate statistical methods-a primer. Chapman and Hall/CRC, Boca Raton.
- MAROCCO, J.C., LUCATELLI, M., CALDART, V.M., BASTIANI, V.I.M. & LUCAS, E.M. 2011. Diversidade e conservação de anuros em ambientes naturais e alterados no município de Caxambu do Sul, estado de Santa Catarina, Sul do Brasil. In IX Congresso Latinoamericano de Herpetologia e V Congresso Brasileiro de Herpetologia: Novos Rumos da Herpetologia Latinoamericana. Curitiba.
- MARTIN, L.J. & MURRAY, B.R. 2011. A predictive framework and review of the ecological impacts of exotic plant invasions on reptiles and amphibians. Biol. Rev. 86:407-419. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-185X.2010.00152.x>
- MEDEIROS, J.D. 2006. Os Estados da Mata Atlântica: Santa Catarina. In Mata Atlântica: uma rede pela floresta (M. Campanili & M. Prochnow, org.). Brasília, p.45-47.



- MITTERMEIER, R.A., GIL, P.R., HOFFMANN, M., PILGRIM, J., BROOKS, J., MITTERMEIER, C.G., LAMOURUX, J. & FONSECA, G.A.B. 2004. Hotspots revisited: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. Cemex, Washington.
- 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>
- NARVAES, P., BERTOLUCI, J. & RODRIGUES, M.T. 2009. Composição, uso do habitat e estações reprodutivas das espécies de anuros da floresta de restinga da Estação Ecológica Juréia-Itatins, sudeste do Brasil. *Biota Neotrop.* 9(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v9n2/pt/abstract?article=bn02009022009>.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T., JARENKOW, J.A. & RODAL, M.J.N. 2006. Floristic relationships of seasonally dry forests of eastern South America based on tree species distribution patterns. In *Neotropical savannas and dry forests: Plant diversity, biogeography and conservation* (R.T. Pennington, J.A. Ratter & G.P. Lewis, eds.). CRC Press - Taylor and Francis Group, Boca Raton, cap.7, p.159-192. The Systematics Association Special volume Series, n.69.
- PELTZER, P.M., LAJMANOVICH, R.C. & BELTZER, A.H. 2003. The effects of habitat fragmentation on amphibian species richness in the floodplain of the Middle Paraná River, Argentina. *Herpetol. J.* 13:95-98.
- PENNINGTON, R.T., LAVIN, M. & OLIVEIRA-FILHO, A.T. 2009. Woody plant diversity, evolution and ecology in the tropics: perspectives from seasonally dry tropical forests. *Ann. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 40:437-457. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.110308.120327>
- PINTO, L.P., BEDÊ, L., PAESE, A., FONSECA, M., PAGLIA, A. & LAMAS, I. 2006. Mata Atlântica Brasileira: os desafios para conservação da biodiversidade de um hotspot mundial. In *Biologia da Conservação: essências* (C.F.D. Rocha, org.). São Paulo, p.69-96.
- PYRON, A. & WIENS, J.J. 2011. A large-scale phylogeny of Amphibia including over 2,800 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>
- RELYEA, R.A. 2005a. The lethal impact of roundup on aquatic and terrestrial amphibians. *Ecol. Appl.* 15:1118-1124. <http://dx.doi.org/10.1890/04-1291>
- RELYEA, R.A. 2005b. The impact of insecticides and herbicides on the biodiversity and productivity of aquatic communities. *Ecol. Appl.* 15:618-627. <http://dx.doi.org/10.1890/03-5342>
- RICKLEFS, R.E. & SCHLUTER, D. 1993. Species diversity in ecological communities: historical and geographical perspectives. University of Chicago Press, Chicago.
- 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.* 142:1141-1153. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2009.02.021>
- ROCHA, C.F.D., HATANO, F.H., VRCIBRADIC, D. & VAN SLUYS, M. 2008. Frogs species richness, composition and  $\beta$ -diversity in coastal Brazilian restinga habitats. *Braz. J. Biol.* 68:101-107. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842008000100014>
- ROHLF, F.J. 2000. NTSYS 2.1: Numerical Taxonomic and Multivariate Analysis System. Exeter Software, New York. CD-ROM.
- ROMESBURG, H.C. 1984. Cluster analysis for researchers. Robert E. Krieger, Malabar.
- SANTA CATARINA. Governo do Estado. 2010a. Decreto Estadual nº 2.956, de 20 de janeiro de 2010. Institui o Corredor Ecológico Timbó na região da Bacia Hidrográfica do Rio Timbó, região hidrográfica RH5 do Estado de Santa Catarina - Planalto de Canoinhas, situado entre as Latitudes 26°00'06"S e 26°50'03"S e as Longitudes 50° 18' 52" W e 51° 24' 47" W, com 4.997,48 km<sup>2</sup> de extensão. Florianópolis, 20 jan.
- SANTA CATARINA. Governo do Estado. 2010b. Decreto Estadual nº. 2.957, de 20 de janeiro de 2010. Institui o Corredor Ecológico Chapecó na região da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Chapecó, região hidrográfica RH2 - Meio Oeste do Estado de Santa Catarina, situado entre as Latitudes 26° 21' 33" S e 26° 54' 27" S e as Longitudes 51° 23' 30" W e 52° 52' 28" W, com 5.170,47 km<sup>2</sup> de extensão. Santa Catarina, 20 jan.
- SANTOS, A.J. 2003. Estimativas de riqueza em espécies. In *Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre* (L. Cullen Junior, R. Pudran & C. Valladares-Pádua, eds.). Curitiba, p.19-41.
- SCHNEIDER, M.I., SANCHEZ, N., PINEDA, S., CHI, H. & RONCO, A. 2009. Impact of glyphosate on the development, fertility and demography of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae): Ecological approach. *Chemosphere.* 76(10):1451-1455. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2009.05.029>
- SCOTT JUNIOR, N.J. & WOODWARD, B.D. 1994. Relevamientos de lugares de reproducción. In *Measuring and Monitoring Biological Diversity: standard methods for amphibians* (W.R. Heyer, M.A. Donnelly, R.W. McDiarmid, L.A.C. Hayek & M.S. Foster). Washington, p.113-120
- SILVANO, D.L. & SEGALLA, M.V. 2005. Conservação de anfíbios no Brasil. *Megadiversidade* 1(1):79-86.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE HERPETOLOGIA – SBH. 2012. Lista de espécies de anfíbios do Brasil. [www.sberpetologia.org.br/checklist/anfibios.htm](http://www.sberpetologia.org.br/checklist/anfibios.htm) (último acesso em 14/06/2012).
- TABARELLI, M., PINTO, L.P., SILVA, J.M.C., HIROTA, M.M. & BEDÊ, L.C. 2005. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. *Megadiversidade.* 1(1):132-138.
- TERNUS, R.Z., SOUZA-FRANCO, G.M., ANSELMINI, M.E.K., MOCELLIN, D.J.C. & DAL MAGRO, JACIR. 2011. Influence of urbanisation on water quality in the basin of the upper Uruguay River in western Santa Catarina, Brazil. *Acta Limnol. Bras.* 23:189-199. <http://dx.doi.org/10.1590/S2179-975X2011000200009>
- TOLEDO, L.F., ZINA, J. & HADDAD, C.F.B. 2003. Distribuição espacial e temporal de uma comunidade de anfíbios do Município de Rio Claro, São Paulo, Brasil. *Holos Environmental.* 3(2):136-149.
- TOLEDO, L.F., GARCIA, P.C.A., LINGNAU, R. & HADDAD, C.F.B. 2007. A new species of *Sphaenorhynchus* (Anura: Hylidae) from Brazil. *Zootaxa.* 1658:57-68.
- TOLEDO, L.F., CARVALHO-E-SILVA, S.P., SÁNCHEZ, C., ALMEIDA, M.A. & HADDAD, C.F.B. 2010. The review of the Brazilian Forest Act: harmful effects on amphibian conservation. *Biota Neotrop.* 10(4): <http://www.biotaneotropica.org.br/v10n4/en/abstract?article=bn00410042010>.
- VASCONCELOS, T.S. & ROSSA-FERES, D.C. 2005. Diversidade, distribuição espacial e temporal de anfíbios anuros (Amphibia, Anura) na região Noroeste do estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotrop.* 5(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v5n2/pt/abstract?article=BN01705022005>.
- VITALI, M. & UHLIG, V.M. 2010. Unidades de Conservação de Santa Catarina. *Revista Sustentabilidade em Debate.* 1:45-63.
- WACHLEVSKI, M. & ROCHA, C.F.D. 2010. Amphibia, Anura, restinga of Baixada do Maciambu, municipality of Palhoça, state of Santa Catarina, southern Brazil. *Check List.* 6(4):602-604.
- WANDSCHEER, A.C.D., BORELLA, J., BONATTI, L.C. & PASTORINI, L.H. 2011. Atividade alelopática de folhas e pseudofrutos de *Hovenia dulcis* Thunb. (Rhamnaceae) sobre a germinação de *Lactuca sativa* L. (Asteraceae). *Acta Bot. Bras.* 25(1):25-30.
- ZAR, J. H. 1999. Biostatistical analyses. Prentice Hall, New Jersey.
- ZIMMERMAN, B.L. & SIMBERLOF, D. 1996. An historical interpretation of habitat use by frogs in a Central Amazonian Forest. *J. Biogeogr.* 23:27-46. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2699.1996.d01-218.x>
- ZINA, J., ENNSER, J., PINHEIRO, S.C.P., HADDAD, C.F.B. & TOLEDO, L.F. 2007. Taxocenose de anuros de uma mata semidecídua do interior do Estado de São Paulo e comparações com outras taxocenoses do Estado, sudeste do Brasil. *Biota Neotrop.* 7(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v7n2/pt/abstract?article=bn00607022007>

Received 25/06/2012

Revised 24/10/2012

Accepted 25/02/2013

## Uma proposta de material didático baseado nas espécies de Vochysiaceae existentes em uma trilha no cerrado de Bauru – SP

Mariana Ninno Rissi<sup>1,3</sup> & Osmar Cavassan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Biologia Vegetal), Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Av. 24A, 1515, CEP 13506-900, Rio Claro, SP, Brazil, <http://www.rc.unesp.br>

<sup>2</sup>Departamento de Ciências Biológicas, Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Av. Engenheiro Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, CEP 17033-360, Bauru, SP, Brazil, <http://www.fc.unesp.br>

<sup>3</sup>Autor para correspondência: Mariana Ninno Rissi, e-mail: [mariananinno@yahoo.com.br](mailto:mariananinno@yahoo.com.br)

RISSI, M.N. & CAVASSAN, O. **A proposal for teaching material based on existing Vochysiaceae species on a trail in the cerrado of Bauru – SP.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?article+bn00213012013>

**Abstract:** This work was accomplished in a trail located inside a legal reserve in the Campus of UNESP (Universidade Estadual Paulista) in Bauru, characterized especially by the “cerrado” vegetation (savanna). The area has been used for practical field activities of the project “Wandering and Learning in the cerrado” in which students are guided into a practical class about Ecology and Botany. The family Vochysiaceae was chosen for having the greatest representativeness in this environment, besides it holds species with typical morphology from cerrado species: twisted and corky stems and some species with leathery leaves. It also allows the illustration of various ecological interactions through live examples during the field practice class. The identified species were: *Qualea cordata* Spreng., *Qualea grandiflora* Mart., *Qualea multiflora* Mart., *Qualea parviflora* Mart., *Vochysia cinnamomea* Pohl and *Vochysia tucanorum* Mart. Such species were described and samples herborized. Information about ethnobotanical and ecological interactions were searched in the literature and observed in the field. With these data it was elaborated a species catalog, an identification key and a glossary. Such tools are intended to support the practical activity of the teacher in the practical activity and to promote motivation and interest among the students.

**Keywords:** biodiversity, botany teaching, practical field activity, cerrado.

RISSI, M.N. & CAVASSAN, O. **Uma proposta de material didático baseado nas espécies de Vochysiaceae existentes em uma trilha no cerrado de Bauru – SP.** *Biota Neotrop.* 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?article+bn00213012013>

**Resumo:** Este trabalho foi realizado em uma trilha localizada na Reserva Legal do Campus de Bauru da UNESP, caracterizada especialmente por vegetação de cerrado. Este espaço é utilizado para o desenvolvimento de atividades práticas de campo de um projeto denominado “Passeando e aprendendo no cerrado”, no qual alunos dos três níveis de escolaridade são guiados para uma aula prática de Ecologia e Botânica. A família Vochysiaceae foi escolhida como objeto da proposta por ter grande representatividade neste ambiente e possuir elementos com morfologia típica das espécies de cerrado: caules tortuosos, suberosos e algumas espécies com folhas coriáceas. O grupo possibilita ainda a visualização de diversas interações ecológicas durante aula prática de campo. As espécies identificadas foram: *Qualea cordata* Spreng., *Qualea grandiflora* Mart., *Qualea multiflora* Mart., *Qualea parviflora* Mart., *Vochysia cinnamomea* Pohl e *Vochysia tucanorum* Mart. Tais espécies foram descritas, herborizadas e fotografadas. As informações sobre etnobotânica e interações ecológicas foram buscadas na literatura e observadas em campo. A partir destes dados, foram elaborados: um catálogo de espécies, uma chave de identificação e um glossário. Tais ferramentas propõem auxiliar a atividade prática do docente e tornar o estudo destes tópicos mais motivadores e interessantes aos alunos.

**Palavras-chaves:** biodiversidade, ensino de botânica, aula prática de campo, cerrado.

## Introdução

O conhecimento da diversidade vegetal do cerrado paulista é obtido a partir de levantamentos florísticos e fitossociológicos de fragmentos remanescentes da cobertura original desta vegetação. Dessa forma, são obtidas listas de espécies divulgadas entre pesquisadores, cuja utilização fica restrita à academia, bem como as questões relacionadas à sua preservação, manejo ou etnobotânica. Pesquisadores assumem para si o direito e responsabilidade em deter e utilizar tais conhecimentos, disponibilizando-os para os órgãos públicos, quando solicitados. Ninguém pode negar o valioso laboratório natural inserido em cada um desses fragmentos, que constituem também o ambiente das populações humanas que vivem nas proximidades. Pessoas, que, em sua história, andaram pelo cerrado em busca de lenha, caças, frutas ou ervas medicinais. Aprenderam a reconhecer plantas e animais pelo seu nome popular, em uma relação que não foi apenas utilitarista, mas envolveu questões emocionais, afetivas e estéticas. Este é o aprendizado informal, geralmente motivador e que ocorreu a partir da necessidade de responder alguma pergunta. O que se verifica em botânica é que o ensino formal não considera esta forma de aprendizagem. Os livros didáticos são recheados com informações obtidas em manuais estrangeiros e, muitas vezes desatualizadas. Quando se busca no conteúdo de ciências e biologia do ensino fundamental ou médio um exemplo de ecossistemas terrestres, são apresentados organismos e biomas exóticos (Cavassan et al. 2009). Assim muitos alunos vivem em dois mundos: um, o mundo da experiência fora da escola; outro, o mundo dos livros e das lições (Dewey 1959). Sabe-se que muitos professores evitam as aulas de botânica, relegando-as ao final da programação do ano letivo, por medo e insegurança em falar do assunto. Uma das maiores reclamações destes docentes é a dificuldade em desenvolver atividades práticas que despertem a curiosidade do aluno e mostrem a utilidade daquele conhecimento no seu dia-a-dia. Será tão difícil montar aulas práticas em botânica?

Atividades desenvolvidas no ambiente natural, como em uma trilha, vão além de uma simples aula prática. Dependendo de como esta é organizada, pode permitir que o aluno elabore suas próprias interpretações dos conteúdos envolvidos e reflita sobre e através dos fenômenos naturais com a vantagem adicional e diferencial de estar no ambiente a ser estudado.

Este estudo está contido no projeto de pesquisa “Biodiversidade no Cerrado: uma proposta de trabalho prático de campo no Ensino de Botânica e Ecologia nos três níveis de escolaridade”, que visa o conhecimento da diversidade vegetal de um fragmento de cerrado em Bauru e a divulgação desta diversidade aos alunos e professores dos ensinos em níveis fundamental, médio e superior. Neste projeto busca-se contribuir com os professores dos três níveis de escolaridade do município de Bauru e demais cidades da região, propondo uma atividade de campo na qual os alunos possam ter um contato direto com a biodiversidade do cerrado. Assim, objetiva-se também sensibilizá-los quanto à preservação deste bioma, além de contextualizar conceitos botânicos e ecológicos vistos em sala de aula.

Inúmeros trabalhos foram desenvolvidos dentro deste projeto, discutindo a importância do uso de ambientes naturais para aulas de botânica e ecologia (Cavassan et al. 2006, 2009, Pinheiro da Silva et al. 2009). Nestes, verificou-se a demonstração de atitudes motivadas para o aprendizado de botânica (Seniciato & Cavassan 2008a), a formação de conceitos científicos em aulas de campo (Seniciato & Cavassan 2008b) e a formação de valores estéticos sobre ambientes naturais (Seniciato et al. 2006, Seniciato & Cavassan 2009). Com estes estudos teve-se como objetivo ultrapassar os limites das aulas de botânica, onde as práticas educativas restringem-se ao domínio cognitivo, muitas vezes revestindo-se de caráter utilitarista e pragmático. No

entanto, não se pode prescindir do conhecimento científico atualizado. Nenhuma estratégia pedagógica é suficiente se o conteúdo é incorreto ou desatualizado. Para isso, tornou-se importante o conhecimento mais profundo das características botânicas e ecológicas do cerrado lá existente. Uma das maneiras de buscar esse conhecimento é a partir da caracterização de cada táxon componente de sua flora. Escolheu-se a família Vochysiaceae por ser bem representada no cerrado (Faraco 2007) lá existente e possibilitar, dessa forma, a exemplificação de diversos aspectos do ensino de botânica durante aula prática de campo através dos seus indivíduos e espécies.

Segundo Warming & Ferri (1973), as espécies de Vochysiaceae podem ser classificadas como as mais bonitas e mais representativas de cerrado. Neste sentido, pode-se destacar as inflorescências amarelas de *Vochysia*, as flores de *Qualea* com sua única pétala e um único estame, e os troncos tortuosos de *Qualea grandiflora* Mart. Tais aspectos podem ser evidenciados em aula prática de campo, como estimuladores e formadores de aspectos estéticos e éticos acerca daquela vegetação, necessários para o aluno formar valores que o conduzam a avaliar a real necessidade de preservação ou conservação destas espécies. Assim, para embasar a proposta da utilização desta família no desenvolvimento do projeto em que está inserido tornou-se importante responder as seguintes questões: Quais são as características estruturais predominantes nessa família? Quais relações ecológicas podem ser observadas e utilizadas como exemplos vivos nas aulas práticas de campo? Quais aspectos etnobotânicos são conhecidos a respeito das plantas dessa família?

Deste modo, foram descritas as espécies de Vochysiaceae identificadas em um fragmento de cerrado no campus de Bauru da UNESP, e organizadas tais informações de modo a oferecer um instrumento didático através de uma chave de identificação, um catálogo das espécies daquela família e um glossário simplificado dos termos utilizados.

### 1. A família Vochysiaceae

A família Vochysiaceae compreende cerca de 240 espécies e oito gêneros. São lenhosas, geralmente arbóreas, de folhas opostas ou verticiladas, simples, estípulas às vezes glandulares (*Qualea*), com flores periginas ou epíginas, diclamídeas ou monoclamídeas, frequentemente zigomorfas, isoladas ou em inflorescência do tipo tirso, cálice geralmente calcarado, corola frequentemente com número reduzido de pétalas e um único estame fértil, com frutos capsulares ou samaróides e sementes geralmente aladas (Barbosa 1999, Shimizu 2009). A família é dividida em duas tribos: Vochysieae Dumort. e Erismeeae Dumort. A tribo Vochysieae, caracterizada por ovário súpero e trilocular, é composta por quatro gêneros: *Callisthene* Mart. (11 espécies), *Qualea* Aubl. (cerca de 50 espécies), *Ruizterania* Marc.-Berti (14 espécies), *Salvertia* A.St.-Hil. (uma espécie) e *Vochysia* Aubl. (ca. 140 espécies) (G. Shimizu, dados não publicados). Erismeeae possui ovário ínfero e unilocular e apresenta três gêneros: *Erisma* Rudge (16 espécies), *Erismadelphus* Mildbr. (duas espécies) e *Korupodendron* Litt & Cheek (uma espécie). Marcano-Berti (1969) elevou *Qualea* seção *Trichanthera* ao gênero *Ruizterania*, mas estudos macromoleculares (Litt 1996) e anatômicos (Sajo & Rudall 2002) não corroboraram essa separação. Em seu tratamento para a família, Kawasaki (2006) incluiu *Ruizterania* em *Qualea*, porém sem sinonimizar formalmente as espécies de *Ruizterania*. Assim, os gêneros *Ruizterania* e *Qualea*, serão considerados separadamente no presente trabalho.

Salvo *Ruizterania* e *Korupodendron*, gênero monotípico descrito por Litt & Cheek (2002), a composição da família acima apresentada é a comumente aceita pelos especialistas (Warming 1875, Stafleu 1948, 1952, 1953, 1954).



As Vochysiaceae são plantas acumuladoras de alumínio, assim como as Rubiaceae, Melastomataceae, Proteaceae e Symplocaceae, e podem ocorrer em solos pobres em minerais e de baixo pH, como os do Brasil Central (Haridasan 1982, Jansen et al. 2002). É uma família muito importante na caracterização de fitofisionomias, sendo considerada um componente típico nas comunidades vegetais de cerrado (Goodland 1971, Sarmiento 1983).

A distribuição da família é anfi-atlântica, predominantemente neotropical (seis dos oito gêneros), sendo apenas *Erismadelphus* e *Korupodendron* exclusivos do oeste e centro da África (Keay & Stafleu 1953, Litt & Cheek 2002, Senterre & Obiang 2005). No Brasil, o núcleo de distribuição de suas espécies encontra-se na região Guiano-Amazônica e no Planalto Central Brasileiro, de onde se irradiam para as demais regiões (Barroso et al. 1984). No país, de acordo com a Lista de Espécies da Flora do Brasil (França 2012), ocorrem cerca de 160 espécies distribuídas em seis gêneros aceitos, constituindo uma das principais famílias do cerrado, onde se destacam principalmente os gêneros: *Qualea*, *Vochysia*, *Callisthene* e *Salvertia*.

Estudos sobre a biologia reprodutiva foram realizados para algumas espécies como *Erisma uncinatum* Warm. (Rodríguez & Sanoja 2004), *Qualea cordata* Spreng. (Aveiro 1997, Fischer & Gordo 1993), *Qualea grandiflora* Mart. (Barbosa 1983, Oliveira et al. 2004, Silberbauer-Gottsberger & Gottsberger 1975), *Qualea multiflora* Mart. e *Qualea parviflora* Mart. (Barbosa 1983), *Salvertia convallariodora* A.St.-Hil. (Oliveira 1996), *Vochysia cinnamomea* Pohl (Santos et al. 1997), *Vochysia elliptica* Mart., *Vochysia pumila* Pohl, *Vochysia pyramidalis* Mart., *Vochysia rufa* Mart., *Vochysia thyrsoides* Pohl e *Vochysia tucanorum* Mart. (Oliveira & Gibbs 1994), *Vochysia lucida* C. Presl (Gimenes 2007), *Vochysia ferruginea* Mart. (Bawa et al. 1985, Flores 1993) e *Vochysia guatemalensis* Donn. Sm. (Flores 1993).

A maioria das espécies estudadas é melitófila, sendo *Callisthene* polinizada principalmente por abelhas pequenas e *Qualea* e *Vochysia* por abelhas grandes, tendo como polinizadores secundários e oportunistas esfingídeos e beija-flores (Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger 2006, Oliveira 1998). Já em *Qualea grandiflora* e *Salvertia convallariodora* a polinização é esfingófila (Oliveira 1998). Em *Vochysia cinnamomea* as flores são visitadas principalmente por abelhas do gênero *Epicharis* e outras Anthophoridae, que são os polinizadores principais, mas beija-flores e esfingídeos diurnos também são observados (Santos et al. 1997). Existem na literatura estudos para a família Vochysiaceae que apresentam listas e tratamentos taxonômicos muitas vezes com chaves dicotômicas para a identificação de gêneros e espécies nativas (Barbosa 1999, França 1996, Lisboa 2000, Shimizu 2009, Vianna 2006, Yamamoto 2009). No entanto, são inexistentes os que apresentaram tais resultados de maneira didática para um público não acadêmico, de modo a possibilitar o entendimento e o contato com os termos utilizados na nomenclatura botânica por alunos do ensino fundamental e médio.

## 2. Considerações a respeito da ocorrência de espécies da família Vochysiaceae nos estudos de composição e estrutura de comunidades vegetais de matas e cerrados em Bauru

### 2.1. Nos remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual

Cavassan (1982) e Cavassan et al. (1984) apresentaram os resultados do levantamento fitossociológico da vegetação arbórea da mata da Reserva Estadual de Bauru e incluíram naquele levantamento a espécie *Qualea jundiahy* Warm. Tal espécie também foi a única pertencente à família Vochysiaceae amostrada por Toniato (2001), ao

medir as variações na composição e estrutura da comunidade arbórea da mesma área em questão.

Pinheiro (2000) realizou um levantamento florístico e fitossociológico da Floresta Estacional Semidecidual do Jardim Botânico Municipal de Bauru (JBMB) (SP). Naquele estudo, amostrou as seguintes espécies de Vochysiaceae: *Qualea cordata*, *Qualea grandiflora*, *Qualea multiflora*, *Vochysia cinnamomea* e *Vochysia tucanorum*. A família possuiu grande número de indivíduos no interior das parcelas, sendo uma das famílias mais importantes da mata do JBMB e com maior riqueza de espécies. *Vochysia tucanorum* apresentou uma alta dominância relativa (4,93%) e um grande valor de importância (VI) (6,92%), em comparação com as outras espécies amostradas naquele estudo. A ocorrência de um número maior de espécies de Vochysiaceae nessa formação pode estar relacionada com a localização do fragmento estudado: uma área de transição com o cerrado.

### 2.2. Em áreas de cerrado

Os trabalhos realizados em fragmentos de cerrado amostraram as seguintes espécies de Vochysiaceae: *Callisthene fasciculata*, *Qualea cordata*, *Qualea densiflora* Warm., *Qualea grandiflora*, *Qualea multiflora*, *Qualea parviflora*, *Qualea* sp., *Vochysia cinnamomea* e *Vochysia tucanorum* (Cavassan 1990, Faraco 2007, Rissi 2011). De acordo com Cavassan (1990), a família Vochysiaceae foi a quarta família com o maior número de espécies (5,32%), a terceira em relação ao valor de importância (VI) (23,71%), a segunda em dominância (7,6512 m<sup>2</sup>/ha) e a sétima em densidade absoluta. *Vochysia tucanorum* foi a oitava espécie mais numerosa (299 indivíduos), sétima em frequência absoluta, segunda em dominância absoluta (5,1956 m<sup>2</sup>/ha) e quinta em VI (20,29%). *Qualea grandiflora* foi a décima espécie neste mesmo índice (8,64%). Segundo Faraco (2007), *Vochysia tucanorum* foi a espécie com maior valor de importância (VI) (10,59%) fortemente influenciado pela sua dominância relativa (19,39%).

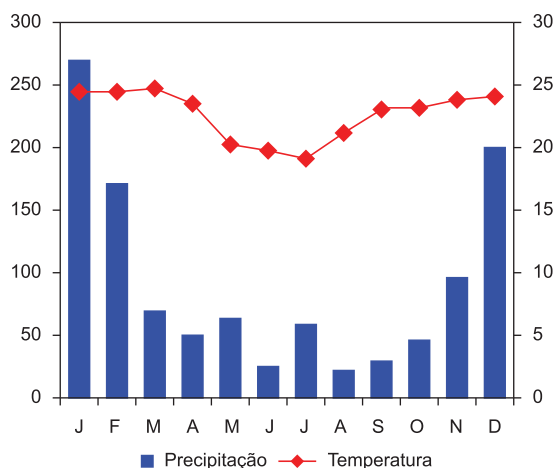
Rissi (2011) apontou Vochysiaceae como a segunda família com o maior valor de importância (VI) em um fragmento de cerradão. A dominância relativa foi o parâmetro com maior contribuição para a constituição daquele índice. Como exemplo, pode-se citar a espécie *Vochysia tucanorum* que parece exercer um papel importante na composição estrutural da vegetação, sendo a espécie com maior VI (15,06%), fortemente influenciado pela sua dominância relativa (37,35%), sendo responsável por 82,88% deste índice.

## Material e Métodos

### 1. Caracterização da área de estudo: A Reserva Legal do Campus da UNESP

O presente trabalho foi realizado em uma trilha localizada em fragmento da Reserva Legal do Campus de Bauru da UNESP. Esta Reserva fica compreendida entre as coordenadas, 22° 20' S e 49° 01' W e 22° 21' S e 49° 00' W com altitude aproximada de 580 m (Cavassan et al. 2006) e é revestida em toda sua extensão por vegetação nativa classificada como cerradão. Existem também na reserva, em dois vales, encravadas no cerrado, dois fragmentos de mata estacional semidecidual ribeirinha com encharcamento permanente (mata de brejo segundo Rodrigues & Leitão-Filho 2000), onde ocorrem as nascentes do córrego Vargem Limpa, afluente da margem direita do rio Bauru, que por sua vez é tributário do rio Tietê (Cavassan et al. 2006). A classificação climática para Bauru é clima úmido e mesotérmico, com moderada eficiência da umidade no verão e marcha anual da temperatura concentrada em cerca de seis meses no ano (outubro-março), cuja fórmula climática de Thornwaite é representada por: BB'sb (Figueiredo & Paz 2010) (Figura 1). A trilha





**Figura 1.** Climatograma da cidade de Bauru - SP, ano de 2008.

**Figure 1.** Climatogram of Bauru - SP, 2008.

utilizada para este estudo está localizada próxima aos pontos 22° 21' 19.15" S e 49° 1' 48.62" W e 22° 21.18' 77" S e 49° 01' 41.11" W.

## 2. Coleta de dados

Para a condução do estudo foram descritas cinco plantas de cada uma das seis espécies que ocorreram ao longo da trilha utilizada para as aulas de campo. De cada indivíduo, foram coletados ramos férteis contendo estruturas vegetativas adequadas à descrição, que foram posteriormente herborizados e incorporados ao acervo do Herbário (UNBA) do Departamento de Ciências Biológicas da Faculdade de Ciências do Campus de Bauru da UNESP. A partir das espécies encontradas neste estudo, foi elaborada uma chave de identificação baseada preferencialmente em caracteres vegetativos.

Foram feitas fotografias do tronco, ramos e folhas de cada espécie, destacando-se as porções vegetativas de fundamental importância na identificação de cada espécie coletada, além das estruturas reprodutivas, quando presentes.

Um catálogo com a descrição morfológica, fotos e informações etnobotânicas foi elaborado como forma de sintetizar os dados taxonômicos, etnobotânicos e ecológicos das espécies e torná-los acessíveis para os alunos visitantes do projeto. Um glossário também foi desenvolvido como facilitador para o entendimento dos termos apresentados no catálogo e na chave. Os dados ecológicos, relativos à polinização e à dispersão, foram obtidos através da observação em campo e complementados através da literatura. Para caracterização das interações ecológicas utilizaram-se dados disponíveis na literatura específica (Bentley & Elias 1983, Oliveira et al. 1987, Begon et al. 1996, Madureira & Sobrinho 2002, Knoechelmann & Morais 2008) bem como para as informações etnobotânicas (Rodrigues & Carvalho 2001, Vila Verde et al. 2003, Gorette-Pasa 2011) e os dados complementados por observações esporádicas de campo.

Cabe ressaltar que a intenção do levantamento dos aspectos etnobotânicos visa uma complementação dos dados levantados neste trabalho. As informações referentes ao uso na medicina popular foram abordadas durante as atividades práticas de campo, apenas através da citação que determinada espécie possui potencial farmacológico, omitindo-se qualquer menção à posologia, indicação ou parte da planta utilizada. Dessa forma, chama-se a atenção da potencialidade de espécies nativas na farmacopéia brasileira, mas procura-se não incentivar o uso destas plantas como medicação sem orientação médica.

O glossário foi elaborado e adaptado a partir dos conceitos obtidos nas seguintes obras: Ferri et al. (1969), Souza & Lorenzi (2008) e Raven et al. (2010).

## Resultados e Discussão

O ensino convencional de botânica apresenta uma aula dita teórica, na qual o aluno geralmente ouve e memoriza um conjunto de informações como sendo os conteúdos mais importantes, mesmo que estes, muitas vezes, não estejam inseridos em sua realidade. Essa passividade dos alunos é uma desvantagem das aulas expositivas, pois pouca informação é retida devido ao decréscimo da atenção no decorrer da aula. Por isso, existe a necessidade de se encontrarem formas alternativas de trabalho que permitam a manutenção da atenção dos alunos durante todo o período de aula. Para isso, é necessário instigar intelectualmente os alunos, através de discussões e estímulos sensoriais. Os conceitos, quando apresentados por meio de uma discussão ficam mais inteligíveis e as aulas se tornam mais agradáveis e interessantes, além de desafiarem a imaginação e vivacidade dos estudantes. O uso de exemplos adequados durante a aula é importante não só para motivar os alunos, mas para ajudá-los a entender idéias abstratas e aproximar os conteúdos da realidade do aluno. Os exemplos servem para ilustrar uma idéia ou para verificar se os alunos entenderam um conceito (Krasilchik 1996). Pode-se dizer que uma grande parte dos livros didáticos brasileiros utilizados até hoje se vale da taxonomia para apresentar ao estudante de Ensino Médio uma botânica "decorativa". Os alunos são entregues a uma verdadeira avalanche de nomes e estruturas, muitas vezes sem contexto e significado tangíveis (Marcondes & Lammoglia 1994, Fonseca 1995).

Segundo Santiago dos Santos (2006), a visão estática da Botânica deveria ser substituída por uma didática na qual os conceitos básicos possam ser ressaltados no sentido de permitir a interpretação dos fatos, ao invés de apenas memorizá-los. Deste modo, o educando é estimulado a exercitar seu espírito de observação, passando a ser um ordenador e sintetizador de informações. Joly (1976) recomenda que o professor jamais tente desenvolver o estudo da classificação das plantas sem recorrer a exemplares vivos, isto é, à natureza. Em hipótese alguma os ensinamentos teóricos indispensáveis devem ser ministrados sem a correspondente aula prática, pois, para o autor só esta pode levar o aluno a fixar as características mais importantes de cada grupo. De acordo com Seniciato & Cavassan (2008a), em termos de estratégias de ensino de ciências, as aulas práticas são apontadas como mais interessantes e motivadoras, quando comparadas às tradicionais aulas teóricas, principalmente por incluírem os fenômenos nos contextos de aprendizagem.

Piaget (1996) reafirma que o conhecimento é baseado, sobretudo, na experimentação. Dessa forma, os processos de assimilação da realidade serão tanto mais afetivos quanto mais tangíveis e palpáveis forem de fato, ou seja, as capacidades de abstração e de conceitualização são facilitadas quando o aprendiz estiver exposto à dimensão concreta da realidade (Seniciato & Cavassan 2008a). A atividade de campo pode assim aguçar a percepção, o senso estético e a curiosidade do aluno em relação aos fenômenos apresentados, motivando-o para o aprendizado na escola, e a buscar mais informações por conta própria (Ikemoto 2007).

Neste sentido, as informações levantadas ao longo deste estudo buscaram aproximar o aluno da realidade em que vive fazendo com que este pudesse visualizar, refletir e compreender os temas apresentados em sala de aula através de exemplos vivos em aula de campo ou visualizados no catálogo de espécies. Foram amostradas e descritas as espécies *Qualea cordata*, *Qualea grandiflora*, *Qualea multiflora*, *Qualea parviflora*, *Vochysia cinnamomea* e *Vochysia tucanorum* (Tabela 1). O catálogo de espécies, a chave de identificação

**Tabela 1.** Espécies da família Vochysiaceae amostradas neste estudo, nomes científicos, nomes populares, hábito e número de registro no Herbário da UNESP de Bauru (UNBA).

**Table 1.** Family Vochysiaceae species sampled in this study, scientific names, common names, habit and registration number in the Herbarium of UNESP of Bauru (UNBA).

Espécie	Nome popular	Hábito	Número de registro no Herbário UNBA
<i>Qualea cordata</i> Spreng.	pau-terra, carvãozinho, dedaleira-preta	Arbóreo	5243, 5026, 5028, 5030, 5035.
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	pau-terra, pau-terra-do-campo, pau-terra-de-folha-grande	Arbóreo	4089, 4097, 5011, 5024, 5025.
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	cinzeiro, pau-terra-do-campo, pau-terra-de-casca-lisa	Arbóreo	4095, 5010, 5023, 5027, 5029.
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	pau-terra, pau-terra-de-folha-miuda	Arbóreo	3870, 4088, 4090, 4091, 4093.
<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.	cinzeiro, pau-de-tucano	Arbóreo	4092, 4096, 4098, 5000, 5012.
<i>Vochysia cinnamomea</i> Pohl	casca-doce, quina-doce, pau-doce	Arbóreo	5021, 5022, 5206, 5207, 5208.

e o glossário com os termos utilizados, foram construídos como ferramentas auxiliares para a condução destes estudos práticos. No catálogo, as pranchas para cada espécie abordam, em sentido anti-horário, fotos do hábito, caule, folhas, flores e frutos. Nas pranchas 4 e 5, a sequência de fotos inclui fotos de polinizadores.

A proposta é a de que os professores possam se utilizar da chave e do catálogo de espécies para o ensino de Sistemática Vegetal, botânica e ecologia. O glossário visa solucionar dúvidas sobre o significado dos termos botânicos utilizados na chave e no catálogo.

Os dados apresentados devem ser trabalhados através de uma didática motivadora, fazendo com que, através da visualização, investigação e problematização do fenômeno apontado, o aluno possa construir o seu conceito através da elaboração de hipóteses, tornando-se assim, um agente construtor do conhecimento. Além disso, a formulação desses conceitos por parte do próprio educando pode servir de ponto de partida para discussões interessantes e aprofundadas, comparando seus conceitos a outros já existentes.

Um exemplo desta abordagem é a presença de nectários extraflorais na base do pecíolo das espécies do gênero *Qualea*. Esse caráter permite a identificação deste gênero, além de ilustrar um exemplo de interação ecológica. Em uma aula essa característica poderia ser abordada através de algumas perguntas: “Vocês estão visualizando essa glândula e essa formiga? O que é uma glândula? Que fenômeno estamos observando? Por que será que essa formiga está nesta glândula?”. Através de algumas perguntas busca-se direcionar o pensamento e as reflexões dos alunos, mas deve-se estar atento para não responder às questões. Deve-se deixá-los discutir sobre tais questões que serão abordadas ao final da atividade. Dessa forma, os alunos podem formular hipóteses e discuti-las, ao invés de receberem todos os conceitos prontos. Outras informações obtidas neste estudo podem ser trabalhadas através da formulação de hipóteses como, por exemplo: “As espécies de Vochysiaceae são plantas acumuladoras de alumínio.” Trabalhando tais informações, os alunos podem chegar à conclusão de que “Os solos com maior concentração de alumínio tendem a ser povoados por plantas que têm a capacidade de acumular alumínio”.

Assim, as espécies de Vochysiaceae podem servir como exemplos vivos de diversos fenômenos e, por possuírem características típicas de espécies de cerrado, podem ainda servir como elementos motivadores e com apelo estético para o aprendizado sobre as características desta vegetação. Na paisagem do Cerrado são comumente encontradas árvores tortuosas e suberosas, características estas notórias em espécies de Vochysiaceae.

Aos professores que queiram trabalhar o tema “interações ecológicas”, alguns exemplos que ocorrem com espécies da família Vochysiaceae estão relacionados no catálogo. As fotos contidas no catálogo ilustram tais interações e, juntamente com as explicações,

permitem que os alunos conheçam um pouco mais sobre o ambiente do Cerrado.

De acordo com Dewey (1938), “os alunos aprendem fazendo”. Essa educação se dá através da experiência. Se uma experiência for desarticulada, desprovida de atenção e reflexão, essa atitude irá operar modificando a qualidade das experiências subsequentes, não permitindo aos alunos retirar delas o que deveriam. Uma boa experiência, mais que imediatamente agradável, promove o desencadeamento de experiências futuras positivas. Nesse sentido, o material elaborado busca aproximar o educando dos temas apresentados em sala de aula, através do entendimento e reflexão sobre os temas abordados e uma boa experiência reflexiva sobre seus conteúdos.

Uma metodologia diferenciada no ensino de botânica, segundo Pinheiro da Silva (2008), pode fomentar uma atitude reflexiva por parte do aluno, na medida em que oferece a este, oportunidades de participação, nas quais vivencie uma variedade de experiências, seja solicitado a tomar decisões, fazer julgamentos e chegar a conclusões.

## Agradecimentos

À FAPESP pela bolsa de Iniciação Científica concedida processo: 2008/50615-3.

À Profa. Dra. Kikyo Yamamoto, do Departamento de Biologia Vegetal, Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas, pela confirmação das espécies descritas neste estudo.

Ao taxonomista Doutorando Gustavo Shimizu pela ajuda com a revisão do texto e das informações contidas neste documento.

Ao tradutor Rodrigo Guimarães e ao Prof. Dr. Reinaldo Monteiro pela revisão dos textos em inglês.

## Referências Bibliográficas

- AVEIRO, S.M.G. 1997. Biologia da reprodução e crescimento inicial de *Qualea cordata* Spreng. (Vochysiaceae), uma espécie arbórea do Cerrado. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. <http://www.biblioteca digital.unicamp.br/document/?code=vtls000121464&fd=y>
- BARBOSA, A.A.A. 1983. Aspectos da ecologia reprodutiva de três espécies de *Qualea* (Vochysiaceae) num cerrado de Brasília-DF. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília. <http://pesquisa.bvsalud.org/regional/resources/rep-131156>
- BARBOSA, A.R. 1999. As espécies do gênero *Vochysia* Aubl. (Vochysiaceae) ocorrentes no Estado de São Paulo. Tese de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. <http://www.biblioteca digital.unicamp.br/document/?code=vtls000199970>
- BARROSO, G.M., PEIXOTO, A.L., ICHASO, C.L.F., GUIMARÃES, E.F. & COSTA, C.G. 1984. Sistemática de Angiospermas do Brasil. UFV, Impr. Univ., Viçosa, v.2.

- BAWA, K.S., PERRY, D.R. & BEACH, J.H. 1985. Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. I. Sexual systems and incompatibility mechanisms. *Am. J. Bot.* 72:331-345. <http://dx.doi.org/10.2307/2443526>
- BEGON, M., HARPER, J.L. & TOWNSEND, C.R. 1996. *Ecology: individuals, populations and communities*. Blackwell Science, Victoria.
- BENTLEY, B. & ELIAS, T.S. 1983. *The biology of nectaries*. Columbia University Press, New York.
- CAVASSAN, O. 1982. Levantamento florístico da vegetação arbórea da mata da Reserva Estadual de Bauru utilizando o método de quadrantes. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- CAVASSAN, O., CESAR, O. & MARTINS, F.R. 1984. Fitossociologia da vegetação arbórea da Reserva Estadual de Bauru, Estado de São Paulo. *Rev. Bras. Bot.* 7:91-106.
- CAVASSAN, O. 1990. Florística e fitossociologia da vegetação lenhosa de um hectare de cerrado do Parque Ecológico Municipal de Bauru (SP). Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000036013>.
- CAVASSAN, O., PINHEIRO DA SILVA, P.G. & SENICIATO, T. 2006. O ensino de Ciências, a biodiversidade e o Cerrado. In *Divulgação Científica e Ensino de Ciências: Estudos e Experiências (E.S.N.N. de Araújo, J.J. Caluzi, A.M.A. Caldeira, eds.)*. Escrituras, São Paulo, p.190-219.
- CAVASSAN, O., CALDEIRA, A.M.A., WEISER, V.L. & BRANDO, F.C. 2009. *Conhecendo botânica e ecologia no Cerrado*. Joarte Gráfica e Editora, Bauru.
- DEWEY, J. 1938. *Experience and Education*. The 60<sup>th</sup> anniversary edition. [http://books.google.com/books?hl=pt-BR&lr=&id=UE2EusaU53IC&oi=fnd&pg=PR4&dq=Dewey&ots=EDZZ3nPXlk&sig=spiXEDMvSRJaz59TAHQKuV\\_0Y8w#PPP1,M1](http://books.google.com/books?hl=pt-BR&lr=&id=UE2EusaU53IC&oi=fnd&pg=PR4&dq=Dewey&ots=EDZZ3nPXlk&sig=spiXEDMvSRJaz59TAHQKuV_0Y8w#PPP1,M1).
- DEWEY, J. 1959. *Como pensamos*. Editora Nacional, São Paulo.
- FARACO, A.G. 2007. Composição florística e estrutura fitossociológica de uma área de cerrado pertencente ao *Campus* de Bauru da Universidade Estadual Paulista – UNESP, SP. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- FERRI, M.G., MENEZES, N.L. & MONTEIRO-SCANAVACCA, W.R. 1969. Glossário de termos botânicos. Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo.
- FIGUEIREDO, J.C. & PAZ, R.S. 2010. Nova classificação climática e o aspecto climatológico da cidade de Bauru/São Paulo. In: XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia. Sociedade Brasileira de Agrometeorologia.
- FISCHER, E.A. & GORDO, M. 1993. *Qualea cordata*, pollination by the territorial bee *Centris tarsata* in the “Campos Rupestres”, Brazil. *Cienc. Cult.* 45:144-147.
- FLORES, E.M. 1993. *Vochysia guatemalensis* y *Vochysia ferruginea*. *Árboles Semillas Neotrop.* 2:1-52.
- FONSECA, A. 1995. *Biologia*. Ática, São Paulo.
- FRANÇA, F. 1996. O gênero *Callisthene* Mart. & Zucc. (Vochysiaceae) no estado da Bahia. *Sitientibus* 15:41-47.
- FRANÇA, F. 2012. *Vochysiaceae*. In *Lista de Espécies da Flora do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB000250>
- GIMENES, M. 2007. Polinização de *Vochysia lucida* C. Presl (Vochysiaceae) em uma área de restinga na Bahia. *Rev. Bras. Ento.* 51(4):465-470. <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262007000400010>
- GOODLAND, R. 1971. A physiognomic analysis of the cerrado vegetation of Central Brazil. *J. Ecol.* 59:411-419. <http://dx.doi.org/10.2307/2258321>
- GORETTE-PASA, M. 2011. Abordagem etnobotânica na comunidade de Conceição-Açu, Mato Grosso, Brazil. *Polibotânica* 31:169-197.
- GOTTSBERGER, G. & SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. 2006. Life in the Cerrado: a South American tropical seasonal vegetation. *Pollination and seed dispersion*. Reta Verlag, Ulm.
- HARIDASAN, M. 1982. Aluminium accumulation by some cerrado native species of central Brazil. *Plant Soil.* 65(2):265-273. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02374657>
- IKEMOTO, E. 2007. Espécies arbóreas, arbustivas e herbáceas do Parque Taquaral (Campinas, SP) – subsídios para a atividade não formal de botânica. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000412927&fd=y>
- JANSEN, S., BROADLEY, M.R., ROBBRECHT, E. & SMETS, E. 2002. Aluminium hyperaccumulation in angiosperm: a review of its phylogenetic significance. *The Bot. Rev.* 68(2):235-269. [http://dx.doi.org/10.1663/0006-8101\(2002\)068\[0235:AHIAAR\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1663/0006-8101(2002)068[0235:AHIAAR]2.0.CO;2)
- JOLY, A.B. 1976. *Botânica: introdução à taxonomia vegetal*. Nacional, São Paulo.
- KAWASAKI, M.L. 2006. Vochysiaceae. In *The families and genera of vascular plants* (K. Kubitzki, ed.). Springer, Berlin, p.480-487.
- KEAY, R.W.J. & STAFLEU, F.A. 1953. *Erisma delphus*. *Acta Bot. Neerl.* 1:594-599.
- KNOECHELMANN, C.M. & MORAIS, H.C. 2008. Visitas de formigas (Hymenoptera, Formicidae) a nectários extra-florais de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Cov. (Fabaceae, Mimosoideae) em uma área de cerrado frequentemente queimado. *Rev. Bras. Zool.* 10(1):35-40.
- KRASILCHIK, M. 1996. *Prática de Ensino de Biologia*. Harbra, São Paulo.
- LISBOA, M.L.G. 2000. Estudos taxonômicos sobre o gênero *Qualea* Aubl., subgênero *Amphilochia* (Mart.) Staf. (Vochysiaceae A. St.-Hil.). Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000205968&opt=1>
- LITT, A. 1996. Phylogeny of the Vochysiaceae: implications of molecular data for floral evolution. *Am. J. Bot.* 83(abstracts):175.
- LITT, A. & CHEEK, M. 2002. *Korupodendron songweanum*, a new genus and species of Vochysiaceae from West-Central Africa. *Brittonia* 54:13-17. [http://dx.doi.org/10.1663/0007-196X\(2002\)054\[0013:KSANGA\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1663/0007-196X(2002)054[0013:KSANGA]2.0.CO;2)
- MADUREIRA, M. & SOBRINHO, T.G. 2002. Evidência de mutualismo entre *Qualea cordata* (Vochysiaceae) e *Cephalotes* sp. (Hymenoptera: Formicidae). *Acad. Insecta* 2(1):1-4.
- MARCANO-BERTI, L. 1969. Un nuevo genero de las Vochysiaceae. *Pittieria* 2:3-28.
- MARCONDES, A.C. & LAMMOGLIA, D.A. 1994. *Biologia – ciência da vida*. Atual, São Paulo.
- OLIVEIRA, P.S., SILVA, A.F. & MARTINS, A.B. 1987. Ant foraging on extrafloral nectaries of *Qualea grandiflora* (Vochysiaceae) in cerrado vegetation: ants as potencial antiherbivore agents. *Oecologia* 74:228-230. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00379363>
- OLIVEIRA, P.E. 1996. *Biologia floral de Salvertia convallariodora* (Vochysiaceae): uma espécie de cerrado polinizada por mariposas. *Rev. Bras. Bot.* 19(1):49-53.
- OLIVEIRA, P.E. 1998. Reproductive biology, evolution and taxonomy of Vochysiaceae in central Brazil. In *Reproductive Biology* (S.J. Owens & P.J. Rudall, eds.). Kew, Royal Botanic Gardens, London, p.381-393.
- OLIVEIRA, P.E. & GIBBS, P.E. 1994. Pollination and breeding systems of six *Vochysia* species (Vochysiaceae). *J. Trop. Ecol.* 10:509-522. <http://dx.doi.org/10.1017/S026646740000818X>
- OLIVEIRA, P.E., GIBBS, P.E. & BARBOSA, A.A. 2004. Moth pollination of woody species in the Cerrados of Central Brazil: a case of so much owed to so few? *Plant Syst. Evol.* 245:41-54. <http://dx.doi.org/10.1007/s00606-003-0120-0>
- PIAGET, J. 1996. *Biologia e conhecimento – ensaio sobre as relações entre as regulações orgânicas e os processos cognoscitivos*. Vozes, Petrópolis.
- PINHEIRO DA SILVA, P.G. 2008. *O Ensino da Botânica no Nível Fundamental: um enfoque nos procedimentos metodológicos*. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Bauru. [http://www2.fc.unesp.br/BibliotecaVirtual/ArquivosPDF/TES\\_DOUT/TES\\_DOUT20080328\\_SILVA%20PATRICIA%20GOMES%20PINHEIRO%20DA.pdf](http://www2.fc.unesp.br/BibliotecaVirtual/ArquivosPDF/TES_DOUT/TES_DOUT20080328_SILVA%20PATRICIA%20GOMES%20PINHEIRO%20DA.pdf).



- PINHEIRO DA SILVA, P.G., CAVASSAN, O. & SENICIATO, T. 2009. Os ambientes naturais e a didática das ciências biológicas. In Educação para a ciência: introdução à didática da biologia (A.M.A. Caldeira & E.S.N.N. de Araújo, eds.). Escrituras, São Paulo, v.10, p.289-303.
- PINHEIRO, M.H.O. 2000. Levantamento florístico e fitossociológico da floresta estacional semidecidual do Jardim Botânico Municipal de Bauru, São Paulo. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000211351>
- RAVEN, P. H., EVERT, R. F. & EICHHORN, S. E. 2010. Biologia Vegetal. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.
- RISSI, M.N. 2011. Regeneração natural de um fragmento de cerrado degradado com a formação de pastagens de braquiária (*Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster). Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. [http://www2.ibb.unesp.br/posgrad/teses/botanica\\_me\\_2011\\_mariana\\_rissi\\_corrigida.pdf](http://www2.ibb.unesp.br/posgrad/teses/botanica_me_2011_mariana_rissi_corrigida.pdf).
- RODRÍGUEZ R.L. & SANOJA, E. 2004. Aspectos de la biología reproductiva de *Erisma uncinatum* Warm., (Vochysiaceae), la primera especie maderable del Estado Bolívar, Venezuela. Acta Bot. Ven. 27(1):23-33.
- RODRIGUES, R.R. & LEITÃO-FILHO, H.F. 2000. Matas ciliares: conservação e recuperação. EdUSP, FAPESP, São Paulo.
- RODRIGUES, V.E.G. & CARVALHO, D.A. 2001. Levantamento etnobotânico de plantas medicinais no domínio cerrado na região do alto Rio Grande – Minas Gerais. Cienc. Agrotec. 25(1):102-123.
- SAJO, M.G. & RUDALL, P.J. 2002. Leaf and stem anatomy of Vochysiaceae in relation to subfamilial and suprafamilial systematics. Bot. J. Linn. Soc. 138: 339-364. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1095-8339.2002.00025.x>
- SANTIAGO DOS SANTOS, F. 2006. A botânica no Ensino Médio: Será que é preciso apenas memorizar nomes de plantas?. In Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino (C.B. Silva, org.). Editora Livraria da Física, São Paulo, p.223-243.
- SANTOS, M.L., AFONSO, A.P. & OLIVEIRA, P.E. 1997. Biologia floral de *Vochysia cinnamomea* Pohl (Vochysiaceae) em cerrados do Triângulo Mineiro, MG. Rev. Bras.Bot. 20(2):127-132. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84041997000200003>
- SARMIENTO, G. 1983. The savannas of tropical America. In Ecosystems of the world: tropical savannas. (F. Bouliere, ed.). Elsevier, Amsterdam, p.245-288.
- SENICIATO, T., PINHEIRO DA SILVA, P.G. & CAVASSAN, O. 2006. Construindo valores estéticos nas aulas de ciências desenvolvidas em ambientes naturais. Ensaio 8(2):97-110.
- SENICIATO, T. & CAVASSAN, O. 2008a. Afetividade, motivação e construção de conhecimento científico nas aulas desenvolvidas em ambientes naturais. Cienc. Cognição (UFRJ). 13(3):120-136.
- SENICIATO, T. & CAVASSAN, O. 2008b. A formação de conceitos científicos em aulas de campo: as possibilidades de aprendizagem segundo Piaget e Vigotski. In Educação para a ciência: práticas integradas para o ensino de biologia (E.S.N.N. de Araújo, J.J. Caluzi & A.M.A. Caldeira, eds.). Escrituras, São Paulo, p.189-203.
- SENICIATO, T. & CAVASSAN, O. 2009. O ensino de ecologia e a experiência estética no ambiente natural: considerações preliminares. Cienc. Educ. 15(2):393-412.
- SENTERRE, B. & OBIANG, D. 2005. Nouvelles découvertes à propos des Vochysiaceae africaines: *Erisma delphus* Mildbr. et *Korupodendron* Litt & Cheek. Taxonomania. 17:3-18.
- SHIMIZU, G.H. 2009. Vochysiaceae na Serra do Cipó, Minas Gerais, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000471952>
- SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. & GOTTSBERGER, G. 1975. Über sphingophile Angiospermen Brasiliens. Plant Syst. Evol. 123:157-184. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00989402>
- SOUZA, V.C. & LORENZI, H. 2008. Botânica sistemática. Guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. Instituto Plantarum, Nova Odessa.
- STAFLEU, F.A. 1948. A monograph of the Vochysiaceae I. *Salvertia* and *Vochysia*. Rec. Trav. Bot. Néerl. 41:397-540.
- STAFLEU, F.A. 1952. A monograph of Vochysiaceae. II. *Callisthene*. Acta Bot. Neer. 1:222-242.
- STAFLEU, F.A. 1953. A monograph of Vochysiaceae. III. *Qualea*. Acta Bot. Neer. 2:144-217.
- STAFLEU, F.A. 1954. A monograph of Vochysiaceae. IV. *Erisma*. Acta Bot. Neer. 3:459-480.
- TONIATO, M.T.Z. 2001. Variações na composição e estrutura da comunidade arbórea de um fragmento de floresta semidecidual em Bauru (SP), relacionadas a diferentes históricos de perturbações antrópicas. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000236680>
- VIANNA, M.C. 2006. Vochysiaceae na Reserva Biológica de Poço das Antas, Silva Jardim, Rio de Janeiro, Brasil. Rodriguésia 57(3):659-666.
- VILA VERDE, G.M., PAULA, J.R. & CANEIRO, D.M. 2003. Levantamento etnobotânico das plantas medicinais do cerrado utilizadas pela população de Mossâmedes – GO. Rev. Bras. Farmacogn. 13:64-66. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-695X2003000300024>
- YAMAMOTO, K. 2009. Flora de Grão-Mogol, Minas Gerais: Vochysiaceae. Bol. Bot. Univ. São Paulo 27(1):131-136.
- WARMING, E. 1875. Vochysiaceae. In Flora Brasiliensis (C.F.P. Martius, ed.). R. Oldenburg, Monachii, v.13, p.17-116.
- WARMING, E. & FERRI, M.G. 1973. Lagoa Santa e a vegetação de cerrados brasileiros. Itatiaia, Belo Horizonte, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Recebido em 16/10/2010

Versão reformulada recebida em 24/09/2012

Publicado em 02/01/2013



## ANEXOS

## Chave de identificação

- 1 Glândulas (nectários extra-florais) abaixo do pecíolo, presença de nervura ao longo da margem da folha (nervuras coletoras).....2  
 2 Folhas sempre opostas .....3  
 3 Casca descamante em placas nos ramos, folhas com mais de 8 cm compr., pétala glabra..... *Qualea grandiflora*  
 (pau-terra-de-folha-grande – prancha 2)  
 3' Casca não descamante em placas nos ramos, folhas menores que 8 cm, pétala serícea na face adaxial ..... *Qualea cordata*  
 (carvãozinho, dedaleira – prancha 1)  
 2' Folhas opostas ou verticiladas .....4  
 4 Caule fendilhado, pétala violácea, cápsula com superfície descamante .... *Qualea parviflora* (pau-terra-de-folha-miúda – prancha 4)  
 4' Caule com fissuras horizontais e aspecto liso, pétala não violácea, cápsula sem superfície descamante, ..... *Qualea multiflora*  
 (pau-terra-de-casca-lisa – prancha 3)  
 1' Glândulas (nectários extra-florais) abaixo do pecíolo ausentes, sem nervura ao longo da margem da folha (nervuras coletoras) .....5  
 5 Tronco suberoso sem cristas irregulares, indumento presente nas folhas ..... *Vochysia cinnamomea* (pau-doce – prancha 5).  
 5' Tronco suberoso com cristas irregulares, indumento ausente nas folhas ..... *Vochysia tucanorum* (pau-de-tucano – prancha 6).

## Glossário com os termos utilizados na chave de identificação e no catálogo de espécies.

**3-valvar:** com três valvas.

**Abaxial:** refere-se à face inferior da folha.

**Acuminado:** ápice que se afunila formando uma projeção.

**Adaxial:** refere-se à face superior da folha.

**Aguda (ápice/base):** define a folha cujas margens aproximam-se entre si em um ângulo menor que 90°.

**Ala lateral (semente):** é a projeção lateral achatada e usualmente delgada, assemelhando-se a uma asa, que torna as sementes capazes de planar a pequenas distâncias.

**Anemocórica:** dispersão que tem como agente dispersor o vento.

**Angiosperma:** grupo de plantas que têm as sementes formadas dentro de um fruto.

**Ápice:** topo ou parte mais alta, na folha designa a porção oposta em relação ao pecíolo.

**Arredondada (ápice/base):** diz-se da parte da folha que possui formato de semi-círculo.

**Base:** porção oposta ao ápice.

**Cano-pubescente:** superfície coberta de pelos curtos, densos e acinzentados.

**Cápsula:** fruto seco, deiscente, que se desenvolve de dois ou mais carpelos desde que estejam fundidos.

**Cartácea:** denomina as folhas que possuem consistência de cartolina ou pergaminho.

**Câmbio vascular:** bainha cilíndrica de células meristemáticas, cujas divisões produzem floema secundário e xilema secundário.

**Caule:** é o eixo principal da planta, sendo dividido em nós e entrenós.

**Células meristemáticas:** células responsáveis principalmente pela formação de novas células.

**Coletoras (nervuras):** denominação dada à nervura marginal da borda da folha, na qual todas as nervuras secundárias desembocam.

**Concolores:** estruturas que possuem ambas as faces com a mesma coloração.

**Cordada:** que possui a forma aproximada de um coração. Base cordada se refere à base reentrante com os lobos arredondados.

**Coriácea:** denomina as folhas que possuem consistência endurecida, semelhante a couro.

**Corola:** conjunto de pétalas.

**Crescimento secundário:** em plantas, o crescimento derivado de meristemas secundários ou laterais, ou seja, do câmbio vascular e do felogênio. O crescimento secundário resulta em um aumento de espessura.

**Cristas:** saliências ou apêndices irregulares de alguns órgãos.

**Cuneada:** em forma de cunha.

**Curto-peciolas:** folhas que possuem o pecíolo de tamanho diminuto, pequeno.

**Descamante:** que se esfolia em lâminas delgadas.

**Deiscente:** estrutura que se abre de forma espontânea na maturação.

**Discolores:** estruturas que possuem as faces com colorações distintas.

**Dística:** tipo de filotaxia onde as folhas estão dispostas em um único plano.

**Esfoliante:** tem o mesmo sentido que descamante.

**Entomofilia:** polinização que tem como agentes polinizadores insetos.

**Epiderme:** camada celular que reveste externamente as folhas, os caules e as raízes.

**Esfingídeos:** que pertencem à família Sphingidae, de mariposas grandes.

**Etnobotânica:** ramo da botânica que estuda o papel tradicional de certas plantas na vida e folclore de determinado povo.

**Feloderme:** tecido formado pelo felogênio para dentro, oposto ao súber, parte interna da epiderme.

**Felogênio:** o meristema lateral da planta que forma a periderme, produzindo o súber para fora (em direção à superfície) e a feloderme para dentro; é comum em caules e raízes de gimnospermas e angiospermas lenhosas.

**Fendilhado:** que possui fendas.

- Fenol:** função orgânica caracterizada por uma ou mais hidroxilas ligadas a um anel aromático.
- Fenólicos:** que contem fenol.
- Ferrugínea:** designa qualquer parte do vegetal que possua coloração castanho-avermelhada, semelhante à ferrugem.
- Filotaxia:** denominação dada ao arranjo das folhas nos nós ao longo do eixo caulinar.
- Floema:** Tecido condutor de seiva elaborada das plantas vasculares.
- Flor:** órgão de reprodução sexuada das angiospermas.
- Folha:** estrutura aérea, com função principal de órgão fotossintético.
- Fruto loculicida:** cápsula que se abre no meio do lóculo.
- Fruto:** estrutura formada pelo desenvolvimento do ovário após a fertilização.
- Gimnosperma:** planta que produz sementes não encerradas em um ovário, as coníferas são um representante desse grupo.
- Glabra:** superfície sem pelos (tricomas).
- Glabrescente:** que se torna glabro, ou quase, com a maturação.
- Hábito:** forma geral de uma planta, sendo os principais tipos: erva trepadeira, liana, subarbusto, arbusto e árvore.
- Indumento:** conjunto de pelos, escamas ou glândulas que cobre a superfície de um órgão.
- Inflorescência:** nome dado ao eixo caulinar que produz flores ao longo do seu comprimento.
- Lenho:** conjunto de elementos condutores lignificados e outros tecidos que compõem o xilema.
- Lenhoso:** referente ao lenho ou de natureza do lenho.
- Lignificado:** parte da planta que se impregna de lignina e que, em consequência, adquire consistência de madeira.
- Lignina:** substância que impregna a parede celulósica em certos tecidos. Principal componente da madeira, sendo responsável por sua resistência.
- Lustrosa:** denomina a superfície que possui aparência brilhante.
- Margem (folha):** Contorno ou bordo dos órgãos laminares ou comprimidos.
- Meristema:** a região com tecido embrionário, responsável principalmente pela formação de novas células.
- Nectário:** glândula ou tricoma que secreta néctar, podendo estar localizado na flor (floral) ou fora dela (nectário extra-floral).
- Nervuras:** elemento condutor, geralmente visível no limbo das folhas. Dividem-se em principal, secundária e terciária.
- Nervuras coletoras:** denominação dada à nervura marginal da borda da folha, na qual todas as nervuras secundárias desembocam.
- Nervura marginal:** refere-se às nervuras coletoras.
- Oblonga:** diz-se da forma da folha simétrica regular, em que o eixo longitudinal é maior do que o transversal e este é quase uniforme ao longo daquele, isto é, os bordos são quase paralelos na maior parte da extensão do limbo foliar.
- Obtusa (base):** diz-se de uma base quando suas margens aproximam-se entre si em um ângulo maior que 90°.
- Opostas:** filotaxia onde as folhas se dispõem aos pares em cada nó.
- Peciolo:** estrutura popularmente denominada de cabinho, que faz a ligação entre a porção laminar da folha e o caule.
- Pericarpo:** parede do fruto.
- Periderme:** tecido de proteção que reveste externamente a raiz e o caule em substituição à epiderme quando esta é eliminada durante o crescimento secundário, inclui súber, felogênio e feloderme.
- Pétala:** parte da flor, geralmente com colorido conspicuo; uma das unidades da corola.
- Piloso (a):** superfície que possui pelos (tricomas).
- Seco (fruto):** frutos que possuem pericarpo seco quando maduros.
- Secundárias (nervuras):** denominação dada às nervuras que partem da nervura central da folha.
- Semente:** estrutura formada pelo óvulo desenvolvido após a fertilização.
- Seríceo:** coberto de pelos finos, geralmente curtos e aplicados sobre a superfície do órgão que tem brilho de seda.
- Simples (folhas):** lâmina inteira, não dividida em folíolos.
- Sinonímia:** conjunto de nomes aplicados a um determinado táxon, mas que não representam nomes aceitos.
- Súber:** denominação do tecido morto que reveste o tronco de um vegetal em crescimento secundário.
- Sub-cordada:** quase cordada.
- Sub-coriácea:** quase coriácea.
- Tanino:** grupo de compostos fenólicos que tem como principal característica a afinidade em se ligar a cadeias de proteínas e precipitá-las.
- Tronco:** porção caulinar lenhosa não ramificada na base das árvores.
- Truncado:** que termina por uma linha ou plano perpendicular ao comprimento ou à altura.
- Valva:** Cada uma das peças em que se abrem longitudinalmente as cápsulas, vagens e outros frutos secos e deiscentes.
- Verticilada:** filotaxia na qual mais de duas folhas se dispõem em um mesmo nó.
- Vináceas:** com coloração vinho.
- Xilema:** Tecido vascular, através do qual a maior parte da água e sais minerais é conduzida na planta.

## Catálogo das espécies de Vochysiaceae existentes na trilha da Reserva Legal do Campus de Bauru da UNESP

### 1. *Qualea cordata* Spreng. (Prancha 1, figura 2)

**Nomes populares:** carvãozinho, dedaleira-preta.

**Ocorrência:** cerrado típico e cerradão.

**Características morfológicas:** HÁBITO: Árvore até 5m. CAULE: tronco, fendilhado, ramos não descamantes. FOLHAS: simples, opostas, cartáceas a coriáceas, glabras ou glabrescentes na face abaxial da folha, com até 8 cm de comprimento e 3 cm de largura, com glândulas (nectários extra-florais) na base do peciolo, nervuras secundárias paralelas e visíveis na face abaxial da folha; nervura evidente ao longo da margem (nervuras coletoras), margem inteira, levemente ondulada, ápice agudo a acuminado e base cordada. FLORES: pétala serícea na face adaxial. Brancas com manchas





**Figura 2.** Prancha 1. *Qualea cordata* Spreng. (Figura 2a hábito, Figura 2b caule, Figura 2c folha, Figura 2d flor).

**Figure 2.** Plate 1. *Qualea cordata* Spreng. (Figure 2a habit, Figure 2b stem, Figure 2c leaf, Figure 2d flower).

vináceas, tornando-se amarela após a fase fértil. FRUTOS: cápsula loculicida, 3-valvar cerca de 2 cm de comprimento. SEMENTES: oblongas com ala lateral. POLINIZAÇÃO: entomófila, tendo como polinizador principal abelhas grandes. DISPERSÃO: anemocórica. ETNOBOTÂNICA: não foram encontrados registros na literatura que descrevessem o perfil fitoquímico desta espécie vegetal, bem como nenhuma evidência de atividade biológica de interesse médico ou comercial a ela creditada.

## 2. *Qualea grandiflora* Mart. (Prancha 2, figura 3)

**Nomes populares:** pau-terra, pau-terra-do-campo, pau-terra-de-folha-grande.

**Ocorrência:** cerrado típico e cerradão.

**Características morfológicas:** HÁBITO: Árvore até 12 m. CAULE: tronco, descamante em pequenas placas, ramos também com essas características. FOLHAS: simples, opostas, coriáceas, pilosas, cerca de 15 cm de comprimento e 4 cm de largura, com glândulas (nectários extra-florais) na base do pecíolo, nervuras secundárias paralelas e bastante proeminentes na face abaxial da folha, nervura evidente ao

longo da margem (nervuras coletoras), margem inteira, ondulada, ápice agudo ou obtuso acuminado e base arredondada a subcordada. FLORES: amarelo-ouro, pétala glabra. FRUTOS: cápsula loculicida, 3-valvar, cerca de 8 cm de comprimento. SEMENTES: oblongas com ala lateral. POLINIZAÇÃO: esfingófila. DISPERSÃO: anemocórica. ETNOBOTÂNICA: É empregada na indústria madeireira, e no paisagismo. É utilizada como lenha, além de possuir propriedades medicinais. CURIOSIDADES: esta planta apresenta os frutos ao longo de todo o ano. Possui folha, flores e frutos de dimensões maiores que as outras espécies do gênero *Qualea*.

## 3. *Qualea multiflora* Mart. (Prancha 3, figura 4)

**Nomes populares:** cinzeiro, pau-terra-do-campo, pau-terra-de-casca-lisa.

**Ocorrência:** cerrado típico e cerradão.

**Características morfológicas:** HÁBITO: árvore até 6 m. CAULE: tronco, com sulcos finos horizontais e aspecto liso. FOLHAS: simples, opostas ou verticiladas, cartáceas a subcoriáceas, glabras, cerca de 8 cm de comprimento e 3 cm de largura, com glândulas





**Figura 3.** Prancha 2. *Qualea grandiflora* Mart. (Figura 3a hábito, Figura 3b caule, Figura 3c folha, Figura 3d flor).

**Figure 3.** Plate 2. *Qualea grandiflora* Mart. (Figure 3a habit, Figure 3b stem, Figure 3c leaf, Figure 3d flower).

(nectários extra-florais) na base do pecíolo, nervuras secundárias paralelas e visíveis na face abaxial da folha, nervura visível ao longo da margem (nervuras coletoras), margem inteira, plana, ápice acuminado, base arredondada, indumento pode estar presente. FLORES: brancas com linhas amarelas e manchas róseas na região central da face adaxial, tornando-se amarelo claras ou cremes, com linhas amarelas e manchas arroxeadas na região central da face adaxial após a polinização. FRUTOS: cápsula loculicida 3-valvar, superfície lisa, cerca de 4 cm de comprimento. SEMENTES: oblongas com ala lateral. POLINIZAÇÃO: entomófila, tendo como polinizador principal abelhas grandes. DISPERSÃO: anemocórica. ETNOBOTÂNICA: possui emprego no paisagismo, é utilizada como lenha e em artesanatos. CURIOSIDADES: esta planta apresenta frutos ao longo de todo o ano.

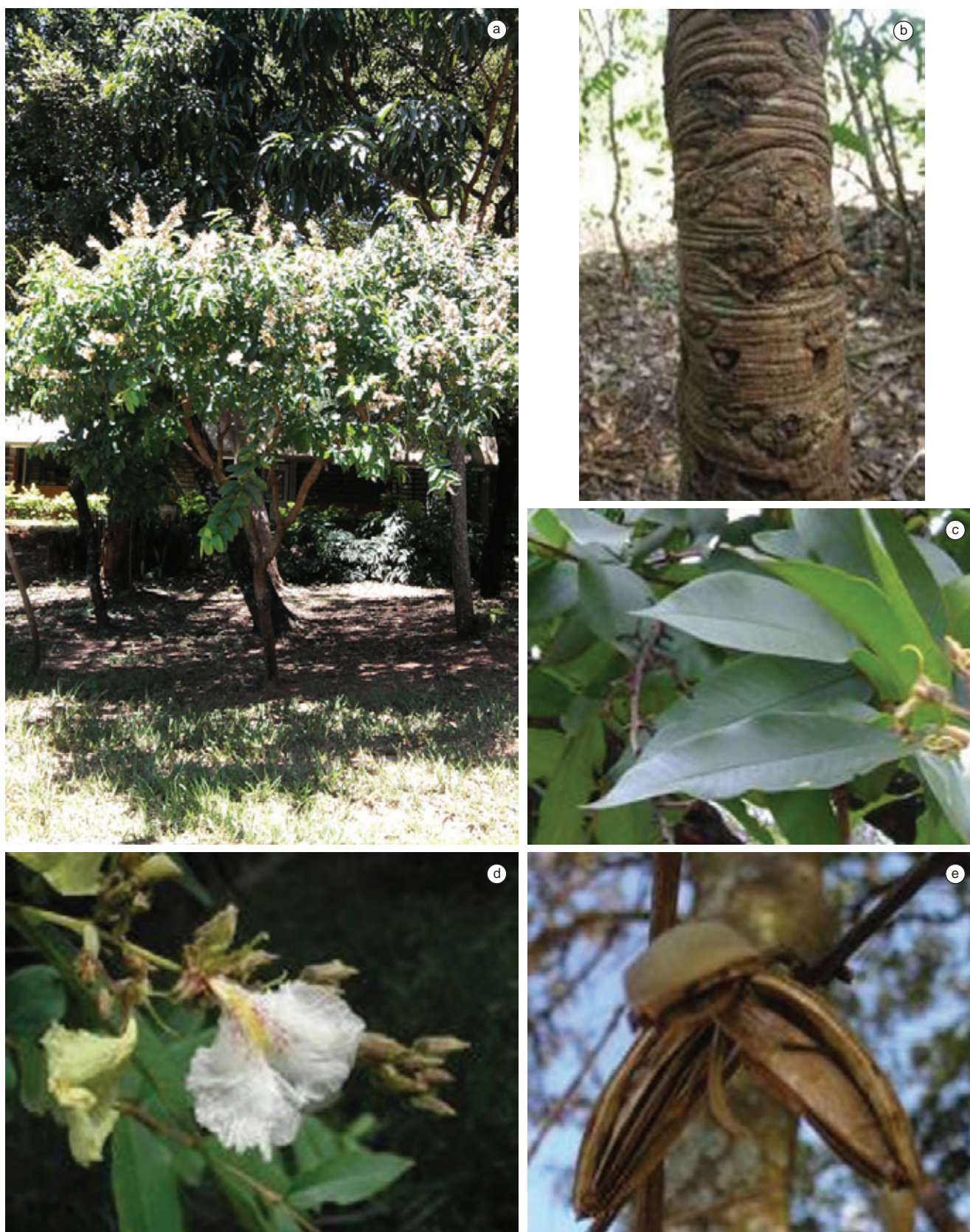
#### 4. *Qualea parviflora* Mart. (Prancha 4, figura 5)

**Nome popular:** pau-terra-de-folha-miúda.

**Ocorrência:** cerrado típico e cerradão.

**Características morfológicas:** HÁBITO: Árvore até 10 m de altura. CAULE: tronco fendilhado. FOLHAS: simples, opostas ou verticiladas, curto-pecioladas, cartáceas a subcoriáceas, glabras na face abaxial da folha, face adaxial cano-pubescente, cerca de 6 cm de comprimento e 2,5 cm de largura, com glândulas (nectários extra-florais) na base do pecíolo, nervura secundárias paralelas e visíveis na face abaxial da folha, nervura ao longo da margem evidente (nervuras coletoras), margem inteira, plana, ápice agudo, obtuso ou truncado e base obtusa, arredondada ou truncada. FLORES: violáceas com manchas arroxeadas e linha branca central na face adaxial. FRUTOS: cápsula loculicida 3-valvar, com superfície descamante, cerca de 3,5 cm de comprimento. SEMENTES: oblongas com ala lateral. POLINIZAÇÃO: entomófila, tendo como polinizador principal abelhas grandes. DISPERSÃO: anemocórica. ETNOBOTÂNICA: possui emprego na indústria madeireira, é utilizada no paisagismo, possui propriedades medicinais. Sua casca é rica em tanino. CURIOSIDADES: esta planta apresenta frutos ao longo de todo o ano.





**Figura 4.** Prancha 3. *Qualea multiflora* Mart. (Figura 4a hábito, Figura 4b caule, Figura 4c folha, Figura 4d flor, Figura 4e fruto).

**Figure 4.** Plate 3. *Qualea grandiflora* Mart. (Figure 4a habit, Figure 4b stem, Figure 4c leaf, Figure 4d flower, Figure 4e fruit).





**Figura 5.** Prancha 4. *Qualea parviflora* Mart. (Figura 5a hábito, Figura 5b caule, Figura 5c flor, Figura 5d fruto, Figura 5e interação ecológica).

**Figure 5.** Plate 4. *Qualea parviflora* Mart. (Figure 5a habit, Figure 5b stem, Figure 5c flower, Figure 5d fruit, 5e ecological interaction).

### 5. *Vochysia cinnamomea* Pohl (Prancha 5, figura 6)

**Nomes populares:** pau-doce, casca-doce, quina-doce.

**Ocorrência:** cerrado típico e cerradão.

**Características morfológicas:** **HÁBITO:** árvore até 10 m de altura. **CAULE:** tronco suberoso sem cristas irregulares. **FOLHAS:** simples, verticiladas, coriáceas, pilosas, discolores, coloração ferrugínea na face abaxial da folha e face adaxial verde, cerca de 15 cm de comprimento e 4 cm de largura, margem inteira, ápice arredondado e base aguda a cuneada. **INFLORESCÊNCIA:** amarela. **FRUTOS:**

cápsula loculicida 3-valvar, cerca de 3 cm de comprimento. **SEMENTES:** oblongas com alas unilaterais. **POLINIZAÇÃO:** entomófila, tendo como polinizador principal abelhas grandes. **DISPERSÃO:** anemocórica. **ETNOBOTÂNICA:** possui emprego na indústria madeireira, é utilizada no paisagismo. Os frutos secos são utilizados para a confecção de artesanato. **CURIOSIDADES:** esta planta apresenta frutos ao longo de todo o ano. Durante o estudo da fenologia, os indivíduos que se localizavam em um ambiente totalmente sombreado, não floresceram.





**Figura 6.** Prancha 5. *Vochysia cinnamomea* Pohl (Figura 6a hábito, Figura 6b caule, Figura 6c inflorescência, Figura 6d fruto, Figura 6e interação ecológica).  
**Figure 6.** Plate 5. *Vochysia cinnamomea* Pohl (Figure 6a habit, Figure 6b stem, Figure 6c inflorescence, Figure 6d fruit, Figure 6e ecological interaction).

## 6. *Vochysia tucanorum* Mart. (Prancha 6, figura 7)

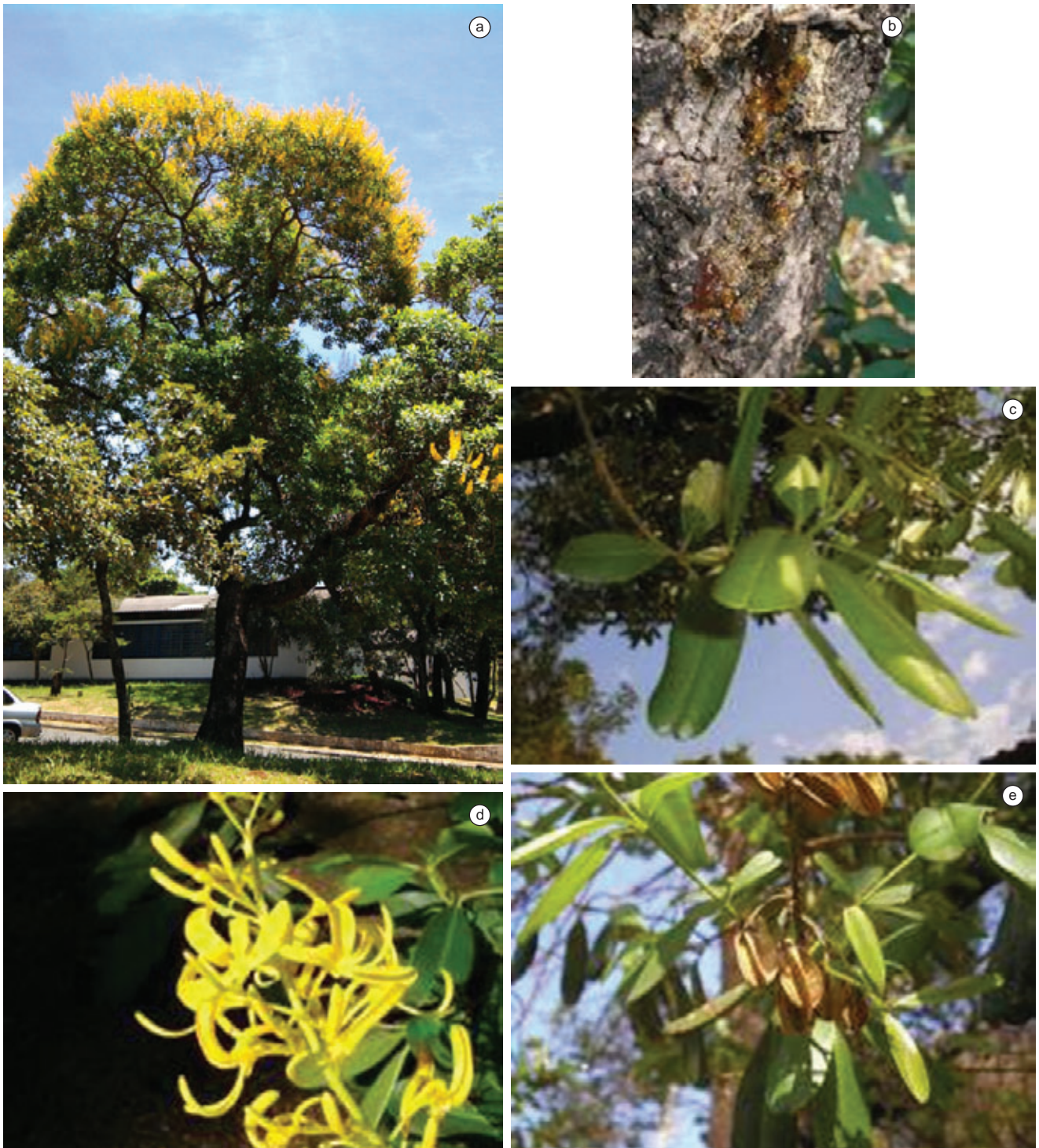
**Nomes populares:** cinzeiro, pau-de-tucano, pau-doce.

**Ocorrência:** cerrado típico e cerradão.

**Características morfológicas:** **HÁBITO:** árvore de até 12 m de altura. **CAULE:** tronco, súber espesso com cristas irregulares. **FOLHAS:** simples, verticiladas, coriáceas, glabras, lustrosas, concolores, cerca de 15 cm de comprimento e 4 cm de largura, margem inteira, ápice arredondado, base aguda. **INFLORESCÊNCIA:** amarela. **FRUTOS:** cápsula loculicida 3-valvar, cerca de 2 cm

de comprimento. **SEMENTES:** oblongas com alas unilaterais. **POLINIZAÇÃO:** entomófila, tendo como polinizador principal abelhas grandes. **DISPERSÃO:** anemocórica. **ETNOBOTÂNICA:** possui emprego na indústria madeireira, no paisagismo, além de possuir propriedades medicinais. **CURIOSIDADES:** O nome popular pau-de-tucano advém da impressão que se tem, quando observada ao longe e na época da floração, de que a árvore esteja recoberta por tucanos, uma vez que a inflorescência lembra o bico de um tucano. É comum a presença de resina em seu tronco, isso se deve à raspagem feita por saguis para se alimentarem.





**Figura 7.** Prancha 6. *Vochysia tucanorum* Mart. (Figura 7a hábito, Figura 7b caule, Figura 7c folha, Figura 7d inflorescência, Figura 7e fruto).

**Figure 7.** Plate 6. *Vochysia tucanorum* Mart. (Figure 7a habit, Figure 7b stem, Figure 7c leaf, Figure 7d inflorescence, Figure 7e fruit).



## Occurrence of *Stercorarius pomarinus* (Temminck, 1815, Charadriiformes: Stercorariidae) in the Cananéia estuary, southern coast of São Paulo State

Edison Barbieri<sup>1,3</sup> & Douglas Bete<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Pesca, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios Paulista – APTA, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, Av. Professor Besnard, s/n, Morro do São João, CP 61, CEP 11990-000, Cananéia, SP, Brasil

<sup>2</sup>Escola Estadual Francisco Camargo Cesar, CEP 18071-286, Sorocaba, SP, Brasil

<sup>3</sup>Corresponding author: Edison Barbieri, e-mail: edisonbarbieri@yahoo.com.br

BARBIERI, E. & BETE, D. 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>

**Abstract:** Many Nearctic seabirds migrate to South America for the non-breeding season, using several key stopover and wintering sites along the Atlantic coast. The *Stercorarius pomarinus* is a widely distributed seabird found in every Ocean. It is a migratory bird from northern North America that flies southwards. However, there is little information about the occurrence of *Stercorarius pomarinus* along the São Paulo State coast. Former publications concerning the birds of Iguape- Cananéia- Ilha Comprida estuary have made no mention of the presence of this bird in the region. Thus it is important that forthcoming appearances be recorded. Throughout the bird-sample selection stage, undertaken since 1998 in the Cananéia estuary (25° 02' 44.71" S and 47° 55' 14.58" W) – 272 km from the city of São Paulo –, the bird was seen for the first time, resting in the Cananéia estuary, in January (2012). This note reports the occurrence of *Stercorarius pomarinus* in the Cananéia estuary, on the southern coast of São Paulo State, Brazil.

**Keywords:** seabird, migration, Cananéia, São Paulo, *Stercorarius pomarinus*.

BARBIERI, E. & BETE, D. Ocorrência de *Stercorarius pomarinus* (Temminck, 1815, Charadriiformes: Stercorariidae) no estuário de Cananéia, Litoral sul do Estado de São Paulo. Biota Neotrop. 13(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?article+bn00613012013>

**Resumo:** Muitas aves marinhas Neárticas migram para as regiões de invernadas localizadas na América do Sul, utilizando várias rotas e pontos de paradas ao longo da costa do Oceano Atlântico. O mandrião-pomarinó é uma ave marinha que migra após a reprodução e pode ser encontrada no Atlântico Sul, entretanto, há poucas informações sobre a ocorrência desta ave o longo da Costa do Estado de São Paulo. Publicações anteriores a respeito da avifauna do estuário de Iguape, Cananéia, Ilha Comprida não fazem menção à presença da *Stercorarius pomarinus* na área, o que justifica a importância de relatar novos registros desta ocorrência. O registro aqui relatado foi obtido a partir de atividade de monitoramento conduzido desde 1998, no estuário de Cananéia (25° 02' 44.71" S e 47° 55' 14.58" W), onde foi realizada a avistagem de dois espécimes de *Stercorarius pomarinus* em apenas uma oportunidade, no mês de janeiro de 2012, pousadas num banco de areia no meio do estuário.

**Palavras-chave:** ave marinha, ocorrência, Cananéia, São Paulo, *Stercorarius pomarinus*.

## Introduction

*Stercorarius pomarinus* is similar to the other Stercorariidae, which frequently chase other sea birds to steal their food from them, thus being kleptoparasites. However, this bird also feeds on rodents, small birds such as the terns and even sea-gulls (Dunning 1992).

This seabird reproduces in the Arctic region (Canada, Greenland and northern Siberia). It makes its nest in the Arctic tundra, laying 2 or 3 eggs in depressions in the ground, lined with grass (Olsen & Larsson 1997).

*S. pomarinus* is a trans-equatorial migrant which winters in the Atlantic Ocean on the African coast (South Africa, Namibia and Angola). In the western South Atlantic it is considered rare or sporadic (Olsen & Larson 1997). In Brazil it occurs mainly during its migratory flights (Sick 2001).

In Brazil the first report of *S. pomarinus* was made, on the estuary of the Tapajós river, by Escalante (1972). Olmos (1997), observing the birds associated with fishing boats on the continental platform of the Brazilian south-east. Olmos (2000) suggest that this bird is more common than perceived at first sight in oceanic waters

## Materials and Methods

The record of *S. pomarinus* was retrieved one of the census of project "estuarine bird", which is developed in the estuary of Cananéia, São Paulo (Figure 1). Data collection for this project consists in conducting censuses in fixed points within the sandy bank

near aquatic environments (Figure 1), with fortnightly frequency, since 2010.

## Result and Discussion

The observation reported here was made on 14 January 2012 during active searches performed from morning to approximately 10:00 AM.

Olmos (1997, 2000) registered *Stercorarius pomarinus* between 23 and 27 November, 1994 and between 24 and 30 March, 1995, on the coast of São Paulo. These present authors observed two specimens of *S. pomarinus* on a sandbank (25° 02' 44.71" S and 47° 55' 14.58" W) in the Cananéia estuary, São Paulo, identified as *S. pomarinus*. Two photographs of these specimens (Figures 2 and 3) showed *S. pomarinus*, with a dark double-colored beak, shanks of a lighter color than the feet, and greatly elongated, pointed central tail feathers, and that seemed to be quite tame.

The species occurs with a variety of plumage that may vary from a completely dark tone, to light-colored individuals with white necks, with all the possible intermediate stages of plumage. In Figures 2 and 3 it is possible to observe the clearly two-colored beak and in Figure 3 the wide central tail feathers with the rounded extremities, typical of *S. pomarinus*. This is the first registered report of the species in the Cananéia estuary, and the second for the State of São Paulo (Olmos 2000). It is important to emphasize that in Numao & Barbieri's study (2011) of the birds of the Cananéia estuary, as in that of Barbieri & Tavares (2008) on the birds of Ilha Comprida, there is no record of any specimen of this species. In accordance with Olmos's (2000) records, the species seems to be more common on the Brazilian



**Figure 1.** In red area in which *Stercorarius pomarinus* was observed in sandbank in Cananéia estuary, São Paulo, State.



**Figure 2.** Two *Stercorarius pomarinus* photographed at 25° 02' 44.71" S and 47° 55' 14.58" W in January 2012. (Photo Douglas Bete).



**Figure 3.** *Stercorarius pomarinus* photographed at 25° 02' 44.71" S and 47° 55' 14.58" W in January 2012. (Photo Douglas Bete).

southeast/south coast than was at first perceived. Pelagic seabirds are very common in Brazilian waters but there is very little study about this bird group. They are frequently represented by few reports, due mainly to the difficulties encountered in studying them. The lack of research and of specific funding for projects on sea-birds have resulted in a paucity of studies undertaken in the habitats of these species, giving the possibly erroneous impression of their rarity.

The region of the Cananéia-Iguape-Ilha Comprida estuary is important in terms of primary production. The productivity of this ecotone accounts for the large numbers of terns which feed here throughout the year (Barbieri & Pinna 2007). The presence of the terns may have attracted the *S. pomarinus*, as this latter bird is a kleptoparasite (Dunning 1992). This latter fact was confirmed by two attacks of the *S. pomarinus* on the *Thalasseus acutiflavus*, observed on this same occasion.

## References

- BARBIERI, E. & TAVARES E.P. 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>.
- BARBIERI, E. & PINNA, F.V. 2007. Variação temporal do trinta-réis-de-bico-amarelo (*Thalasseus sandvicensis eurygnatha*) durante o ano de 2005 no estuário de Cananéia-Iguape-Ilha Comprida. *Ornitologia Neotropical.* 18:563-572.
- DUNNING JUNIOR, J.B. 1992. *CRC Handbook of Avian Body Masses.* CRC Press.
- ESCALANTE, R. 1972. First Pomarine Jaeger specimen from Brazil. *Auk* 89(3):663-665.
- NUMAO, F. & BARBIERI, E. 2011. Variação sazonal de aves marinhas no baixo do Arrozal, município de Cananeia-SP. *Mundo Saúde* 35(1):71-83.
- OLMOS, F. 2000. Revisão dos registros de *Stercorarius pomarinus* no Brasil, com notas sobre registros de *S. longicaudus* e *S. parasiticus* (Charadriiformes: Stercorariidae). *Nattereria* (1):29-33
- OLMOS, F. 1997. Seabird flocks attending bottom longline fishing off southeastern Brazil. *Ibis* 139(4):685-691. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1474-919X.1997.tb04692.x>
- OLSEN, K.M. & LARSSON, H. 1997. *Skuas and jaegers: a guide to the skuas and jaegers of the world.* Yale University Press, New Haven.
- SICK, H. 2001. *Ornitologia brasileira.* 3. ed. Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro.

Received 26/03/2012

Revised 09/11/2012

Accepted 11/01/2013