Turbelários límnicos (Platyhelminthes) em ecossistemas de arroz irrigado da Planície Costeira do sul do Brasil

Dioneia Conceição da Vara[1] & Ana Maria Leal-Zanchet[1,2]

[1]Programa de Pós-graduação em Biologia, Instituto de Pesquisas de Planárias, Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, CEP 93022-000, São Leopoldo, RS, Brasil. http://www.unisinos.br
[2]Autor para correspondência: Ana Maria Leal-Zanchet, e-mail: zanchet@unisinos.br

VARA, D.C. & LEAL-ZANCHET, A.M. **Freshwater turbellarians (Platyhelminthes) in irrigated rice fields of the Coastal Plain in southern Brazil**. Biota Neotrop. (13)4: http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/en/abstract?inventory+bn02013042013

Abstract: Turbellarians occur in a variety of wetlands, being also abundant in temporary water bodies. Several turbellarians are top predators in their microhabitats, many of them feeding on zooplankton. However, they are seldom taken into account in biodiversity studies. Information on turbellarian diversity in Brazilian freshwater ecosystems mainly came from taxonomical studies. In southern Brazil, there are a high number of wetlands, most of them represented by rice fields. Despite their impact on natural areas, these managed ecosystems can play an important role in freshwater biodiversity conservation. The aim of the present work was to report on an inventory done in irrigated rice fields of three areas of the Coastal Plain of southern Brazil, viz. Cachoeirinha, Santo Antônio da Patrulha e Camaquã. We found 144 species of freshwater turbellarians, distributed in six taxonomic groups (Catenulida, Macrostomida, Lecithoepitheliata, Proseriata, Rhabdocoela, and Tricladida). Twenty-three species are recorded for the first time for Brazil. Catenulida showed the highest relative abundance in Cachoeirinha, followed by Rhabdocoela. In Santo Antônio and Camaquã, Tricladida had the highest relative abundance, followed by Catenulida. Results suggest that some turbellarian species show a high level of habitat specificity with only 38% of the registered turbellarians occurring in a single study area. Although there is a paucity of turbellarian inventories in Brazilian natural wetlands, hampering a comparison between natural and managed wetlands, results indicate high species richness in the areas studied.
Keywords: *microturbellarians, triclads, diversity, inventory, temporary wetlands.*

VARA, D.C. & LEAL-ZANCHET, A.M. **Turbelários límnicos (Platyhelminthes) em ecossistemas de arroz irrigado da Planície Costeira do sul do Brasil**. Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/pt/abstract?inventory+bn02013042013

Resumo: Os turbelários são encontrados em uma grande variedade de hábitats aquáticos, sendo abundantes inclusive em áreas úmidas temporárias. Diversos turbelários são predadores de topo nos seus microhabitats, muitos deles alimentando-se de zooplâncton. No entanto, raramente os turbelários são considerados em inventários de diversidade. Informações sobre sua diversidade nos ecossistemas límnicos brasileiros provêm principalmente de estudos taxonômicos. No Rio Grande do Sul, há um grande número de áreas úmidas, sendo a maioria delas representadas por lavouras de arroz. Esses ecossistemas manejados, embora tenham alto impacto sobre áreas naturais, podem exercer um importante papel na conservação da biodiversidade aquática. Este estudo teve por objetivo inventariar os turbelários ocorrentes em áreas de cultivo de arroz irrigado de três localidades da Planície Costeira do sul do Brasil (Cachoeirinha, Santo Antônio da Patrulha e Camaquã). Foram registradas 144 espécies de turbelários, distribuídas em seis grupos taxonômicos (Catenulida, Macrostomida, Lecithoepitheliata, Proseriata, Rhabdocoela e Tricladida). Vinte e três espécies são registradas pela primeira vez para o Rio Grande do Sul. Catenulida apresentou a maior abundância relativa em Cachoeirinha, seguida por Rhabdocoela, enquanto nas outras duas localidades, a maior abundância relativa foi de Tricladida, seguida por Catenulida. Os resultados sugerem que algumas espécies demonstram alto grau de especificidade de hábitat, pois cerca de 38% dos turbelários ocorreram em apenas uma das áreas de estudo. Apesar da existência de poucos inventários de turbelários em áreas úmidas naturais do Brasil, impedindo uma comparação entre áreas úmidas naturais e manejadas, os resultados indicam uma elevada riqueza de espécies de turbelários nas áreas de estudo.
Palavras-chave: *microturbelários, tricladidos, diversidade, inventário, áreas úmidas temporárias.*

Introdução

No Brasil, estudos taxonômicos sobre turbelários límnicos foram realizados principalmente nos estados de São Paulo (Marcus 1943, 1944, 1945a, b, 1946, 1948, 1949, 1950, 1952, 1954, Du-Bois Reymond Marcus & Marcus 1951) e Rio Grande do Sul (Kawakatsu 1989, Kawakatsu et al. 1976, 1980, 1982, 1983a, b, 1984, 1985, 1986, 1992, Sluys et al. 1997, Gamo & Leal-Zanchet 2004, Amato & Amato 2005, Amato et al. 2003, 2005, 2006, 2007, 2010, 2011, Seixas et al. 2010a, b, c, 2011). Há registros de 98 espécies de turbelários dulcícolas para o Brasil, sendo os macroturbelários representados por 12 espécies e os microturbelários por 86 espécies formalmente descritas (Carbayo et al. 2009). Em ambientes límnicos, os macroturbelários incluem representantes de Tricladida e os microturbelários, de Catenulida, Macrostomida, Prolecithophora, Lecithoepitheliata, Proseriata e Rhabdocela (Young 2001). Segundo Noreña et al. (2003), das 510 espécies de microturbelários citadas para as regiões do Gondwana, mais de 45% foram registradas no Brasil.

No entanto, mesmo nas regiões com maior número de registros de turbelários límnicos no país, o conhecimento da sua diversidade baseia-se principalmente em dados coletados a partir de amostragens pontuais, havendo escassos inventários até o momento. Para os trabalhos taxonômicos sobre tricladidos límnicos, coletas diretas foram realizadas em ambientes lóticos e lênticos, especialmente na cidade de São Paulo (Marcus 1946) e nas sub-bacias dos rios Caí e Sinos, nordeste do Rio Grande do Sul (Kawakatsu et al. 1980, Sluys et al. 1997). Estudos taxonômicos realizados sobre microturbelários em geral, mais extensivos em São Paulo, foram desenvolvidos com base em coletas em ambientes lóticos nos arredores da cidade de São Paulo (Marcus 1943, 1944, 1945a, b, 1946, 1948, 1949, 1950, 1952, 1954; Du-Bois Reymond Marcus & Marcus 1951). Os trabalhos taxonômicos sobre temnocefalídeos foram realizados com base na coleta de seus hospedeiros, em especial no Rio Grande do Sul (Amato & Amato 2005, Amato et al. 2003, 2005, 2006, 2007, 2010, 2011, Seixas et al. 2010a, b, c, 2011). Adicionalmente, Gamo & Leal-Zanchet (2004) realizaram um rápido inventário de microturbelários em sete localidades do Rio Grande do Sul e Braccini & Leal-Zanchet (2013) estudaram a estrutura de comunidades de turbelários em nove lagoas na Planície Costeira desse estado.

Os turbelários representam um importante componente da comunidade bentônica nos ecossistemas límnicos. Sua ocorrência tem sido registrada em ambientes lóticos e lênticos, em ecossistemas naturais permanentes e temporários (Kolasa 1991, Noreña-Janssen 1995, Young 2001) e em agroecossistemas (Bambaradeniya et al. 2004). Os microturbelários são capazes de colonizar e sobreviver em ambientes temporários, devido apresentarem boa capacidade de dispersão, ciclo de vida versátil, formação de ovos resistentes à dessecação e altas taxas de reprodução e desenvolvimento (Young 2001). Já os macroturbelários apresentam baixa capacidade de dispersão e, embora não tenham formas de resistência à dessecação, podem apresentar reprodução assexuada (Ball & Reynoldson 1981), o que facilita a colonização de determinados ambientes.

Os microturbelários alimentam-se de algas, bactérias, protozoários, nematódeos, oligoquetos, microcrustáceos, larvas de insetos, outros microturbelários, além de algas e/ou bactérias, dentre outros organismos (Young 2001), enquanto os macroturbelários alimentam-se principalmente de outros invertebrados bentônicos (Ball & Reynoldson 1981). Assim, estudos da biodiversidade de turbelários podem indicar a biodiversidade de outros grupos e auxiliar no monitoramento de comunidades. No entanto, apesar de sua importância ecológica, abundância e riqueza de espécies em ecossistemas límnicos, os tubelários raramente são considerados em inventários de diversidade (Schockaert et al. 2008).

No Rio Grande do Sul, há um grande número de áreas úmidas (Diegues 1990, Maltchik et al. 2003), naturais e manejadas, com uma superfície aproximada de 30.300 km^2, distribuídas principalmente na Planície Costeira, Depressão Central e Fronteira Oeste (Maltchik et al. 2003). Das cinco classes principais de áreas úmidas identificadas, os arrozais perfazem aproximadamente 84% da área de inundação do estado (Maltchik et al. 2003). A orizicultura irrigada pode desempenhar um importante papel na conservação da biodiversidade (Maeda 2001, Tourenq et al. 2001, Czech & Parsons 2002, Elphick & Oring 2003, Guadagnin & Maltchik 2007), mas, de fato, pouco é conhecido sobre esse tema em arrozais do sul do Brasil. De modo geral, dados sobre a diversidade associada às lavouras de arroz são escassos (Elphick 2000, Blanco et al. 2006). A maioria dos inventários de invertebrados no cultivo do arroz irrigado relaciona-se a organismos que causam prejuízos econômicos (Bambaradeniya et al. 2004) ou danos à saúde humana (Forattini et al. 1989).

Considerando que os arrozais ocupam a maior parte da área de inundação do Rio Grande do Sul, inventariamos, no presente estudo, os turbelários ocorrentes em lavouras de arroz e seus canais de irrigação e drenagem de três localidades da Planície Costeira desse estado.

Material e Métodos

1. Áreas de estudo

O presente estudo foi realizado em três localidades da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil, sendo uma na Planície Costeira externa à Lagoa dos Patos (Santo Antônio da Patrulha) e as outras duas, na Planície Costeira Interna (Cachoeirinha e Camaquã). Santo Antônio da Patrulha e Cachoeirinha pertencem à bacia hidrográfica do Guaíba (sub-bacias dos rios do Sinos e Gravataí, respectivamente) e Camaquã, à bacia hidrográfica do Litoral (sub-bacia do rio Camaquã) (Figura 1). A área de estudo em Cachoeirinha é composta por sete sítios, sendo três tipos de canais (canal de irrigação, canal de drenagem principal e canais de drenagem secundários em torno das lavouras) e quatro lavouras com diferentes técnicas (plantio direto, plantio convencional, plantio pré-germinado e cultivo mínimo). Para as lavouras e canais de drenagem foram delineadas três repetições, enquanto para os canais de irrigação e drenagem principal, os quais são únicos, foram feitas repetições em três pontos ao longo do canal (pseudo-repetições). Em Santo Antônio da Patrulha e Camaquã, foi possível selecionar três áreas em cada localidade, havendo, portanto, três repetições. Em cada área de amostragem nessas duas localidades, foram realizadas amostragens em um canal de irrigação, um canal de drenagem e uma lavoura com cultivo do tipo mínimo.

No Rio Grande do Sul, o ciclo anual de cultivo do arroz é iniciado usualmente em outubro, com a preparação dos campos de cultivo, e finalizado em março, quando ocorre a colheita. De novembro/dezembro a fevereiro, as lavouras são mantidas irrigadas através do bombeamento de água para o interior do sistema. Em fevereiro, o fornecimento de água para as lavouras é interrompido, ocorrendo gradativa redução do nível de água nas lavouras e canais de drenagem secundários. O canal de irrigação e o canal de drenagem principal permanecem usualmente alagados. Entre os quatro principais tipos de cultivo utilizados no sul do Brasil (plantio direto, plantio convencional, plantio pré-germinado e cultivo mínimo), há variações quanto à época de plantio das sementes, duração da fase de inundação e manejo do solo antes e após a colheita, dentre outras (Embrapa 2005).

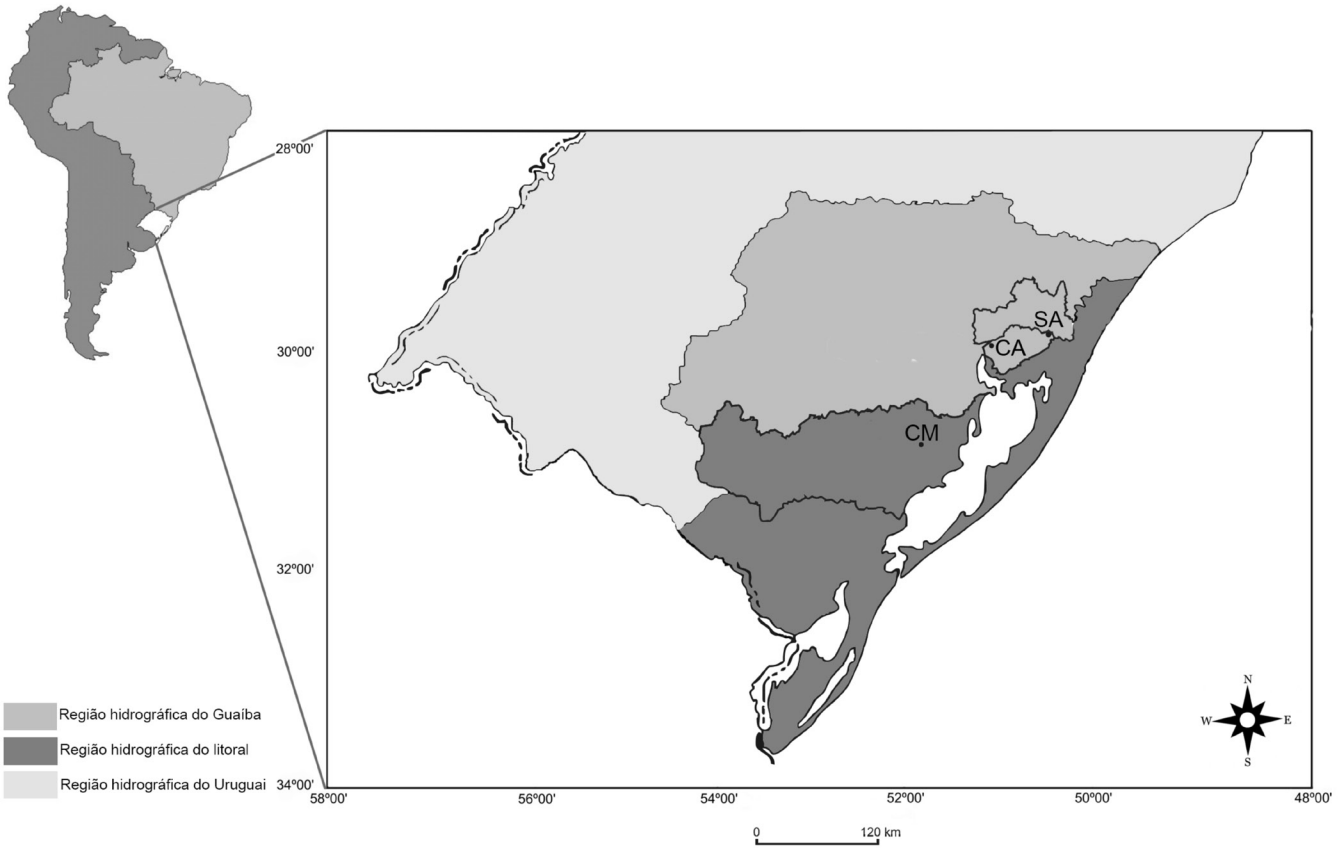


Figura 1. Áreas de estudo no Rio Grande do Sul, Brasil, e suas respectivas sub-bacias hidrográficas: Cachoeirinha (CA); Camaquã (CM); Santo Antônio da Patrulha (SA).

Figure 1. Study areas in southern Brazil and their respective river sub-basins: Cachoeirinha (CA); Camaquã (CM); Santo Antônio da Patrulha (SA).

A área localizada em Cachoeirinha corresponde à Estação Experimental do Arroz (EEA-IRGA) (29° 55' 30' 'S e 50° 58' 21'' O), a qual utiliza água oriunda do Rio Gravataí. No município de Santo Antônio da Patrulha, as três áreas investigadas situam-se entre as coordenadas 29° 42' 43'' S; 50° 38' 18'' O (SA1), 29° 55' 07'' S; 50° 40' 38'' O (SA2) e 29° 52' 41'' S e 58° 37' 27'' O (SA3). A área SA1 é irrigada com água do alto rio dos Sinos. Para irrigação da área SA2 a água é retirada do rio Gravataí. A área SA3 é irrigada com água proveniente de dois arroios, Pitangueira e Passo dos Ramos que são afluentes do rio Gravataí e do Açude dos Pereiras. As três áreas de estudo localizadas no município de Camaquã, situadas, respectivamente, entre as coordenadas 30° 49' 97'' S; 51° 50' 47'' O; 30° 48' 34'' S; 51° 51' 85'' O e 30° 52' 43'' S; 51° 48' 92'' O, são irrigadas por meio de canais de irrigação com água oriunda da represa do arroio Duro.

2. *Amostragens*

As amostragens de turbelários foram realizadas mensalmente nos ambientes permanentemente alagados (canal de irrigação e canal de drenagem principal) das áreas de estudo. Nas lavouras e/ou canais de drenagem que circundam as parcelas (canais de drenagem secundários), as amostragens foram feitas no período de inundação desses ambientes, usualmente de dezembro a fevereiro. Em Cachoeirinha, as amostragens foram realizadas de dezembro de 2006 a junho de 2010, incluindo três ciclos de cultivo e entressafras, e, em Santo Antônio da Patrulha e Camaquã, de agosto de 2008 a agosto de 2009, correspondentes a um ciclo de cultivo e entressafras. Para as amostragens, utilizou-se puçá com malha de 335 µm, conforme metodologia empregada por Gamo & Leal-Zanchet (2004), sendo que o esforço amostral foi padronizado em dez minutos para cada um dos pontos de coleta (sítios), com três repetições. Amostras de água, com o conteúdo do puçá, foram levadas ao laboratório para triagem.

3. *Triagem e determinação taxonômica*

As amostras foram inicialmente examinadas a olho nu, para localização dos espécimes, durante dois a três dias, sendo contados todos os espécimes visualizados (abundância de espécimes). Estes foram isolados com auxílio de pipeta e analisados, vivos, com auxílio de estereomicroscópio. A análise da morfologia externa foi complementada ao microscópio óptico (Young 2001). Posteriormente, cada espécime foi submetido à técnica de squash progressivo para análise da morfologia interna. Com fins de determinação taxonômica, os turbelários foram, adicionalmente, desenhados, fotografados, medidos com lâmina micrométrica e identificados com o auxílio de chaves dicotômicas. Os animais identificados apenas em nível de morfoespécie foram fixados em SUSA ou formalina neutra para processamento histológico. As preparações histológicas desses animais foram incluídas na Coleção Científica de Platyhelminthes do Museu de Zoologia da UNISINOS.

4. *Análise dos dados*

Para cada localidade, foi calculada a abundância total de espécimes nas amostragens. A abundância relativa foi obtida considerando a porcentagem de indivíduos de cada grupo taxonômico em relação ao total de turbelários amostrados.

Resultados

Nas áreas de estudo, registrou-se um total de 144 espécies de turbelários, sendo 141 microturbelários e três macroturbelários (Tabelas 1, 2). As espécies distribuem-se em seis grupos taxonômicos principais (Catenulida, Macrostomida, Lecithoepitheliata, Proseriata, Rhabdocoela e Tricladida) (Tabelas 2, 3). Vinte e três espécies são registradas pela primeira vez para o Rio Grande do Sul, seis delas representando também o primeiro registro para o país (Tabela 2).

O maior número de espécies de turbelários foi registrado em Cachoeirinha, sendo também a localidade que apresentou maior abundância absoluta (Tabela 1). Em Cachoeirinha, *Catenula lemnae* Duges, 1832 foi o microturbelário com maior abundância relativa, seguido de *Bothromesostoma personatum* (Schmidt, 1848), *Stenostomum tenuicauda* Nuttycombe & Waters, 1938 e *Stenostomum bicaudatum* Kennel, 1888. Adicionalmente, os macroturbelários *Girardia* sp. e *Rhodax* sp. estiveram representados dentre aqueles com abundância relativa alta em Cachoeirinha. *Girardia tigrina* (Girard, 1850) foi a espécie com maior abundância relativa em Santo Antônio da Patrulha e em Camaquã, representando também o turbelário com maior número de espécimes coletados no estudo (Tabela 2). Em Santo Antônio, outras espécies com abundância relativa alta foram *Mesostoma platycephalum* Braun, 1885, *C. lemnae*, *Stenostomum* sp.9 e *Microstomum lineare* (Müller, 1773), enquanto, em Camaquã, *S. bicaudatum*, *Dasyhormus lithophorus* Marcus, 1945, *Anokkostenostomum pseudoacetabulum* (Nuttycombe & Waters, 1935) e *S. tenuicauda* (Tabela 2). Do total de espécies, cerca de 38% foram registradas exclusivamente numa das três localidades (Tabela 2). Aproximadamente 28% das espécies foram registradas nas três áreas de estudo. Algumas dessas são espécies cosmopolitas que já haviam sido registradas para a América do Sul, tais como *C. lemnae*, *G. tigrina*, *P. stagnalis* Schultze, 1851, *B. semperi* Braun, 1881 e *Gyratrix hermaphroditus* Ehrenberg, 1831, dentre outras.

Dos seis principais grupos taxonômicos registrados no presente estudo, Rhabdocoela, Catenulida e Macrostomida contribuíram com o maior número de espécies novas, a maioria das quais foi identificada como morfoespécie (Tabelas 2, 3). Catenulida representou o grupo com maior abundância relativa em Cachoeirinha, sendo seguido por Rhabdocoela. Nas outras duas localidades, a maior abundância relativa foi de Tricladida, seguido por Catenulida (Tabela 4). Não houve registros de indivíduos de Proseriata para Cachoeirinha (Tabelas 3, 4).

Tabela 1. Total de registros de espécies de turbelários e total de espécimes amostrados por município em lavouras de arroz e canais de irrigação e drenagem em três localidades da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. *Espécies comuns entre as localidades foram contadas uma única vez para o total de espécies registradas.

Table 1. Total of recorded species of turbellarians and total of sampled specimens per locality in rice fields and their irrigation and drainage canals in three areas of the Coastal Plain, in Rio Grande do Sul, Brazil. *Species occurring in two or more localities were counted once to obtain the amount of recorded species.

Localidades	Número de espécies registradas	Total de espécimes amostrados por localidade	Espécies únicas
Cachoeirinha	121	15379	35
Santo Antônio	88	13470	9
Camaquã	73	5454	11
Total	144*	34303	55

Tabela 2. Espécies de turbelários registradas e abundância absoluta e relativa por espécie em cada localidade em ecossistemas de arroz irrigado da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. [1]Novos registros para o estado do Rio Grande do Sul; [2] Novos registros para o Brasil.

Table 2. Turbellarian species occurring in irrigated rice fields and absolute and relative abundance per species in each studied area in rice fields and their irrigation and drainage canals of the Coastal Plain, in Rio Grande do Sul, Brazil. [1]New records for the state of Rio Grande do Sul; [2]New records for Brasil.

	Cachoeirinha		Santo Antônio		Camaquã	
	Abundância Absoluta	Abundância Relativa	Abundância Absoluta	Abundância Relativa	Abundância Absoluta	Abundância Relativa
CATENULIDA						
Anokkostenostomum anatirostrum (Marcus, 1945)[1]	-	-	1	0,01	1	0,02
Anokkostenostomum membranosum (Kepner & Carter, 1931)[1]	6	0,04	-	-	-	-
Anokkostenostomum pseudoacetabulum (Nuttycombe & Waters, 1935)[1]	21	0,14	15	0,11	241	4,21
Anokkostenostomum saliens (Kepner & Carter, 1931)[1]	3	0,02	-	--	1	0,02
Anokkostenostomum tuberculosum (Nuttycombe & Waters, 1938)[1]	79	0,51	57	0,42	6	0,10
Catenula lemnae Duges, 1832	7115	46,26	515	3,82	1	0,02
Chordarium leucanthum Marcus, 1945[1]	-	-	1	0,01	-	-
Dasyhormus lithophorus Marcus, 1945[1]	-	-	277	2,06	277	4,84
Stenostomum amphotum Marcus, 1945	246	1,60	62	0,46	33	0,58
Stenostomum arevaloi Gieysztor, 1931[1]	25	0,16	11	0,08	69	1,21
Stenostomum bicaudatum Kennel, 1888	550	3,58	311	2,31	407	7,11
Stenostomum ciliatum Kepner & Carter, 1931[1]	3	0,02	1	0,01	1	0,02

Tabela 2. Continuação...
Table 2. Continued...

	Cachoeirinha		Santo Antônio		Camaquã	
	Abundância Absoluta	**Abundância Relativa**	**Abundância Absoluta**	**Abundância Relativa**	**Abundância Absoluta**	**Abundância Relativa**
Stenostomum glandulosum Kepner & Carter, 1931[1]	25	0,16	-	-	-	-
Stenostomum grande Child, 1902	219	1,42	73	0,54	45	0,79
Stenostomum leucops (Duges, 1828)	338	2,20	81	0,60	124	2,17
Stenostomum paraguayense (Martin, 1908)[1]	77	0,50	17	0,13	130	2,27
Stenostomum tauricum Nasonov, 1924[1]	45	0,29	28	0,21	8	0,14
Stenostomum tenuicauda Nuttycombe & Waters, 1938	867	5,64	163	1,21	197	3,44
Stenostomum uronephrium Nuttycombe, 1931[1]	44	0,29	-	-	-	-
Stenostomum sp.1	6	0,04	1	0,01	-	-
Stenostomum sp.2	2	0,01	-	-	-	-
Stenostomum sp. 3	21	0,14	6	0,04	1	0,02
Stenostomum sp. 4	4	0,03	-	-	13	0,23
Stenostomum sp. 5	43	0,28	1	0,01	-	-
Stenostomum sp. 6	74	0,48	2	0,01	2	0,03
Stenostomum sp. 7	5	0,03	16	0,12	35	0,61
Stenostomum sp. 8	51	0,33	14	0,10	-	-
Stenostomum sp. 9	68	0,44	500	3,71	104	1,82
Stenostomum sp. 10	6	0,04	13	0,10	-	-
Stenostomum sp. 11	8	0,05	36	0,27	-	-
Stenostomum sp. 12	17	0,11	4	0,03	-	-
Stenostomum sp. 13	5	0,03	2	0,01	-	-
Stenostomum sp. 14	8	0,05	-	-	4	0,07
Stenostomum sp. 15	4	0,03	1	0,01	-	
Stenostomum sp. 16	96	0,62	-	-	9	0,16
Stenostomum sp. 17	15	0,10	-	-	1	0,02
Stenostomum sp. 18	11	0,07	-	-	2	0,03
Stenostomum sp. 19	8	0,05	-	-	-	-
Stenostomum sp. 20	24	0,16	-	-	-	-
Stenostomum sp. 21	11	0,07	-	-	-	-
Stenostomum sp. 22	4	0,03	-	-	-	-
Stenostomum sp. 23	18	0,12	-	-	-	-
Stenostomum sp. 24	6	0,04	-	-	-	-
Stenostomum sp. 25	12	0,08	-	-	-	-
Stenostomum sp. 26	37	0,24	-	-	-	-
Stenostomum sp. 27	11	0,07	-	-	-	-
Stenostomum sp. 28	3	0,02	-	-	-	-
Stenostomum sp. 29	4	0,03	-	-	-	-
Stenostomum sp. 30	7	0,05	-	-	-	-
Rhynchoscolex nanus Marcus, 1945[1]	-	-	7	0,05	15	0,26
Rhynchoscolex platypus Marcus, 1945[1]	-	-	22	0,16	-	-
Rhynchoscolex simplex Leidy, 1851	13	0,08	203	1,51	26	0,45
MACROSTOMIDA						
Macrostomum johni Young, 1972	52	0,34	7	0,05	-	-
Macrostomum tuba Graff, 1882	20	0,13	6	0,04	1	0,02
Macrostomum sp. 1	62	0,40	-	-	5	0,09
Macrostomum sp. 2	22	0,14	7	0,05	-	-
Macrostomum sp. 3	4	0,03	51	0,38	21	0,37

Tabela 2. Continuação...
Table 2. Continued...

	Cachoeirinha		Santo Antônio		Camaquã	
	Abundância Absoluta	Abundância Relativa	Abundância Absoluta	Abundância Relativa	Abundância Absoluta	Abundância Relativa
Macrostomum sp. 4	6	0,04	5	0,04	-	-
Macrostomum sp. 5	6	0,04	7	0,05	-	-
Macrostomum sp. 6	14	0,09	52	0,39	28	0,49
Macrostomum sp. 7	28	0,18	88	0,65	2	0,03
Macrostomum sp. 8	5	0,03	-	-	1	0,02
Macrostomum sp. 9	16	0,10	11	0,08	-	-
Macrostomum sp. 10	52	0,34	56	0,42	146	2,55
Macrostomum sp. 11	27	0,18	1	0,01	-	-
Macrostomum sp. 12	-	-	14	0,10	1	0,02
Macrostomum sp. 13	-	-	10	0,07	5	0,09
Macrostomum sp. 14	-	-	37	0,27	-	-
Macrostomum sp. 15	-	-	1	0,01	-	-
Macrostomum sp. 16	12	0,08	-	-	-	-
Macrostomum sp. 17	11	0,07	-	-	-	-
Macrostomum sp. 18	19	0,12	-	-	-	-
Microstomum lineare (Müller, 1773)	415	2,70	342	2,54	134	2,34
LECITHOEPITHELIATA						
Geocentrophora sp.1	15	0,10	14	0,10	-	-
Geocentrophora sp.2	-	-	1	0,01	-	-
Prorhynchus stagnalis Schultze, 1851	45	0,29	108	0,80	29	0,51
Lecithoepitheliata 1	-	-	5	0,04	-	-
PROSERIATA						
Bothrioplana semperi Braun, 1881[1]	-	-	1	0,01	2	0,03
RHABDOCOELA: Dalyellioida						
Dalyellioida 1	23	0,15	-	-	3	0,05
Dalyellioida 2	32	0,21	4	0,03	-	-
Dalyellioida 3	15	0,10	5	0,04	6	0,10
Dalyellioida 4	184	1,20	19	0,14	7	0,12
Dalyellioida 5	358	2,33	-	-	2	0,03
Dalyellioida 6	3	0,02	-	-	28	0,49
Dalyellioida 7	13	0,08	1	0,01	9	0,16
Dalyellioida 8	7	0,05	1	0,01	-	-
Dalyellioida 9	4	0,03	-	-	3	0,05
Dalyellioida 10	6	0,04	-	-	1	0,02
Dalyellioida 11	11	0,07	-	-	1	0,02
Dalyellioida 12	17	0,11	7	0,05	-	-
Dalyellioida 13	58	0,38	22	0,16	-	-
Dalyellioida 14	21	0,14	19	0,14	4	0,07
Dalyellioida 15	38	0,25	4	0,03	5	0,09
Dalyellioida 16	9	0,06	37	0,27	66	1,15
Dalyellioida 17	23	0,15	1	0,01	-	-
Dalyellioida 18	-	-	124	0,92	1	0,02
Dalyellioida 19	-	-	-	-	1	0,02
Dalyellioida 20	-	-	-	-	1	0,02
Dalyellioida 21	18	0,12	-	-	-	-
Gieysztoria trisolena (Marcus, 1946)	8	0,05	-	-	-	-
Gieysztoria rubra (Fuhrmann, 1894)[2]	8	0,05	-	-	-	-

Tabela 2. Continuação...
Table 2. Continued...

	Cachoeirinha		Santo Antônio		Camaquã	
	Abundância Absoluta	**Abundância Relativa**	**Abundância Absoluta**	**Abundância Relativa**	**Abundância Absoluta**	**Abundância Relativa**
Gieysztoria ornata (Hofsten, 1907)	7	0,05	-	-	-	-
RHABDOCOELA: Kalyptorhynchia						
Gyratrix hermaphroditus Ehrenberg, 1831	107	0,70	32	0,24	22	0,38
Kalyptorhynchia 1	2	0,01	-	-	-	-
Opisthocystis goettei (Bresslau, 1906)[2]	47	0,31	27	0,20	56	0,98
RHABDOCOELA: Typhloplanoida						
Bothromesostoma personatum (Schmidt, 1848)[2]	954	6,20	18	0,13	38	0,66
Castrada sp. 1	9	0,06	3	0,02	-	-
Mesostoma ehrenbergii (Focke, 1836)	54	0,35	5	0,04	4	0,07
Mesostoma lingua (Abildgaard, 1789)	23	0,15	1	0,01	7	0,12
Mesostoma platycephalum Braun, 1885[2]	181	1,18	625	4,64	139	2,43
Mesostoma productum (Schmidt, 1848)	-	-	-		2	0,03
Mesostoma sp. 1	9	0,06	2	0,01	-	-
Mesostoma sp. 2	5	0,03	2	0,01	6	0,10
Mesostoma sp. 3	-	-	3	0,02	-	-
Olisthanella sp. 1	24	0,16	1	0,01	-	-
Phaenocora unipunctata (Ørsted, 1843)[2]	81	0,53	-	-	-	-
Phaenocora typhlops Vejdovsky, 1880[2]	32	0,21	-	-	-	-
Typhloplanoida 1	19	0,12	2	0,01	13	0,23
Typhloplanoida 2	6	0,04	3	0,02	3	0,05
Typhloplanoida 3	13	0,08	1	0,01	-	-
Typhloplanoida 4	8	0,05	7	0,05	1	0,02
Typhloplanoida 5	9	0,06	1	0,01	-	-
Typhloplanoida 6	33	0,21	4	0,03	21	0,37
Typhloplanoida 7	13	0,08	2	0,01	-	-
Typhloplanoida 8	11	0,07	8	0,06	10	0,17
Typhloplanoida 9	5	0,03	-	-	2	0,03
Typhloplanoida 10	103	0,67	-	-	2	0,03
Typhloplanoida 11	5	0,03	1	0,01	1	0,02
Typhloplanoida 12	-	-	1	0,01	-	-
Typhloplanoida 13	-	-	1	0,01	3	0,05
Typhloplanoida 14	-	-	7	0,05	-	-
Typhloplanoida 15	-	-	-	-	5	0,09
Typhloplanoida 16	-	-	-	-	1	0,02
Typhloplanoida 17	1	0,01	-	-	-	-
Typhloplanoida 18	16	0,10	-	-	-	-
Typhloplanoida 19	2	0,01	-	-	-	-
Typhloplanoida 20	1	0,01	-	-	-	-
Typhloplanoida 21	8	0,05	-	-	-	-
Typhloplanoida 22	139	0,90	-	-	-	-
Typhloplanoida 23	1	0,01	-	-	-	-
Typhloplanoida 24	1	0,01	-	-	-	-
TRICLADIDA						
Girardia tigrina (Girard, 1850)	-	-	8894	66,03	3082	53,83
Girardia sp.	685	4,45	-	-	-	-
Rhodax sp.	813	5,29	310	2,30	41	0,72
Total	15379	100	13470	100	5725	100

Discussão

Neste estudo foram registradas 144 espécies de turbelários para três localidades do sul do Brasil (Cachoeirinha, Santo Antônio e Camaquã), o que pode ser considerado um número elevado, tendo em vista o total de 98 espécies registradas em ambientes dulcícolas no Brasil (Carbayo et al. 2009). Grande parte dos espécimes foi identificado como morfoespécie, a maioria delas representando espécies novas para a ciência. Além disso, algumas morfoespécies estiveram representadas por poucos indivíduos ou espécimes sem aparelho copulador, dificultando a análise de características necessárias para identificação ou, ainda, devido à necessidade de realizar análise comparativa detalhada com todas as espécies descritas para cada gênero ou família. Dificuldades similares de identificação em nível de espécie têm ocorrido com os tricladidos terrestres, quando da realização de inventários ou de estudos de estrutura de comunidades (Leal-Zanchet & Carbayo 2000, Carbayo et al. 2002, Castro & Leal-Zanchet 2005, Baptista et al. 2006, 2010, Fick et al. 2006, Antunes et al. 2008, Leal-Zanchet et al. 2011). Ao contrário dos macroturbelários, investigados mais amplamente no estado, os microturbelários foram estudados apenas recentemente, tendo sido registrada inicialmente a ocorrência de dez espécies dulciaquícolas para o estado, pertencentes a três grupos taxonômicos, Catenulida, Macrostomida e Rhabdocoela (Gamo & Leal-Zanchet 2004). Posteriormente, Braccini & Leal-Zanchet (2013) registraram 40 espécies de microturbelários, diversas identificadas apenas como morfoespécie, pertencentes aos grupos taxonômicos Catenulida, Macrostomida, Lecithoepitheliata e Rhabdocoela, e duas espécies de macroturbelários (Tricladida) em lagoas costeiras do Rio Grande do Sul. O presente trabalho amplia o número de espécies de turbelários registradas para o estado do RS, de 29 para 52. Os espécimes identificados como morfoespécie, num total de 101 correspondem, na sua maioria, a espécies ainda não descritas, indicando a ocorrência de um alto número de espécies novas nas áreas de estudo.

A ocorrência de determinadas espécies em apenas uma das áreas de estudo indica o grau de especificidade de hábitat desses organismos. Resultados similares têm sido verificados para os tricladidos terrestres (Baptista et al. 2006, 2010, Fick et al. 2006, Antunes et al. 2008, Leal-Zanchet et al. 2011). No entanto, há um elevado número de espécies com baixa abundância, em cada localidade, de forma que o fato de não terem sido amostradas em um determinado local pode ser devido à ocorrência de poucos indivíduos. Como os arrozais são ambientes heterogêneos, tanto em escala espacial como temporal, os turbelários provavelmente selecionam microhábitats que favoreçam a sua sobrevivência e minimizem o estresse decorrente dessas oscilações. No caso dos microturbelários, muitas espécies apresentam rápido desenvolvimento e reprodução assexuada, tais como *Catenula lemnae*, *Stenostomum tenuicauda, Rhodax* sp. e *Stenostomum bicaudatum*, enquanto os rabdocelos produzem ovos resistentes que persistem no ambiente, em condições adversas, tais como períodos de seca (Young 2001), de forma que espécies com tais características têm maior probabilidade de ocorrerem nesse tipo de ambiente.

No presente estudo, obteve-se um grande número de registros de turbelários em lavouras de arroz irrigado e seus canais de irrigação e drenagem. No entanto, não há, no Brasil, estudos extensivos da diversidade de turbelários em áreas úmidas naturais que possam ser utilizados para comparação com os resultados aqui obtidos, uma vez que as amostragens realizadas para estudos taxonômicos desenvolvidos especialmente em São Paulo e no Rio Grande do Sul foram pontuais. A análise da estrutura de comunidades de turbelários em lagoas costeiras, realizada por Braccini & Leal-Zanchet (2013), ao longo de um ciclo anual, baseou-se em um número menor de amostragens do que o presente estudo. O elevado número de espécies registradas e de registros de determinadas espécies em arrozais irrigados reflete a habilidade dos turbelários colonizarem áreas úmidas temporárias. Contudo, os agroecossistemas orizícolas apresentam condições adversas que podem limitar a sobrevivência de determinadas espécies de turbelários. Características como hidroperíodo, permanência de baixa lâmina d'água, manejo mecânico e adição de biocidas e fertilizantes podem atuar como determinantes da sobrevivência de poucos espécimes de turbelários, ou seja, de espécies que apresentam maior tolerância a essas alterações típicas dos agrossistemas de cultivo de arroz irrigado. A permanência de baixa

Tabela 3. Total de espécies de turbelários registradas por grupo taxonômico em ecossistemas de arroz irrigado da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. *Espécies comuns entre as localidades foram contadas uma única vez para o total de espécies registradas.

Table 3. Total of recorded species of turbellarians per taxonomic group in irrigated rice fields of the Coastal Plain, in Rio Grande do Sul, Brazil. * Species occurring in two or more localities were counted once to obtain the amount of recorded species.

	Cachoeirinha	Santo Antônio	Camaquã	Total*
Catenulida	47	30	26	52
Macrostomida	17	16	10	21
Rhabdocoela	53	35	34	63
Lecithoepitheliata	2	4	1	4
Proseriata	-	1	1	1
Tricladida	2	2	2	3
Total	121	88	74	144

Tabela 4. Abundância absoluta e relativa de turbelários por grupo taxonômico em cada localidade em ecossistemas de arroz irrigado da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil.

Table 4. Absolute and relative abundance of turbellarians per taxonomic group and per municipality in irrigated rice fields of the Coastal Plain, in Rio Grande do Sul, Brazil.

	Cachoeirinha		Santo Antônio		Camaquã	
	Abundância Absoluta	Abundância Relativa	Abundância Absoluta	Abundância Relativa	Abundância Absoluta	Abundância Relativa
CATENULIDA	10265	66,75	2441	18,12	1753	30,62
MACROSTOMIDA	771	5,01	695	5,16	344	6,01
LECITHOEPITHELIATA	60	0,39	128	0,95	29	0,51
PROSERIATA	0	0	1	0,01	2	0,03
RHABDOCOELA	2785	18,11	1001	7,43	474	8,28
TRICLADIDA	1498	9,74	9204	68,33	3123	54,55
Total	15379	100	13470	100	5725	100

lâmina d'água, por si só, provavelmente não afeta a sobrevivência da maioria das espécies, mas o hidroperíodo nas lavouras representa um fator limitante para muitas espécies de turbelários que não apresentam capacidade de produção de ovos resistentes à dessecação, o que ocorre apenas nos rabdocelos. No entanto, a colonização desses ambientes pode ocorrer rapidamente, como em outros ambientes temporários, devido ao ciclo de vida versátil dos turbelários, incluindo a capacidade de reprodução assexuada.

Agradecimentos

Ao CNPq, a bolsa de produtividade em pesquisa e o apoio financeiro concedido ao projeto de pesquisa nº. 478903/2010-3. Ao Instituto Rio Grandense do Arroz, a bolsa concedida a DCV e o apoio logístico para as amostragens em Camaquã e Santo Antônio da Patrulha. Aos pesquisadores Vera Mussoi Macedo e Élio Marcolin, do Instituto Rio Grandense do Arroz, o apoio para desenvolvimento desse estudo. Aos senhores Luiz Carlos Machado, Jorge Luiz dos Santos Dutra e Cícero Borges da Cunha, proprietários das lavouras, por possibilitarem o acesso às áreas de estudo de Santo Antônio da Patrulha. À Associação dos Usuários do Perímetro de Irrigação do Arroio Duro (AUD), de Camaquã, pela disponibilização de áreas amostrais para realização de parte desse estudo. A Daniela Rocha, Denise Cristina Borges, Julia Klee Noll, Juliana Alves de Espíndola e Silvana Vargas do Amaral , o auxílio nas coletas. Às laboratoristas Letícia Ayres Guterrez, Aline Felten Centa e Vanessa dos Anjos Batista, o processamento histológico e a manutenção dos animais. A Silvana Vargas do Amaral, a elaboração da versão final da Figura 1. A dois revisores anônimos, as sugestões ao manuscrito.

Referências Bibliográficas

AMATO, J.F.R. & AMATO, S.B. 2005. New species of *Temnocephala* Blanchard (Platyhelminthes, Temnocephalida) ectosymbiont on giant water bugs, *Belostoma* spp. (Hemiptera, Belostomatidae) from southern Brazil. Rev. Bras. Zool. 22(1):107-118. http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752005000100014

AMATO, J.F.R., AMATO, S.B. & DAUDT, L.C.C. 2003. New species of *Temnocephala* Blanchard (Platyhelminthes, Temnocephalida) ectosymbiont on *Aegla serrana* Buckup & Rossi (Crustacea, Anomura) from southern Brazil. Rev. Bras. Zool. 20(3):493-500. http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752003000300021

AMATO, J.F.R., AMATO, S.B. & SEIXAS, S.A. 2005. *Temnocephala lutzi* Monticelli (Platyhelminthes, Temnocephalida) ectosymbiont on two species of *Trichodactylus* Latreille (Crustacea, Decapoda, Trichodactylidae) from southern Brazil. Rev. Bras. Zool. 22(4):1085-1094. http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752005000400038

AMATO, J.F.R., AMATO, S.B. & SEIXAS, S.A. 2006. New species of *Temnocephala* Blanchard (Platyhelminthes, Temnocephalida) ectosymbiont on *Trichodactylus fluviatilis* Latreille (Crustacea, Decapoda, Trichodactylidae) from southern Brazil. Rev. Bras. Zool. 23(3):796-806. http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752006000300026

AMATO, J.F.R., SEIXAS, S.A. & AMATO, S.B. 2007. New species of *Temnocephala* Blanchard (Platyhelminthes, Temnocephalida) ectosymbiont on creeping water bugs, *Cryphocrios granulosus* De Carlo (Hemiptera, Naucoridae) from southern Brazil. Rev. Bras. Zool. 24(4):1043-1051. http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752007000400022

AMATO, J.F.R., AMATO, S.B. SEIXAS, S.A., FONSECA, M. & ILÁRIO, R.J. 2010. *Temnocephala pignalberiae* Dioni, 1967 (Platyhelminthes, Temnocephalida) from two allopatric populations of *Dilocarcinus pagei* Stimpson, 1861 (Crustacea, Decapoda) first record for Brazil. Zootaxa 2613:15-28.

AMATO, J.F.R., AMATO, S.B., SEIXAS, S.A., VIDIGAL, T. & ANDRADE, C.P. 2011. Trichoptera the newest insect order host of temnocephalans (Platyhelminthes, Temnocephalida) and the description of a new species of *Temnocephala* from Brazil. Zootaxa 2975:47-58.

ANTUNES, M.B., MARQUES, D.I.L. & LEAL-ZANCHET, A.M. 2008. Composição das comunidades de planárias terrestres (Platyhelminthes, Tricladida, Terricola) em duas áreas de floresta estacional decidual do sul do Brasil. Neotrop. Biol. Conserv. 31:34-38.

BALL, I.R. & REYNOLDSON, T.B. 1981. British planarians. Cambridge University Press, Cambridge.

BAMBARADENIYA, C.N.B., EDIRISINGHE, J.P., DE SILVA, D.N., GUNATILLEKE, C.V.S., RANAWANA, K.B. & WIJEKOON, S. 2004. Biodiversity associated with an irrigated rice agro-ecosystem in Sri Lanka. Biodivers. Conserv. 13:1715-53. http://dx.doi.org/10.1023/B:BIOC.0000029331.92656.de

BAPTISTA, V.A., MATOS, L.B., FICK, I.A. & LEAL-ZANCHET, A.M. 2006. Composição das comunidades de planárias terrestres (Platyhelminthes, Tricladida, Terricola) do Parque Nacional dos Aparados da Serra. Iheringia, série Zoologia, 96(3):293-297. http://dx.doi.org/10.1590/S0073-47212006000300004

BAPTISTA, V.A., OLIVEIRA, S.M. & LEAL-ZANCHET, A.M. 2010. Inventário de planárias terrestres (Platyhelminthes, Tricladida) em remanescente de Floresta Estacional Decidual do sul do Brasil. Biota Neotrop. 10(2): http://www.biotaneotropica.org.br/ v10n2/en/abstract?inventory+bn02110022010 (último acesso em 06/08/2012).

BLANCO, D.E., LÓPEZ-LANÚS, B., DIAS, R.A., AZPIROZ, A. & RILLA, F. 2006. Uso de arroceras por chorlos y playeros migratorios en el sur de América del Sur. Implicancias de conservación y manejo. Wetlands International, Buenos Aires.

BRACCINI, J.A.L. & LEAL-ZANCHET, A.M. 2013. Turbellarian assemblages in coastal lagoons in southern Brazil. Inv. Biol. 132(4): 305-314. http://dx.doi.org/10.1111/ivb.12032

CARBAYO, F., LEAL-ZANCHET, A.M. & VIEIRA, E.M. 2002. Flatworms (Platyhelminthes: Tricladida: Terricola) diversity vs. man-induced disturbance in a subtropical rainforest from Southern Brazil. Biodivers. Conserv. 11:1091-1104. http://dx.doi.org/10.1023/A:1015865005604

CARBAYO, F., FROEHLICH, E.M., LEAL-ZANCHET, A.M. & AMATO, S.B. 2009. Turbelários (Platyhelminthes). Estado da Arte e Perspectivas para a Zoologia no Brasil. UFPR, Curitiba.

CASTRO, R.A. & LEAL-ZANCHET, A.M. 2005. Composição de comunidades de planárias terrestres (Platyhelminthes) em áreas de floresta estacional decidual e de campo na região central do Rio Grande do Sul, Brasil. Acta Biol. Leop. 27(3):147-150.

CZECH, H.A. & PARSONS, K.C. 2002. Agricultural wetlands and waterbirds: A review. Waterbirds 25:56-65.

DIEGUES, A.C., coord. 1990. Inventário de áreas Úmidas do Brasil: versão preliminar. Progr. Pesq. e Cons. de áreas Úmidas no Brasil. Pró-Reitoria de Pesquisa USP, IUCN, Fundação Ford, São Paulo.

DU-BOIS REYMOND MARCUS, E. & MARCUS, E. 1951. Contributions to the natural history of Brazilian Turbellaria. Comm. Zool. Mus. Hist. Nat. Montevideo 3(63):1-25.

ELPHICK, C.S. 2000. Functional equivalency between rice fields and seminatural wetland habitats. Conserv. Biol. 14(1):181-191. http://dx.doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.98314.x

ELPHICK, C.S. & ORING, L.W. 2003. Conservation implications of flooding rice fields on winter waterbird communities. Agric. Ecos. Environ. 94(1):17-29. http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809(02)00022-1

EMBRAPA. 2005. Cultivo do Arroz Irrigado no Brasil. http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoBrasil (último acesso em 19/09/2013).

FICK, I.A., LEAL-ZANCHET, A.M. & VIEIRA, E.M. 2006. Community structure of land flatworms (PLATYHELMINTHES: TERRICOLA):comparisons between Araucaria and Atlantic forest in Southern Brazil. Inv. Biol. 125(4):306-313. http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7410.2006.00062.x

FORATTINI, O.P., GOMES, A.C. & KAKITANI, I. 1989. Observações sobre mosquitos Culicidae adultos em cultivo irrigado de arroz no Vale do Ribeira, Estado de São Paulo, Brasil. Rev. Saúde Pública. 23(4):307-312. http://dx.doi.org/10.1590/S0034-89101989000400006

GAMO, J. & LEAL-ZANCHET, A.M. 2004. Freshwater microturbellarians (Platyhelminthes) from Rio Grande do Sul, Brazil. Rev. Bras. Zool. 21(4):897-903. http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752004000400026

GUADAGNIN, D.L. & MALTCHIK, L. 2007. Habitat and Landscape Factors Associated with Neotropical Waterbird Occurrence and Richness in Wetland Fragments. Biodivers. Conserv. 16:1231-1244. http://dx.doi.org/10.1007/s10531-006-9127-5

KAWAKATSU, M. 1989. Morphological, karyological and taxonomic studies of freshwater planarians from south Brazil. IX. The final report. Occ. Pub. Biol. Lab. Fuji Women's Coll. 21:1-4.

KAWAKATSU, M., HAUSER, J. & FRIEDRICH, S.M.G. 1976. The freshwater planarians from South Brazil. Bull. Nat. Sci. Mus., Ser. A, Zool. 2:205-223.

KAWAKATSU, M., HAUSER, J. & FRIEDRICH, S.M.G. 1980. Morphological, karyological and taxonomic studies of freshwater planarians from South Brazil. I. A history of those studies and a list of localities in the vicinities of São Leopoldo. Bull. Fuji Women's Coll. 18:129-151.

KAWAKATSU, M., HAUSER, J., FRIEDRICH, S.M.G. & SOUZA LIMA, O.D. 1982. Morphological, karyological and taxonomic studies of freshwater planarians from South Brazil. III. *Dugesia tigrina* (Girard, 1850) and *Dugesia schubarti* (Marcus, 1946) from the vicinities of São Carlos, Estado de São Paulo (Turbellaria, Tricladida, Paludicola). Bull. Fuji Women's College 20:73-90.

KAWAKATSU, M., HAUSER, J. & FRIEDRICH, S.M.G. 1983a. Morphological, karyological and taxonomic studies of freshwater planarians from South Brazil. V. *Dugesia tigrina* (Girard, 1850) from município Botucatu, Estado de São Paulo, and *Dugesia schubarti* (Marcus, 1946) from the vicinity of São Paulo. Bull. Fuji Women's Coll. 21:147-163.

KAWAKATSU, M., HAUSER, J., FRIEDRICH, S.M.G. & YAMAYOSHI, T. 1983b. Morphological, karyological and taxonomic studies of freshwater planarians from South Brazil. IV. *Dugesia anderlani* sp. nov. (Turbellaria, Tricladida, Paludicola), a new species from São Leopoldo in Estado de Rio Grande do Sul. Annot. Zool. Japoneses 56(3):96-208.

KAWAKATSU, M., OKI, I., TAMURA, S., YAMAYOSHI, T., HAUSER, J. & FRIEDRICH, S.M.G. 1984. Morphological, karyological and taxonomic studies of freshwater planarians from south Brazil. VI. *Dugesia schubarti* (Marcus, 1946) from the vicinity of São Leopoldo, Estado de Rio Grande do Sul. (Turbellaria, Tricladida, Paludicola). Bull. Fuji Women's Coll. 22:45-62.

KAWAKATSU, M., HAUSER, J. & FRIEDRICH, S.M.G. 1985. Morphological, karyological and taxonomic studies of freshwater planarians from south Brazil. VII. Supplementary notes on *Dugesia schubarti* (Marcus, 1946) from the vicinity of São Leopoldo, Estado de Rio Grande do Sul (Turbellaria, Tricladida, Paludicola). Bull. Fuji Women's Coll., 23:101-109.

KAWAKATSU, M., HAUSER, J. & FRIEDRICH, S.M.G. 1986. Morphological, karyological and taxonomic studies of freshwater planarians from South Brazil. VIII. Four *Dugesia* species (*D. tigrina, D. schubarti, D. anderlani*, and *D. ardnti*) collected from several localities in Estado do Rio Grande do Sul (Turbellaria, Tricladida, Paludicola). Bull. Fuji Women's Coll. 24:41-62.

KAWAKATSU, M., HAUSER, J. & PONCE DE LEÓN, R. 1992. Freshwater planarians from Uruguay and Rio Grande do Sul, Brazil: *Dugesia ururiograndeana* sp. nov. and *Dugesia tigrina* (Girard, 1850) (Turbellaria, Tricladida, Paludicola). Bull. Biogeogr. Soc. Japan 47:33-50.

KOLASA, J. 1991. Flatworms: Turbellaria and Nemertea. In Ecology and classification of North American freshwater invertebrates. (J.H. Thorpe & A.P. Covich, ed.). Academic Press, San Diego, p.145-171.

LEAL-ZANCHET, A.M. & CARBAYO, F. 2000. Fauna de planárias terrestres (Platyhelminthes, Tricladida, Terricola) da Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS, Brasil: Uma análise preliminar. Acta Biol. Leopold. 22(1):19-25.

LEAL-ZANCHET, A.M., BAPTISTA, V.A., CAMPOS, L.M. & RAFFO, J.F. 2011. Spatial and temporal patterns of land flatworms assemblages in Brazilian Araucária forests. Invertebr. Biol. 130(1):25-33. http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7410.2010.00215.x

MAEDA, T. 2001. Patterns of bird abundance and habitat use in rice fields of the Kanto Plain, central Japan. Ecol. Res. 16(3):569-585. http://dx.doi.org/10.1046/j.1440-1703.2001.00418.x

MALTCHIK, L., COSTA, E.S., BECKER, C.G. & OLIVEIRA, A.E. 2003. Inventory of wetlands of Rio Grande do Sul (Brazil). Pesqui., Bot. 53:89-100.

MARCUS, E. 1943. O turbelário *Mesostoma ehrenbergii* Focke 1836 no Brasil. Bol. Indust. Animal 6:12-15.

MARCUS, E. 1944. Sobre duas Prorhynchidae (Turbellaria), novas para o Brasil. Arq. Mus. Paran. Curitiba 4:3-46.

MARCUS, E. 1945a. Sobre Catenulida Brasileiros. Bol. Fac. Filos. Cienc. Let. Univ. São Paulo 10:3-133.

MARCUS, E. 1945b. Sobre microturbellarios do brasil. Comun. Zool. Mus. Hist. Nat. Montevideo 1(25):1-74+4pl.

MARCUS, E. 1946. Sobre Turbellaria brasileiros. Bol. Fac. Filos. Cienc. Let. Univ. São Paulo 11:5-187+31pl.

MARCUS, E. 1948. Turbellaria do Brasil. Bol. Fac. Filos. Cienc. Let. Univ. São Paulo 13:111-243.

MARCUS, E. 1949. Turbellaria Brasileiros (7). Bol. Fac. Filos. Cienc. Let. Univ. São Paulo 14:7-156.

MARCUS, E. 1950. Turbellaria Brasileiros. Bol. Fac. Fil. Ciênc. Letr. Univ. São Paulo, Série Zoologia, 15: 5-192.

MARCUS, E. 1952. Turbellaria Brasileiros. Bol. Fac. Fil. Ciênc. Letr. Univ. São Paulo, Série Zoologia, 17: 5-187.

MARCUS, E. 1954. Turbellaria Brasileiros (11). Pap. Av. Dep. Zool. Secr. Agric. São Paulo 11(24):419-489.

NOREÑA-JANSSEN, C. 1995. Studies on the taxonomy and ecology of the turbellarian (Plathelminthes) in the floodplain of the Paraná river (Argentina). II. Taxonomy and ecology of the Turbellaria. Arch. Hydrobiol. Supp. 107:11-262.

NOREÑA, C., BRUSA F. & FAUBEL, A. 2003. Census of "Microturbellarians" (free-living Platyhelminthes) of the zoogeographical regions originating from Gondwana. Zootaxa 146:1-34.

SCHOCKAERT, E.R., HOOGE, M., SLUYS, R., SCHILLING, S., TYLER, S. & ARTOIS, T. 2008. Global diversity of free living flatworms (Platyhelminthes, "Turbellaria") in freshwater. Hydrobiologia 595:41-48. http://dx.doi.org/10.1007/s10750-007-9002-8

SEIXAS, S.A., AMATO, J.F.R. & AMATO, S.B. 2011. A new species of *Temnocephala* Blanchard (Platyhelminthes, Temnocephalida) ectosymbiont on *Dilocarcinus septemdentatus* (Decapoda, Trichodactylidae) from the Brazilian Amazonia. Neotrop. Helminth. 5:200-211.

SEIXAS, S.A., AMATO, J.F.R. & AMATO, S.B. 2010a. Redescription of *Temnocephala iheringi* (Platyhelminthes:Temnocephalida) based on specimens from *Pomacea canaliculata* (Mollusca: Ampullariidae) of the state of Rio Grande do Sul, Brazil: the possible type host and type locality. Rev. Bras. Zool. 27:245-257.

SEIXAS, S.A., AMATO, J.F.R. & AMATO, S.B. 2010b. First report of *Temnocephala haswelli* (Platyhelminthes: Temnocephalida) in *Pomacea canaliculata* (Mollusca: Ampullariidae) from Brazil: description update based on specimens from the state of Rio Grande do Sul, Brazil. Zoologia 27:455-464. http://dx.doi.org/10.1590/S1984-46702010000300020

SEIXAS, S.A., AMATO, J.F.R. & AMATO, S.B. 2010c. First report of *Temnocephala rochensis* (Platyhelminthes: Temnocephalida) from *Pomacea canaliculata* (Mollusca: Ampullariidae) outside Uruguay description update based on specimens from the state of Rio Grande do Sul, Brazil. Zoologia 27:820-828. http://dx.doi.org/10.1590/S1984-46702010000500019

SLUYS, R., HAUSER, J. & WIRTH, Q.J. 1997. Deviation from the Groundplan: a unique new species of freshwater planarian from South Brazil (Platyhelminthes, Tricladida, Paludicola). J. Zool. 241:593-601. http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-7998.1997.tb04851.x

TOURENQ, C., BENNETTS, R.E., KOWALSKI, H., VIALET, E., LUCCHESI, J.L., KAYSER, Y. & ISENMANN, P. 2001. Are ricefields a good alternative to natural marshes for waterbird communities in the Camargue, southern France? Biol. Conserv. 100(3):335-343. http://dx.doi.org/10.1016/S0006-3207(01)00037-4

YOUNG, J.O. 2001. Keys to the freshwater microturbellarians of Britain and Ireland with notes on their ecology. Freshwater biological association scientific publication, Ambleside.

Recebido em 14/06/2013
Versão reformulada recebida em 08/10/2013
Publicado em 11/11/2013

First report of *Exomalopsis fulvofasciata* (Hymenoptera: Anthophoridae) as host of two *Timulla* species (Hymenoptera: Mutillidae)

***Rodrigo Aranda*[1,2,3] *& Gustavo Graciolli*[1]**

[1]*Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, Cidade Universitária s/n., CEP 79070-900, Campo Grande, MS, Brasil*
[2]*Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, CEP 79070-900, Campo Grande, MS, Brasil*
[3]*Corresponding author: Rodrigo Aranda, e-mail: rodrigoaranda.biologo@gmail.com*

ARANDA, R. & GRACIOLLI, G. **First report of *Exomalopsis fulvofasciata* (Hymenoptera: Anthophoridae) as host of two *Timulla* species (Hymenoptera: Mutillidae)**. Biota Neotrop. (13)4: http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/en/abstract?short-communication+bn02113042013

Abstract: Two species of *Timulla* Ashmead that parasitize nests of *Exomalopsis fulvofasciata* (Hymenoptera: Apidae) in riparian vegetation in the Miranda Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brazil were recorded. Also, the behavior of *Timulla* species, and first report of *T. intermissa* in the Brazilian Pantanal was reported.
Keywords: *parasitoidism, Pantanal, host report, velvet ant, Mutillini.*

ARANDA, R. & GRACIOLLI, G. **Primeiro registro de *Exomalopsis fulvofasciata* (Hymenoptera: Anthophoridae) como hospedeiro de duas espécies de *Timulla* (Hymenoptera: Mutillidae)**. Biota Neotrop. (13)4: http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/pt/abstract?short-communication+bn02113042013

Resumo: Registramos duas espécies de *Timulla* Ashmead parasitando ninhos de *Exomalopsis fulvofasciata* (Hymenoptera: Apidae) em mata ciliar na região do Pantanal de Miranda, Mato Grosso do Sul, Brasil. Foram observados comportamentos das espécies de *Timulla* e primeiro registro de *T. intermissa* para o Pantanal Brasileiro.
Palavras-chave: *parasitoidismo, Pantanal, registro de hospedeiro, piolho-de-onça, Mutillini.*

Introduction

Mutillidae are wasps that parasitize mature larvae or pre-pupae of other insects, especially other aculeate Hymenoptera (Brothers et al. 2000). Among the Hymenoptera, their known hosts are Vespidae (Polistinae, Eumeninae), seveval Halictinae and Bombinae (Apidae) (Brothers et al. 2000), Sphecidae and Crabronidae (Quintero & Cambra 1996, Cambra & Quintero 1993). About 2-3% of Mutillidae hosts are known in the world (Brothers 2006). In the Neotropical region, there were an increasing number of records in recent years (e.g. Mickel 1969, Yanega 1994, Cunha 2004, Lima et al. 2008, Bergamaschi et al. 2010, 2011, 2012).

The mutillid *Timulla* Ashmead includes species from Africa, Asia, Australia and islands of Pacific Ocean (Mickel 1938). One hundred sixty-one Neotropical species were described and little is known about their biology and hosts (Cambra & Quintero 1993). Most *Timulla* species have restricted geographic distribution (Mickel 1938) and show high level of host specificity (Wilson 2010). Twenty-seven *Timulla* species were described in Brazil (Mickel 1938), with 12 species recorded in Mato Grosso do Sul state. There is little information on Neotropical *Timulla* hosts, having records only for *T. centroamericana* (Dalla Torre, 1897) (Quintero & Cambra 1996), and *T. pictoria* Mickel, 1938 (Rocha-Filho et al. 2008). The *Timulla* fauna is scarcely known in Neotropical region, particularly in the Pantanal, the biggest wetland in the world where only 7 species were recorded (Cresson 1902, Mickel 1938, Aranda & Catian 2008). In this paper we reported the activity of two species of *Timulla* parasitizing nests of *Exomalopsis fulvofasciata* (Smith, 1879) and a new record for *T. intermissa* (Gerstaecker, 1958) in the Brazilian Pantanal.

Material and Methods

We collected samples in the riparian forest of Miranda River (19° 4' 29.85 "S, 57° 1' 9.02" W). The Pantanal is a vast floodplain, of approximately 140,000 km^2, which floods in pulses, characterized by dry periods and low water levels. Flooding is considered one the most selective forces acting on the biota (Junk et al. 1989).

The species of Mutillidae and bee hosts were manually collected, with the use of forceps and entomological hand net, from 14:00 to 17:50h on February 23 and 24, in the rainy season of 2011. Bees' nests were located in an area with sparse vegetation and exposed soil. We counted the number of complete nests and those under construction in five plots of 1m^2. Specimens of *Timulla* (Mutillidae) were identified with the use of specific keys (Mickel 1938) and comparison with type material from the National Museum of the Universidade Federal do Rio de Janeiro. Specimens of *E. fulvofasciata* were identified by comparison of deposited material from the Zoological Reference Collection of the Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (CEUFMS1936-1940), in Campo Grande identified by Dr. Samuel Viera Boff. The specimens were deposited in the Zoological Reference Collection of Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (CEUFMS 2785-2790, 2797-2803).

Results and Discussion

Two species of *Timulla* that parasitize *Exomalopsis fulvofasciata* nests were collected, as follows: 20 individuals of *Timulla terminalis* (Gerstaecker, 1958), and 6 individuals of *Timulla intermissa* Mickel, 1938, parasitizing *E. fulvofasciata* nests. *Timulla intermissa* has been recorded for the Cerrado and Atlantic Forest biomes (Mickel 1938, Aranda & Catian 2008) and our study reports for the first time this species in Pantanal floodplain.

Exomalopsis Michener (Hymenoptera: Apidae, Anthophorinae) are solitary bees that nest in the soil, where individuals provide resources for the development of their larvae (Rozen Junior 1984, Norden et al. 1994). Here we observed that females of *E. fulsvofasciata* built their nests in open areas with sandy soil, in a high concentration of nests: 83% were complete and 17% under construction in five plots of 1m^2. *Timulla* females were observed in this area, entering and staying there for about five minutes in the complete nests and in those under construction.

Our study shows the first record of *E. fulvofasciata* as a potential host of *Timulla* species. Species of *Timulla* have already been recorded parasitizing other hymenopterans: *Solenopsis invicta* Buren, 1972 (Formicidae) (Brothers et al. 2000), *Epicharis* sp. (Apidae) (Rocha-Filho et al. 2008) and species of Sphecidae and Eumeninae (Vespidae) (Quintero & Cambra 1996, Cambra & Quintero 1993). Other species of *Exomalopis* have already been recorded as hosts of mutillids. *Exomalopsis solani* Cockerell, 1896, was parasitized by *Pseudomethoca bethae* Krombein, 1992 in Arizona and New Mexico, USA (Norden et al. 1994) and *Horcomutilla* sp. in Mato Grosso do Sul, Brazil (Lima et al. 2008).

The nests were monitored over six months, but due to Pantanal flood pulses, nest openings were destroyed and the emergence of hosts and parasitoids could not be monitored, and, thus, it has not been possible to obtain data on the frequency of parasitism for the species. The considerable number of *Timulla* seen upon entering bee nests over a short time interval indicates that the use of *E. fulsvofasciata* nests in the Pantanal region is not accidental. We consider the behavior of *Timulla* females in the nests of *E. fulsvofasciata* as an evidence of parasitism, however future research is also necessary to better understand the ecological relationships involving these species.

References

ARANDA, R. & CATIAN, G. 2008. Novos registros de Mutillidae (Hymenoptera-Aculeata) para o Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. Rev. Biocien. 14(1):62-68.

BERGAMASCHI, A.C.B., CAMBRA, R. & MELO, G.A.R. 2010. Male description and host record for *Lophomutilla corupa* Casal, 1968 (Hymenoptera: Mutillidae), with behavioural notes on mating behaviour and host nest attacks. Journ. Nat. Hist. 44(43):2597-2607. http://dx.doi.org/10.1080/00222933.2010.499574

BERGAMASCHI, A.C.B., CAMBRA, R. & MELO, G.A.R. 2011. New combinations, sex association, behavioural notes and potential host record for two Neotropical species of *Pseudomethoca* Ashmead, 1896 (Hymenoptera: Mutillidae). Zootaxa. 3062:55-63.

BERGAMASCHI, A.C.B., CAMBRA, R., BROTHER, D.J. & MELO, G.A.R. 2012. *Lynchiatilla* Casal, 1963 (Hymenoptera: Mutillidae):a new species from Brazil associated with *Paroxystoglossa spiloptera* Moure (Hymenoptera: Apidae: Halictinae), and notes on other species. Zootaxa. 3548:55-64.

BROTHERS, D.J. 2006. Família Mutillidae. In Introducíón a los Hymenoptera de la región Neotropical (F. Fernandes & M.J. Sharkey, eds.). Sociedad Colombiana de Entomología, p.565-583.

BROTHERS, D.J., TSCHUCH, G. & BURGER, F. 2000. Associations of mutillid wasps (Hymenoptera, Mutillidae) with eusocial insects. Insectes soc. 47:201-211. http://dx.doi.org/10.1007/PL00001704

CAMBRA, T.R.A. & QUINTERO, A. 1993. Studies of *Timulla* Ashmead (Hymenoptera: Mutillidae):New distribution records and synonymies, and descriptions of previously unknown allotype. Pan-Pac. Entomol. 69:299-313.

CRESSON, E.T. 1902. Descriptions of some *Mutilla* from Brazil. Trans. Am. Entomol. Soc. 28:1-82.

CUNHA, R. 2004. *Monoeca xanthopyga* (Hymenoptera, Apoidea, Tapinotaspidini), primeiro registro de hospedeiro para parasitóide do gênero *Traumatomutilla* (Hymenoptera: Mutillidae) na Serra Geral do Rio Grande do Sul, Brasil. Acta Scien. 6(2):35-40.

JUNK, W.J., BAYLEY, P.B. & SPARKS, R.E. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. Aquat. Sci. 106:110-127.

MICKEL, C.E. 1938. The Neotropical mutillid wasps of the genus *Timulla* Ashmead (Hymenoptera: Mutillidae). Trans. R. Entomol. Soc. Lond. 87:529-680. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2311.1938.tb00728.x

MICKEL, C.E. 1969. *Pseudomethoca* Willei N. Sp. Reared from Cells of the Bee *Lasioglossum* (Dialictus) *umbripenne* (Ellis) (Hymenoptera: Mutillidae; Apoidea). J. Kans. Entomol. Soc. 42(4):524-526.

NORDEN, B.B., KROMBEIN, K.V. & BATRA, S.W.T. 1994. Nests and enemies of *Exomalopsis* (*Phanamalopsis*) *solani* Cockerell (Hymenoptera: Apoidea, Mutillidae; Diptera: Asilidae). Proc. Entomol. Soc. Wash. 96(2):350-356.

QUINTERO, D. & CAMBRA, R.A. 1996. *Timulla centroamericana* (Dalla Torre) (Hymenoptera: Mutillidae), a parasitoid of *Liris* (Hymenoptera: Sphecidae). Southwest. Entomol. 21(2):205-207.

LIMA, F.V.O., SILVESTRE, R., ARANDA, R. & BALESTIERI, J.B.P. 2008. Ocorrência de parasitismo em *Exomalopsis aureopilosa* Spinola, 1853 (Hymenoptera, Apidae) por *Horcomutilla* sp. Casal, 1962 (Hymenoptera, Mutillidae). In VIII Encontro sobre Abelhas - Biodiversidade e Uso Sustentável.

ROCHA-FILHO, L.C., SILVA, C.I., GAGLIOANONE, M.C. & AUGUSTO, S.C. 2008. Nesting behavior and natural enemies of *Epicharis* (*Epicharis*) *bicolor* Smith 1854 (Hymenoptera: Apidae). Trop. Zool. 21:227-242.

ROZEN JUNIOR, J.G. 1984. Comparative nesting biology of the bee tribe Exomalopsini (Apoidea, Anthophoridae). Am. Mus. Novit. 2798:1-37.

WILSON, J.S. 2010. Historical Biogeography of Velvet Ants (Hymenoptera: Mutillidae) in the North American Deserts and Arid Lands. PhD Thesis, Utah State University, Utah.

YANEGA, D. 1994. Arboreal, Ant-Mimicking Mutillid Wasps, Pappognatha; Parasites of Neotropical Euglossa (Hymenoptera: Mutillidae and Apidae). Biotropica 26(4):465-468. http://dx.doi.org/10.2307/2389242

Received 08/14/2012
Revised 10/21/2013
Accepted 11/12/2013

Diversity and distribution of mollusks along the Contas River in a tropical semiarid region (Caatinga), Northeastern Brazil

Carla Bender Kotzian[1,3] & Aline Monique Blank do Amaral[1,2]

[1]Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Animal, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Av. Roraima, 1000, prédio 17, sala 1016, Camobi, CEP 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil
[2]Bolsista Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES
[3]Corresponding author: Carla Bender Kotzian, e-mail: modrizralok@hotmail.com

KOTZIAN, C.B. & AMARAL, A.M.B. **Diversity and distribution of mollusks along the Contas River in a tropical semiarid region (Caatinga), Northeastern Brazil**. Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/en/abstract?inventory+bn03313042013

Abstract: An inventory of macroinvertebrates conducted in the Contas River basin in Northeastern Brazil found 13 species of freshwater mollusks. Most of the community was represented by pulmonate gastropods, including *Physa acuta*, *Drepanotrema anatinum*, *D. cimex*, *D. lucidum*, *Biomphalaria straminea*?, *Gundlachia radiata*?, *G. ticaga* and *Hebetancylus moricandi*; the prosobranchs *Pomacea archimedis*?, *Melanoides tuberculata* and *Littoridina* sp. were also found. Bivalves were less diversified, represented only by *Pisidium pulchellum*? and *Eupera simoni*?. The taxonomic composition and the small size of many species reflect the intermittent condition of the basin. Additionally, the occurrence of shells of five terrestrial species (*Helicina angulata*, *Gastrocopta pellucida hordeacella*?, *Beckianum beckianum*, *Succinea* sp. and Systrophiidae gen. et sp. indet.) in the rivers reflects the occasional heavy rainfalls and floods in the region. The invasive gastropod *M. tuberculata* was the most abundant and widely distributed species. All 13 species were found in the lower course, in the Atlantic Forest region, and most, but not all, were recorded in the upper course, in the Caatinga region. The distribution and the occurrence of the bivalve species exclusively in the Atlantic Forest region indicate that the locally higher annual precipitation provides favorable conditions for the survival of these mollusks, such as a more stable hydroperiod.
Keywords: *Neotropical region, Atlantic Forest, intermittent streams, invasive mollusks, Bahia.*

KOTZIAN, C.B. & AMARAL, A.M.B. **Diversidade e distribuição de moluscos ao longo do Rio de Contas em uma região tropical semi-árida (Caatinga), nordeste do Brasil**. Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/pt/abstract?inventory+bn03313042013

Resumo: Treze espécies de moluscos de água doce foram encontradas em um inventário de macroinvertebrados realizado ao longo da bacia do Rio de Contas, no Nordeste do Brasil. A maioria da comunidade foi representada por gastrópodes pulmonados, como *Physa acuta*, *Drepanotrema anatinum*, *D. cimex*, *D. lucidum*, *Biomphalaria straminea*?, *Gundlachia radiata*?, *G. ticaga* e *Hebetancylus moricandi*, embora prosobrânquios, como *Pomacea archimedis*?, *Melanoides tuberculata* e *Littoridina* sp. também tenham sido encontrados. Bivalves foram menos diversificados, e foram representados por *Pisidium pulchellum*? e *Eupera simoni*?. A composição taxonômica e o pequeno tamanho alcançado por muitas espécies refletem a condição intermitente da bacia. Além disso, a ocorrência de conchas de cinco espécies terrestres (*Helicina angulata*, *Gastrocopta pellucida hordeacella*?, *Beckianum beckianum*, *Succinea* sp. e Systrophiidae gen. et sp. indet.) dentro dos rios reflete as fortes chuvas e inundações que ocorrem ocasionalmente na região. O gastrópode invasor *M. tuberculata* foi a espécie mais abundante e bem distribuída. Todas as espécies foram encontradas no curso inferior, na região da Mata Atlântica, e a maioria, mas não todas, foram registradas no curso superior, na região da Caatinga. Esta distribuição e a ocorrência das espécies de bivalves exclusivamente na região da Mata Atlântica indicam que a maior precipitação anual desta região fornece condições favoráveis para a sobrevivência destes moluscos, como um hidroperíodo mais estável.
Palavras-chave: *Região Neotropical, Mata Atlântica, rios intermitentes, moluscos invasores, Bahia.*

Introduction

Knowledge of the diversity and the spatial distribution of the communities that occur in different ecoregions is essential for environmental preservation and conservation programs (Dudgeon et al. 2006). In Brazil, studies on the distribution of communities that inhabit rivers and streams are very limited for the Caatinga, a tropical and semiarid biome located in the northeastern region of the country (Santana et al. 2009, for invertebrates; Leal et al. 2003, for vertebrates). However, this ecoregion is one of the most interesting for ecological studies, because of its complexity (Maltchik 1999). The proximity to the equator ensures a minimum annual temperature ranging from 25 to 30°C, but the annual precipitation varies from 200 to 800 mm, with dry periods that can persist for almost 11 months. Precipitation may be concentrated over a few days, causing large floods. Most of the rivers and streams are intermittent, and characterized by wide fluctuations of the water level (Maltchik 1999). The fauna of this environment usually shows morphological and physiological adaptations, such as a small body size, short life cycle, high dispersal capacity and generalist habits (Maltchik 1999, Diáz et al. 2008, Santana et al. 2009). Communities are often characterized by the presence of endemic species with limited geographical distributions (Abílio et al. 2007). The few studies conducted with macroinvertebrates in semiarid rivers of Brazil show that the communities are dominated by insects and mollusks, and are frequently associated with macrophytes near the riverbanks (Maltchik 1999, Santana et al. 2009).

Freshwater mollusks are among the most threatened faunal group in the world (Lydeard et al. 2004). Damming and agricultural activities are the main factors related to this problem, but invasion by exotic species can also cause great harm to the native species (Neves et al. 1997, Vaughn 2005, Darrigran & Damborenea 2009). In Brazil, it is difficult to determine whether species are threatened, because of the scarcity of information about the structure and distribution of the communities (Mansur et al. 2003). Furthermore, most studies on communities inhabiting running waters are concentrated in the southeastern (e.g., Giovanelli et al. 2005, Vidigal et al. 2005, França et al. 2007) and southern (e.g., Pereira et al. 2001, Pfeifer & Pitoni 2003, Rangel e Souza et al. 2008) regions, and are relatively rare in other parts of Brazil (Midwest region: Martins-Silva & Barros 2001, Colle & Callil 2012; North region: Jesus et al. 2007, Pimpão & Mansur 2009). In the semiarid Northeast region of Brazil, such studies are practically nonexistent (Aleluia et al. 2009, Souza et al. 2010), and malacological research deals, in general, with lentic settings such as reservoirs, "*açudes*" (small reservoirs) and small waterbodies, focusing on vector species of human diseases or on invasive species (e.g, Abílio et al. 2006, Santos & Eskinazi-Sant'Anna 2010, Souto et al. 2011).

In 2011 and 2012, an inventory of aquatic macroinvertebrates was conducted along the Contas River basin, as part of an environmental program for the construction of the West-East Integration Railroad. A previous analysis of the macroinvertebrates collected showed that mollusks occurred at almost all the sampling sites, and were often the dominant fauna. This study aimed to contribute to knowledge of freshwater mollusk diversity in Brazil, reporting i) the identification of mollusks found at the lowest taxonomic level possible; ii) new information about some anatomical and conchological characteristics of some species, by descriptions and/or remarks; and iii) discussion of the species' distribution along the river, from the upper course in the Caatinga, to the lower course in the Atlantic Forest.

Material and Methods

1. Study area

The Contas River basin is located in south-central Bahia state (BA), between the coordinates 12° 55' and 15° 10' S and 39° 00' and 42° 35' W, and covers a drainage area of 55,334 km² (Secretaria… 1993) (Figure 1). The rivers and streams run from west to east. Freshwater springs are located in altitudes reaching ca. 1,500 m, and the river flows for 360 km until its outlet in the Atlantic Ocean (Secretaria… 1993). The grain size of bed sediments in the lower course of the Contas River ranges from coarse to fine sand (Campos 2002). The fluvial regime is essentially torrential, because of the irregular precipitation. Although the main course is perennial throughout, most of the tributaries are intermittent (CENTRO... 1979).

Most of the upper course of the river basin is located within the Caatinga domain, while the lower course runs within the Atlantic Forest domain. Small areas in the westernmost part lie in the Cerrado biome, and near the river mouth are areas of '*restingas*' (coastal dune scrub vegetation) and mangroves (Paula 2010). The predominant climate is type "Aw" according to Köppen's classification, ranging from semiarid in the Caatinga to semihumid in the Atlantic Forest domains (Secretaria… 1993). The mean annual temperature ranges from 19.8 °C to 27.7 °C. The mean annual relative humidity is about 72.9%, and the mean annual evaporation is 1,529 mm (Secretaria… 1993). Climate varies markedly from upstream to downstream. In the west, precipitation reaches 750 mm/year, but in the region near the ocean, the precipitation is heavier and more regular, reaching 1,750 mm/year (Secretaria… 1993).

The original vegetation consists of Steppe in the Caatinga region, and Ombrophilous Dense Forest and Seasonal Semideciduous Forest in the Atlantic Forest region. Currently, more than 90% of the original riparian vegetation along the river banks has been destroyed. The presence of hydroelectric power stations has also contributed to the environmental impacts (Neves et al. 1997).

2. Sampling and identification

Sampling was conducted in March 2011 and May 2012, with a Surber sampler (area 0.0225 m², mesh 500 µm), following the rainy seasons, in order to collect as many macroinvertebrates as possible. Twenty sampling sites located in the main course, and nearby streams and reservoirs, encompassing the Caatinga and the Atlantic Forest biomes, were chosen for study (Figure 1, Table 1). At each site, samples were taken in both backwaters and running waters.

The specimens were conserved in 80% ethanol. Mollusks were identified with the aid of a stereomicroscope to the lowest taxonomic level possible, according to specialized literature and with the assistance of specialists. The species classification at higher taxonomic categories followed Simone (2006). The three largest specimens of each species were measured in order to facilitate the morphological characterization. For studying gastropods, the following measurements were used: length (l) and maximum width (w) for helicoidal shells (Silva 2003); diameter (d) and width (w) for planispiral shells (Paraense 1975); and length (l) and width (w) for patelliform shells (Santos 2003). For bivalves, the following measurements were obtained: maximum length (l), maximum height (h), width (w), distance of the umbones related to the anterior end of the shell (%), and the indices l/h, l/w or h/l and w/l (Ituarte & Dreher-Mansur 1993). The following terminology and abbreviations were used in the Systematics section: specimens collected live (ex.), specimens

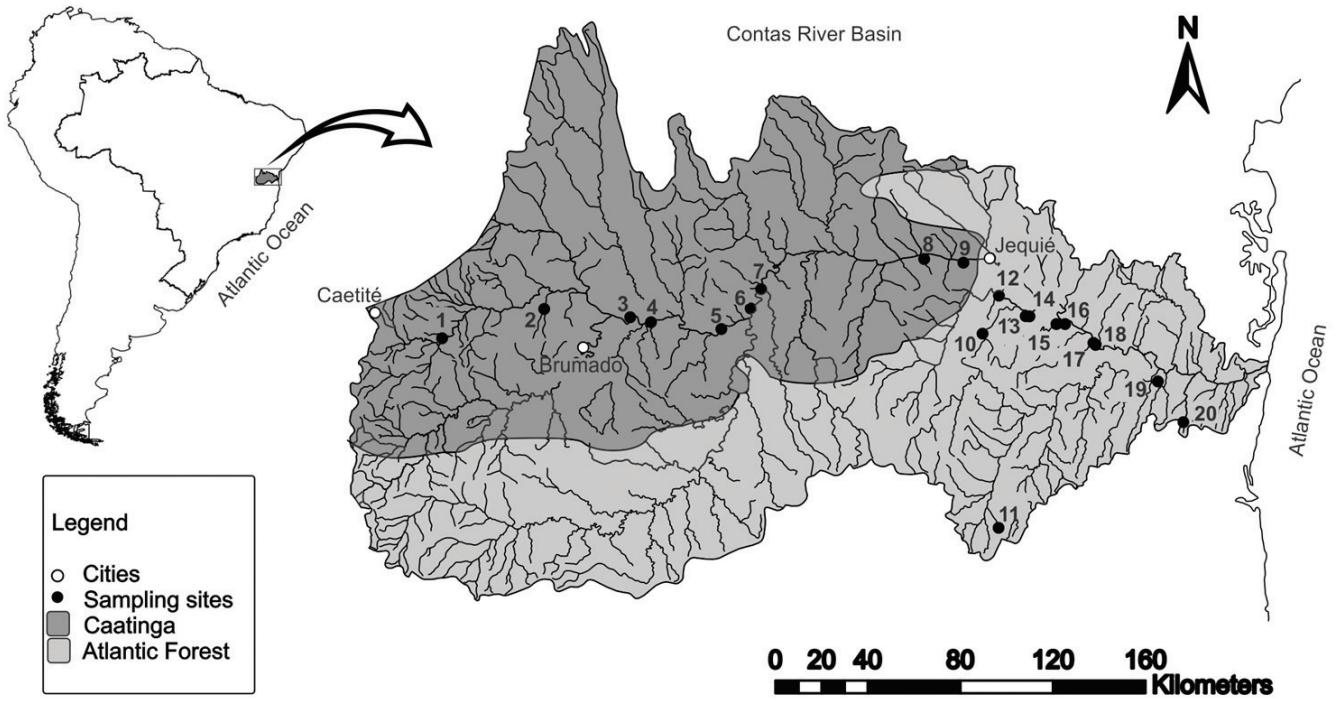


Figure 1. Location and distribution of sampling sites in the Contas River basin, state of Bahia, Brazil.

Table 1. Location of sampling sites and their environmental characterization in the Contas River basin. (Biomes: Caatinga = CA, Atlantic Forest = AF; Vegetation: Steppe = ST, Ombrophilous Dense Forest = ODF, Seasonal Semideciduous Forest = SSF).

Site	Geographical Coordinates	Altitude (m)	Biome	Vegetation
1	14° 09’ 51” S and 42° 12’ 19” W	508	CA	ST
2	14° 03’ 02” S and 41° 49’ 13” W	446	CA	ST
3	14° 04’ 58” S and 41° 28’ 52” W	343	CA	ST
4	14° 06’ 07” S and 41° 24’ 21” W	339	CA	ST
5	14° 07’ 43” S and 41° 07’ 53” W	291	CA	ST
6	14° 02’ 52” S and 41° 00’ 35” W	275	CA	ST
7	13° 58’ 26” S and 40° 58’ 56” W	268	CA	ST
8	13° 51’ 23” S and 40° 20’ 32” W	231	CA	ST
9	13° 52’ 14” S and 40° 11’ 14” W	193	CA	ST
10	14° 08’ 47” S and 40° 06’ 14” W	491	AF	ODF
11	14° 54’ 01” S and 40° 03’ 55” W	617	AF	ODF
12	13° 59’ 56” S and 40° 02’ 53” W	187	AF	ODF
13	14° 04’ 45” S and 39° 56’ 27” W	170	AF	ODF
14	14° 04’ 42” S and 39° 56’ 23” W	152	AF	ODF
15	14° 06’ 33” S and 39° 49’ 27” W	143	AF	SSF
16	14° 06’ 31” S and 39° 47’ 20” W	138	AF	SSF
17	14° 11’ 23” S and 39° 40’ 49” W	126	AF	ODF
18	14° 10’ 55” S and 39° 40’ 18” W	124	AF	ODF
19	14° 19’ 53” S and 39° 25’ 57” W	65	AF	ODF
20	14° 39’ 02” S and 39° 18’ 20” W	70	AF	ODF

collected dead (empty shells, c.), and isolated valves of bivalves (v.). The material studied is deposited in the Coleção de Invertebrados, Setor de Zoologia, Departamento de Biologia, Universidade Federal de Santa Maria (CM-UFSM 101.559 to CM-UFSM 101.630) and in the Coleção de Moluscos da Universidade de Caxias do Sul (ZUCS-MOL 738 to ZUCS-MOL 742, ZUCS-MOL 744).

Results

1. Systematics

In all, 1,908 live specimens were collected and assigned to 13 species (Table 2), including three prosobranch and eight pulmonate gastropods, and two non-unionoid bivalves. Additionally, five

Table 2. Occurrence of live mollusk specimens in the Contas River basin.

Order	Family	Species	Biome	
			Caatinga	Atlantic Forest
Caenogastropoda	Ampullariidae	*Pomacea archimedis* Spix, 1827?	X	X
	Thiaridae	*Melanoides tuberculata* (Müller, 1774)	X	X
	Hydrobiidae	*Littoridina* sp.	X	X
Pulmonata	Physidae	*Physa acuta* Draparnaud, 1805	X	X
	Planorbidae	*Drepanotrema anatinum* (Orbigny, 1835)	X	X
		Drepanotrema cimex (Moricand, 1839)	X	X
		Drepanotrema lucidum (Pfeiffer, 1839)	X	X
		Biomphalaria straminea (Dunker, 1848)?	X	X
		Gundlachia radiata (Guilding, 1828)?		X
	Ancylidae	*Gundlachia ticaga* (Marcus & Marcus, 1962)		X
		Hebetancylus moricandi (Orbigny, 1837)	X	X
Veneroida	Pisidiidae	*Pisidium pulchellum* (Orbigny, 1835)?		X
		Eupera simoni (Jousseaume, 1889)?		X

species of terrestrial gastropods were found in the river, most of them represented by empty shells.

Freshwater mollusks

Family AMPULLARIIDAE Gray, 1824

Genus *Pomacea* Perry, 1811

Pomacea archimedis Spix, 1827? (Figure 2a-c)

Description: Shell reaching 10 mm in length and 9 mm in width. Spire very low, with two whorls. Body whorl globose. Suture regularly marked, not forming a channel. Aperture elliptical, vertically elongated. External lip convex, united to the body whorl at the upper 1/6 of its height. Internal lip with no parietal callus. Shell with no umbilicus. Orange-colored with brown spiral bands of varying width, well distributed over the body whorl. Central tooth wider than high, with central cusp higher than the other cusps (Figure 2c). Lateral tooth with three well-developed cusps, the central one higher than the others. Marginal tooth elongated, with two cusps.

Material: 34 ex. and 5 c.: CM-UFSM 101.583 (Jequié, 2 ex.); CM-UFSM 101.584 (Jequié, 5 ex.); CM-UFSM 101.585 (Aiquara, 26 ex., 4 c.); CM-UFSM 101.586 (Aiquara, 1 ex.); CM-UFSM 101.587 (Itagibá, 1 c.).

Remarks: The general shell and aperture form, and the pattern of shell color of the specimens (Figure 2a, b) are similar to those of the holotype of *P. archimedis*, a species previously recorded from Bahia (Simone 2006, page 47, figure 61). However, the spire of *P. archimedis* is higher than the spire of the Contas River specimens. The specimens are also similar to *P. patula* (Reeve, 1856) and *P. pernambucensis* Reeve, 1856, which were recorded in the states of Amazonas and Pernambuco, respectively (Simone 2006, page 57, figure 102; page 58, figure 104). In both species, the lower part of the aperture is wider than in the Contas specimens. On the other hand, the radula of the specimens is similar to the radula of *P. canaliculata* (Lamarck, 1804) (Martín & Negrete 2007, page 723, figure 1), but the central tooth is proportionally wider and the cusps are lower and more widely spaced (Figure 2c). In addition, the cusps of the lateral teeth are more projected and strongly conical. Although *P. archimedis* has been recorded from Bahia (Simone 2006), the Contas specimens were tentatively classified as *P. archimedis*, because of the conchological differences and the similarity to the radula of *P. canaliculata*. The need for a revision of the genus *Pomacea* (Cazzaniga 2002, see revision by Cowie & Thiengo 2003) also hindered us in assigning the specimens with confidence to any previously described species. The thin external lip and the small size of the specimens indicate that they had not reached their maximum size.

Measurement: CM-UFSM 101.586: l =10 mm and w = 9 mm; l =10 mm and w = 5 mm; CM-UFSM 101.585 l = 9.5 mm and w = 4.5 mm.

Occurrence: Most of the specimens were collected in stretches located in the Atlantic Forest region (12, 13, 15, 16), in streams with sandy and stony beds and short riparian vegetation.

Family THIARIDAE Troschel, 1857

Genus *Melanoides* Olivier, 1804

Melanoides tuberculata (Müller, 1774) (Figure 2g-n)

Material: 1387 ex. and 147 c.: CM-UFSM 101.559 (Rio do Antônio, 4 ex.); CM-UFSM 101.560 (Brumado, 1 ex., 4 c.); CM-UFSM 101.561 (Brumado, 1 c.); CM-UFSM 101.562 (Tanhaçu, 8 c.); CM-UFSM 101.563 (Tanhaçu, 46 ex.); CM-UFSM 101.564 (Jequié, 30 ex., 1 c.); CM-UFSM 101.565 (Jequié, 306 ex., 17 c.); CM-UFSM 101.566 (Jequié, 174 ex., 13 c.); CM-UFSM 101.567 (Nova Canaã, 20 ex., 3 c.); CM-UFSM 101.568 (Jequié, 90 ex., 16 c.); CM-UFSM 101.569 (Aiquara, 142 ex., 6 c.); CM-UFSM 101.570 (Aiquara, 21 ex., 6 c.); CM-UFSM 101.571 (Aiquara, 82 ex., 5 c.); CM-UFSM 101.572 (Itagibá, 20 ex., 12 c.); CM-UFSM 101.573 (Itagibá, 309 ex., 24 c.); CM-UFSM 101.574 (Itagibá, 80 ex., 30 c.); CM-UFSM 101.575 (Aurelino Leal, 6 ex.); CM-UFSM 101.576 (Ilhéus, 56 ex., 1 c.).

Remarks: The specimens studied show shell variability, as previously observed in populations from other Brazilian rivers (Santos et al. 2012). The apex is commonly broken in larger specimens (> 15-20 mm) (Figure 2i-n), whereas in small specimens the shell is generally entire. Some specimens have a broken aperture (Figure 2i, j). Variation in shell color occurs due to loss of the periostracum (white), ferruginous oxide deposits (Figure 2i-n), and the presence of red remarks on the shell base (Figure 2g, h), as also observed by Fernandez et al. (2012). The largest specimen is 32 mm in length and 5 mm in width, less than the maximum size recorded for the species (40 mm height × 14 mm width; Brandt 1974). Compared with other Brazilian regions (Rocha-Miranda & Martins-Silva 2006, Santos & Eskinazi-Sant'Anna 2010, Souto et al. 2011), the specimens studied

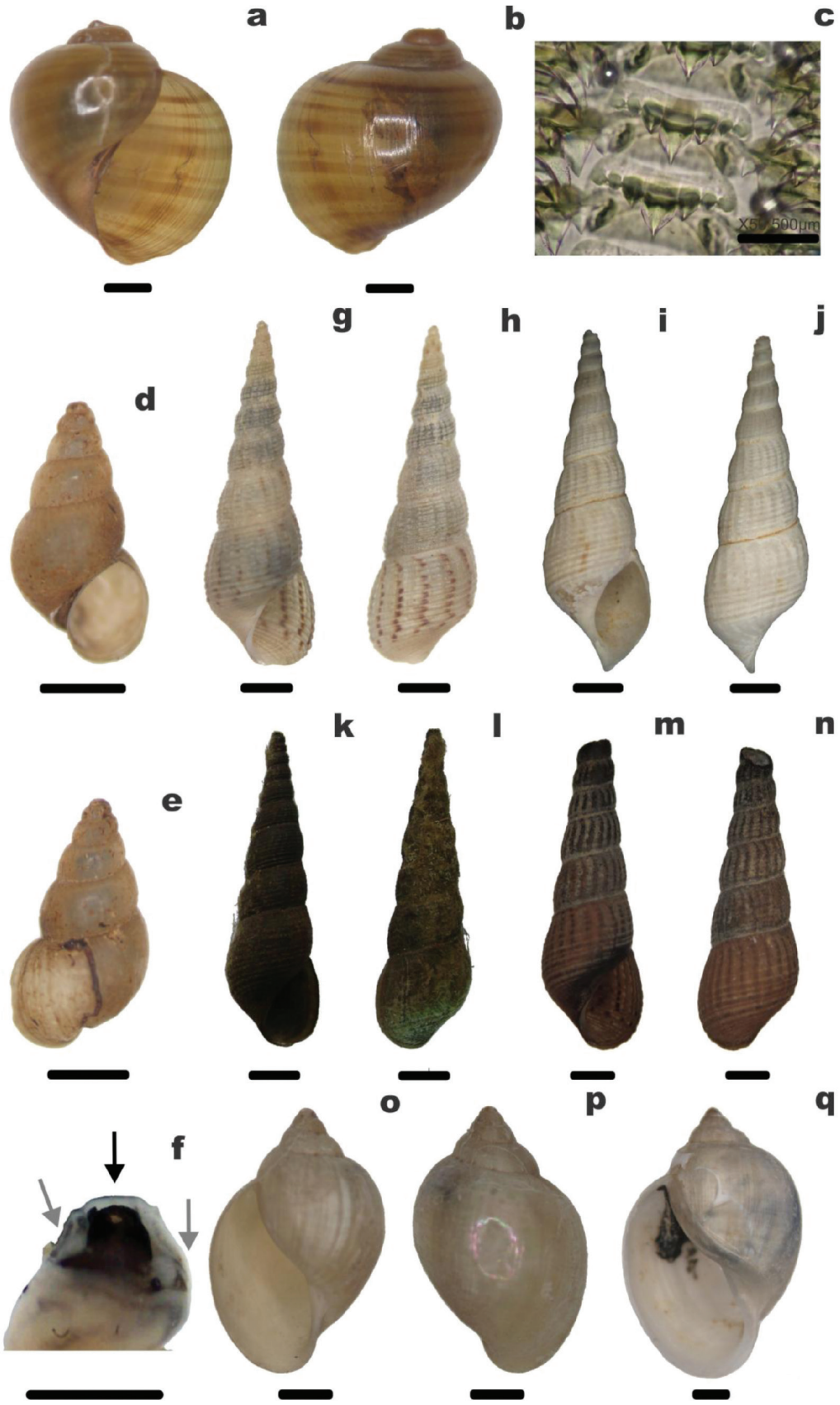


Figure 2. Gastropoda: Ampullariidae, Hydrobiidae, Thiaridae and Physidae. *Pomacea archimedis* (N. 101.585): ventral (a) and dorsal (b) views, radula detail (c); *Littoridina* sp. (N.101.589): ventral (d) and dorsal (e) views, (N.101.590): head region (f), black arrow shows the dark color of the proboscis, gray arrows show the tentacles; *Melanoides tuberculata* (N.101.561): ventral (g) and dorsal (h) view, shell variations (i-n) (N.101.562; N.101.573; N.101.576); *Physa acuta* (N.101.582): ventral (o) and dorsal (p) views, ventral view of a shell showing well-developed parietal callus (q). Scale: 1 mm (except a, b, g-n: 2 mm).

are larger. However, most specimens (860) do not exceed 6 mm in height. Differences in the predominance of size classes in different rivers of the same region, at the same time of year, may indicate that the species reproduces at different times in different environments (Rocha-Miranda & Martins-Silva 2006).

Measurement: CM-UFSM 101.573: l = 32 mm and w = 5 mm; l = 27.5 mm and w = 8.6 mm; l = 26 mm and w = 9.3 mm.

Occurrence: Specimens were found along almost the entire river course (except at sites 3 and 7), in different lentic (‘*açudes’*, ponds, reservoirs) and lotic environments with different substrates (sand, stones, mud), with little riparian vegetation.

Family HYDROBIIDAE Stimpson, 1865

Genus *Littoridina* Eydoux and Souleyet, 1852

Littoridina sp. (Figure 2d-f)

Description: Shell elongate, reaching 3.2 mm in length and 1.6 mm in width. Spire with approximately four whorls, slightly convex, and height slightly greater than height of body whorl. Suture shallow, but well marked. Aperture drop-shaped, with height corresponding to ca. half the height of the body whorl. Shell ornamentation consisting of fine growth lines. Shell orange and translucent. Head with a dark pigmented band that reaches the middle of the proximal portion of proboscis (Figure 2f).

Material: 39 ex.: CM-UFSM 101.588 (Jequié, 24 ex.); CM-UFSM 101.589 (Jequié, 6 ex.); CM-UFSM 101.590 (Itagibá, 9 ex.).

Remarks: The shell morphology of the specimens is uniform, but shows small variations in body whorl width. The shell is very similar to the shell of a syntype of *Littoridina cuzcoensis* (Pilsbry, 1911) illustrated by Simone (2006 page 89, figure 231), in the number of whorls, slope of the suture lines, and aperture shape. However, because of the need for revision of the species of this genus in Brazil (Silva 2003), the attribution of the specimens remains uncertain. Ferruginous deposits occur on the shells of many specimens (Figure 2d, e).

Measurement: CM-UFSM 101.588: l = 3.2 mm and w = 1.6 mm; l = 3.2 mm and w = 1 mm; l = 3 mm and w = 1 mm.

Occurrence: Specimens were found at few sites (9, 12, 18), in sandy channels with slow current, with or without riparian vegetation.

Family PHYSIDAE Fitzinger, 1833

Genus *Physa* Draparnaud, 1801

Physa acuta Draparnaud, 1805 (Figure 2o-q)

Material: 109 ex. and 9 c.: CM-UFSM 101.577 (Jequié, 15 ex., 1 c.); CM-UFSM 101.578 (Jequié, 14 ex., 1 c.); CM-UFSM 101.579 (Jequié, 4 ex., 2 c.); CM-UFSM 101.580 (Aiquara, 2 ex.); CM-UFSM 101.581 (Itagibá, 1 ex.); CM-UFSM 101.582 (Itagibá, 73 ex., 5 c.).

Remarks: The body whorl convexity, the well-marked shoulder and suture, and the wide aperture of the specimens are typical of *P. acuta*. According to Santos et al. (2012), the occurrence of this species is restricted to the small eastern and southeastern Atlantic river basins. However, *P. acuta* has been recorded in other regions of Brazil (Simone 2006, Fernandez 2011), which concords with its wide geographic range, including other continents; Paraense & Pointier (2003). The specimens from this basin have a smaller maximum size (10 mm) and fewer spire whorls (3) than recorded by other authors (ca. 16 mm × 9 mm, and five whorls, according to Paraense & Pointier 2003, Núñez 2011, Santos et al. 2012). The parietal callus of most specimens (Figure 2q) is also straighter and less developed (e.g., Simone 2006, page 101, figure 298B; Núñez 2011, page 104, figure B; Santos et al. 2012, page 48, figure 28). In some specimens, the initial whorls were covered with ferruginous deposits.

Measurement: CM-UFSM 101.582: l = 10 mm and w = 4 mm; l = 9 mm and w = 3.5 mm; l = 8 mm and w = 3.4 mm.

Occurrence: Live specimens were found at many sites along the Contas River (8, 9, 12, 14, 16, 18), in lentic (reservoir) and typical lotic (streams) habitats, in locations with sandy and stony substrates, most of them with sparse riparian vegetation.

Family PLANORBIDAE Rafinesque, 1815

Genus *Drepanotrema* Crosse & Fisher, 1880

Drepanotrema anatinum (Orbigny, 1835) (Figure 3a-c)

Material: 103 ex. and 2 c. CM-UFSM 101.603 (Rio do Antônio, 1 ex.); CM-UFSM 101.604 (Jequié, 98 ex., 2 c.); CM-UFSM 101.605 (Aiquara, 3 ex.); CM-UFSM 101.606 (Aiquara, 1 ex.).

Remarks: The shell and the aperture shape, and the shell punctations (not shown in Figure 3a-c) allowed us to classify the specimens as *D. anatinum*. This species was previously found in other localities in the Northeast (e.g., Souza et al. 2010) and is widely distributed in Brazil (Paraense 1975, Simone 2006). The shell aperture of the Contas specimens is straighter and more symmetrical (Figure 3b) than the aperture of the specimens illustrated by Souza & Lima (1990, page 32, figure 28) and Paraense (1975, page 108, figure 27), and more closely resembles the aperture of the specimen illustrated by Simone (2006, page 102, figure 302A). The Contas specimens also have a smaller size and fewer whorls (≥ 5) than in the description by Paraense (1975, 4.2 mm × 1.9 mm, 6 whorls). Some specimens have ferruginous deposits on the shell.

Measurement: CM-UFSM 101.604: d = 3.2 mm and w = 1.3 mm; d = 3 mm and w = 1.5 mm; d = 3 mm and w = 1.4 mm.

Occurrence: Specimens were found mainly in the lower course of the Contas River (1, 12, 13, 14), in low-order, human-impacted lotic environments.

Drepanotrema cimex (Moricand, 1839) (Figure 3d-f)

Material: 25 ex. and 5 c.: CM-UFSM 101.607 (Rio do Antônio, 3 ex.); CM-UFSM 101.608 (Itagibá, 21 ex., 4 c.); CM-UFSM 101.609 (Aurelino Leal, 1 ex., 1 c.).

Remarks: The number of whorls (6) and the degree of left-size flattening and shell-aperture straightening (Figure 3e) identify the specimens as *D. cimex*, a species that occurs throughout Brazil (Paraense 1975, Simone 2006). In relation to the specimens shown by Paraense (1975, page 111, figure 35, 8 mm in diameter) and Simone (2006, page 102, figure 303, 6 mm), the specimens from the Contas basin have a smaller diameter and fewer whorls. Ferruginous deposits are common on the shells.

Measurement: CM-UFSM 101.608: d = 6 mm and l = 0.5 mm; d = 5 mm and l = 0.5; d = 5 mm and l = 0.5 mm.

Occurrence: Specimens were found at three sites (1, 16, 19), in regulated and non-regulated stream courses.

Drepanotrema lucidum (Pfeiffer, 1839) (Figure 3g-i)

Material: 49 ex. and 3 c.: CM-UFSM 101.610 (Brumado, 1 ex.); CM-UFSM 101.611 (Itagibá, 45 ex., 3 c.); CM-UFSM 101.612 (Aurelino Leal, 3 ex.).

Remarks: The specimens studied were classified as *D. lucidum*. However, the whorls are less globose and convex (Figure 3h), the umbilicus (initial whorls) is shallower (Figure 3g, i) and the aperture is more rounded and less displaced to the left (Figure 3h) than in the specimens illustrated by Paraense (1975, page 110, figure 33). The Contas specimens are very similar to the holotype of *Drepanotrema schubarti* (Haas, 1938) illustrated by Simone (2006, page 105,

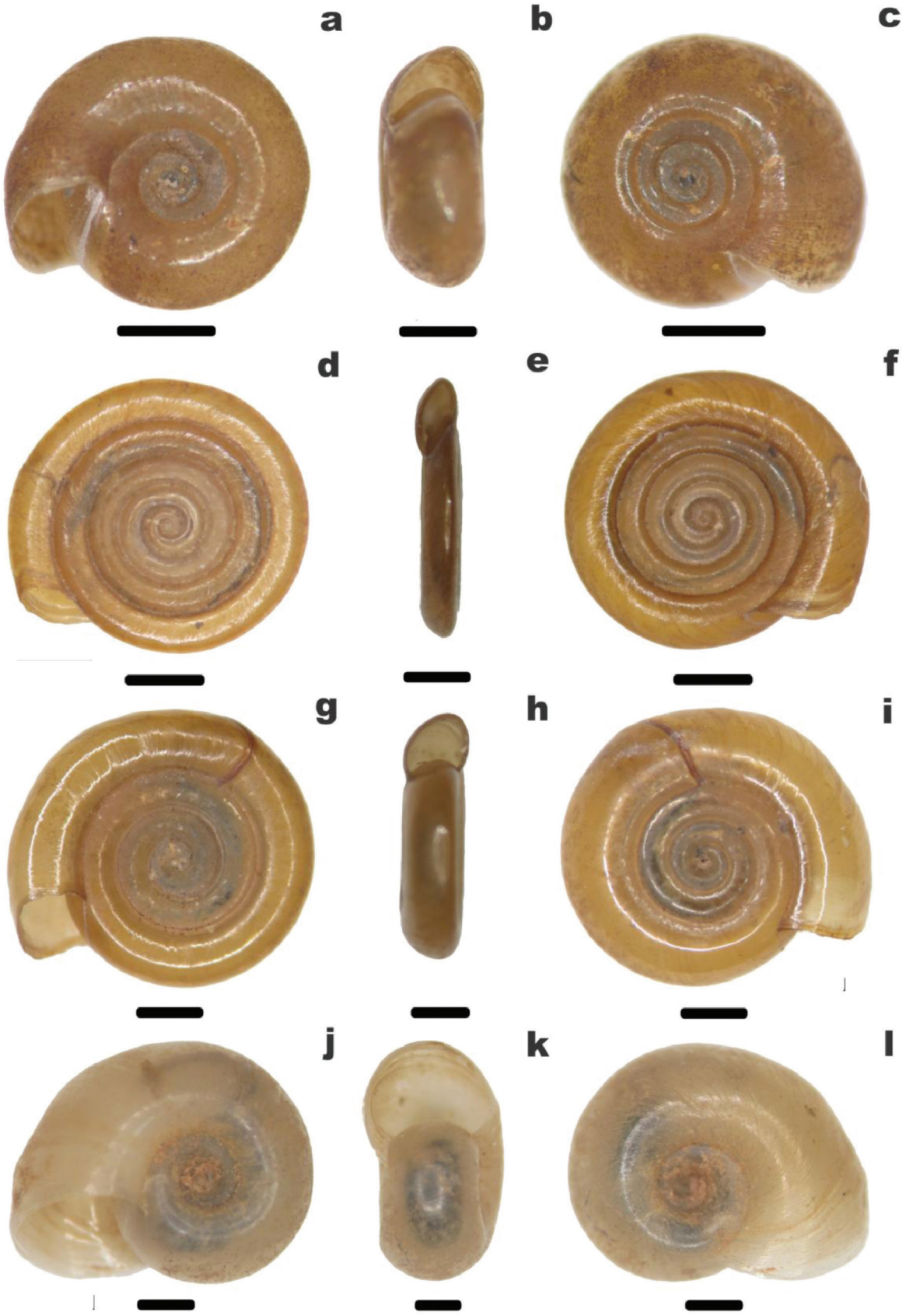


Figure 3. Gastropoda: Planorbidae. *Drepanotrema anatinum* (N.101.604): right lateral (a), ventral (b), and left lateral (c) views; *Drepanotrema cimex* (N.101.608): right lateral (d), ventral (e), and left lateral (f) views; *Drepanotrema lucidum* (N.101.611): right lateral (g), ventral (h), and left lateral (i) views; *Biomphalaria straminea* (N.101.617): right lateral (j), ventral (k), and left lateral (l) views. Scale: 1 mm.

figure 311), a species considered synonym of *D. lucidum* (Paraense 1975, 1983), because of the less-globose whorls and more-rounded lip. *Drepanotrema lucidum* is found throughout Brazil (Paraense 1975, Simone 2006), and has been recorded in other northeastern localities (Souza et al. 2010).

Measurement: CM-UFSM 101.611: d = 6 mm and l = 1.5 mm; d = 5.5 mm and l = 1.5 mm; d = 5 mm and l = 1.3 mm.

Occurrence: Live specimens were found at three sites (3, 16, 19), in streams with different substrates.

Genus *Biomphalaria* Preston, 1910

Biomphalaria straminea (Dunker, 1848)? (Figure 3j-l)

Material: 111 ex. and 14 c.: CM-UFSM 101.613 (Rio do Antônio, 14 ex., 4 c.); CM-UFSM 101.614 (Brumado, 16 ex., 2 c.); CM-UFSM 101.615 (Brumado, 3 ex., 4 c.); CM-UFSM 101.616 (Tanhaçu, 2 ex.); CM-UFSM 101.617 (Tanhaçu, 17 ex.); CM-UFSM 101.618 (Manoel Vitorino, 4 ex.); CM-UFSM 101.619 (Nova Canaã, 9 ex.); CM-UFSM 101.620 (Aiquara, 3 ex.); CM-UFSM 101.621 (Itagibá, 12 ex., 4 c.); CM-UFSM 101.622 (Aurelino Leal, 2 ex.); N.101.623 (Ilhéus, 30 ex.).

Remarks: Features such as the shell with globose whorls and slightly more convex to the left, with pronounced growth (each whorl grows ca. two times in relation to the anterior whorl), well-marked suture, especially to the left, and rounded periphery tending to the left, allow us to classify the specimens as *B. straminea*. In smaller specimens the whorls grow rapidly, so that both sides of the shell have a stronger lateral convexity and a more laterally elongated aperture than large-sized specimens. However, a well-marked carina is never present. Most specimens show orange color, but some are whitish; and have ferruginous deposits on the shell. The size of the Contas specimens is similar to that in other reports of *B. straminea* (Paraense et al. 1984, 8 to 9 mm; Tibiriçá 2006, 6 to 9 mm).

Measurement: CM-UFSM 101.623 d = 8.8 mm and l = 4 mm; d = 8.5 mm and l = 4 mm; d = 8.5 mm and l = 3.5 mm.

Occurrence: Specimens were found along almost the entire course of the river (1, 2, 4, 5, 6, 7, 11, 13, 18, 19, 20), in several environments, including rivers, streams, dams, ponds, and *açudes*.

Family ANCYLIDAE Basch, 1963

Genus *Gundlachia* Pfeiffer, 1849

Gundlachia radiata (Guilding, 1828)? (Figure 4a-e)

Material: 1 ex. and 2 c.: CM-UFSM 101.597 (Aiquara, 1 ex., 2 c.).

Remarks: The shells found are similar to the shell of *G. radiata* in the well-marked radial ornamentation over the entire teleoconch, and in the rounded, but not curved apex, which shows a slight depression (Figure 4a, c) (Santos 2003). This species was previously recorded from the Northeast (Lanzer 1996, Santos 2003). The inverted V-shaped anterior adductor muscle scar, typical of the species, was observed only in specimens found live (not shown in Figure 4b). However, the very centralized apex position observed in the Contas specimens is not common in *G. radiata* (Lanzer 1996, Santos 2003), making it difficult to classify them with confidence.

Measurement: CM-UFSM 101.597: l = 2.7 mm and w = 2 mm; l = 2.3 mm and w = 1.5 mm; l = 1.7 mm and w = 1.3 mm.

Occurrence: The species was found at only one site (13), in the main course of the Contas River, in the Atlantic Forest region.

Gundlachia ticaga (Marcus & Marcus, 1962) (Figure 4j-m)

Material: 14 ex. and 5 c.: CM-UFSM 101.596 (Aiquara, 3 ex., 5 c.); ZUCS-MOL 738 (Fiol 6 Tanhaçu, 6 ex.); ZUCS-MOL 741 (Fiol 5 Tanhaçu, 1 ex.); ZUCS-MOL 742 (Fiol 3 Brumado, 3 ex.); ZUCS-MOL 744 (Fiol 2 Brumado, 1 ex.).

Remarks: The absence of an apical depression (Figure 4j), the shape of the muscle scars, and the mantle pigmentation pattern (Figure 4m) indicate that the Contas specimens are *G. ticaga*. The shells do not show radial striae and are relatively high (Figure 4j, k), resembling some of the shell variations shown by Lacerda et al. (2011). The intensity of the mantle pigmentation is highly variable, and may be absent in the smallest specimens (Figure 4l); and the right anterior adductor muscle scar may be slightly almond-shaped. So far, *G. ticaga* has been recorded from the state of Rio Grande do Sul to Minas Gerais (Lanzer 1996).

Measurement: ZUCS-MOL 742: l = 2.5 mm and w = 1.5 mm; l = 2 mm and w = 1.5 mm; ZUCS-MOL 744: l = 1.8 mm and w = 1.2 mm.

Occurrence: The specimens of *G. ticaga* were found in the Atlantic Forest region (13, 14, 16, 20), mainly in silted streams.

Genus *Hebetancylus* Pilsbry, 1913

Hebetancylus moricandi (Orbigny, 1837) (Figure 4f-h)

Material: 26 ex. and 12 c.: CM-UFSM 101.591 (Jequié, 1 c.); CM-UFSM 101.592 (Jequié, 3 ex., 1 c.); CM-UFSM 101.593 (Aiquara, 14 ex., 10 c.); CM-UFSM 101.594 (Aiquara, 1 ex., 2 c.); CM-UFSM 101.595 (Aiquara, 2 ex.); ZUCS-MOL-739 (Itagibá, 3 ex.); ZUCS-MOL-740 (Rio do Antônio, 3 ex.)

Remarks: The strongly depressed shell, the obtuse and smooth apex with no depression (Figure 4i), located on the right side of the median line, the slightly arched shell ends (Figure 4f, g), the mantle pigmentation pattern (Figure 4h), as well as the rachidian teeth, high with a wide base and small cusps (not shown in the figure), are typical features of *H. moricandi* (Lanzer 1996, Santos 2003). This species has been found previously in the Northeast region (Lanzer 1996). The intensity and distribution of the mantle pigmentation, as well as the shape, can vary slightly.

Measurement: CM-UFSM 101.595: l = 11 mm and w = 5.5 mm; CM-UFSM 101.594: l = 7.5 mm and w = 4 mm; l = 7 mm and w = 4 mm.

Occurrence: This species was found in the Caatinga region (1), but was well distributed in the Atlantic Forest region (12, 13, 14, 15, 18), in silted streams and in a reservoir.

Family PISIDIIDAE Gray, 1857

Genus *Pisidium* Pfeiffer, 1821

Pisidium pulchellum (Orbigny, 1835)? (Figure 5a-i)

Material: 8 ex. and 4 v.: CM-UFSM 101.629 (Jequié, 2 ex., 2 v.); CM-UFSM 101.630 (Aiquara, 6 ex.; 2 v.)

Remarks: The shell shape of the Contas specimens (Figure 5a-d) is similar to that of the specimen of *P. pulchellum* (Orbigny, 1835) [=*Pisidium dorbignyi* Clessin, 1879] illustrated by Simone (2006, page 301 figure 1055). The shell is equilateral, with umbones displaced ca. 45% from the anterior end (*sensu* Ituarte 1996). The dorsal-anterior and the dorsal-posterior shell margins are slightly curved, forming an angle of 27° in relation to the commissure plane axis. The convexity of the anterior margin is marked in the median region, and the ventral margin is regularly convex. However, the maximum shell length (6.3 mm) and the indices of height (H/L) and convexity (W/H) (*sensu* Ituarte 1996) of 0.83 ± 0.06 and 1.40 ± 0.19 respectively, the narrow hinge, the shape of the cardinal and lateral form (Figure 5e-i), and the degree of the projection of the ligament to the shell exterior (Figure 5e) are similar to the corresponding features in *Pisidium sterkianum* Pilsbry, 1897. In fact, when Pilsbry (1897) described *P. sterkianum*, he commented that this species is very similar to *P. pulchellum*, differing from the latter in its larger

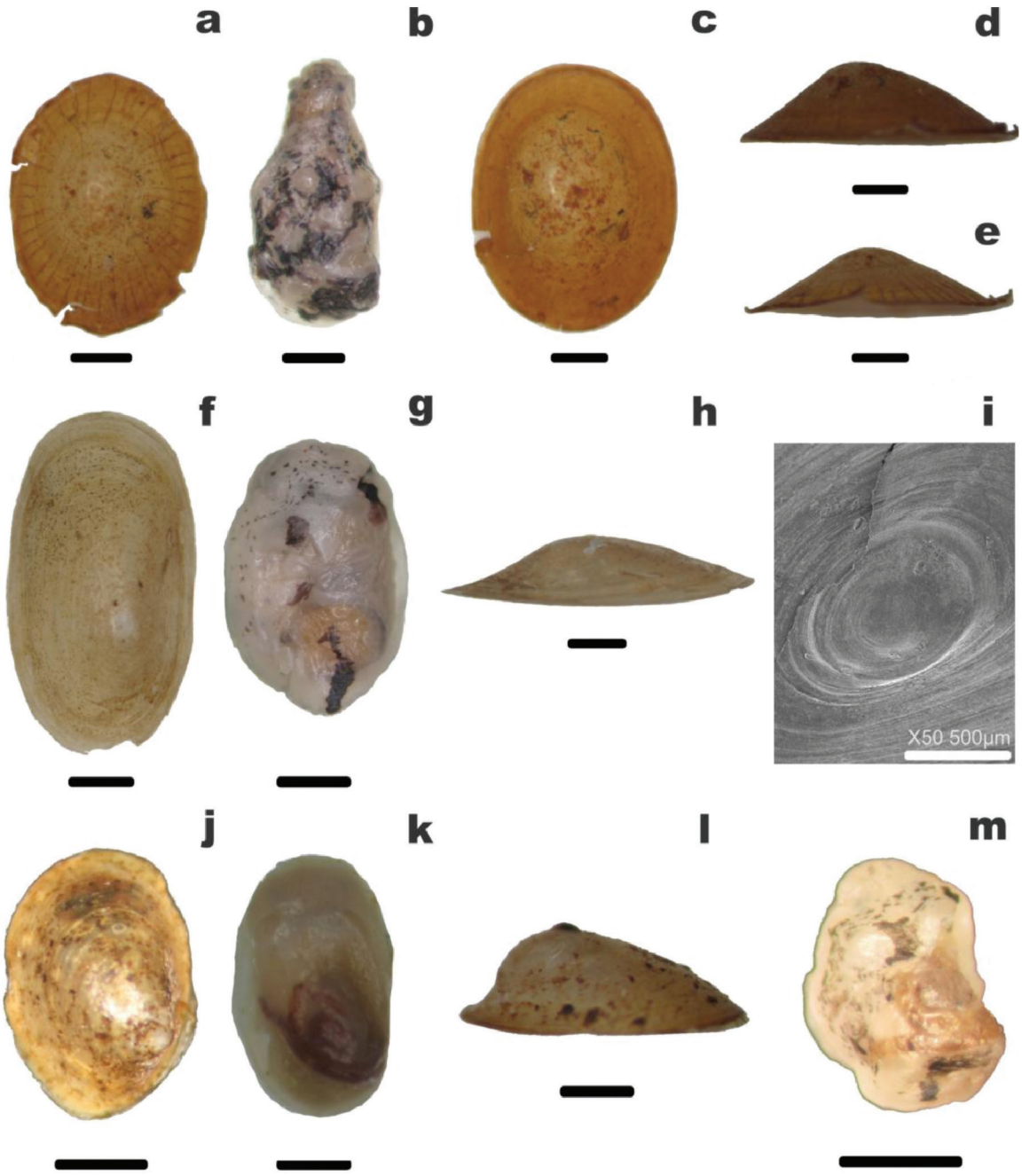


Figure 4. Gastropoda: Ancylidae. *Gundlachia radiata* (N.101.597): dorsal (a,c), lateral (d,e) and mantle (b) view; *Hebetancylus moricandi* (N.101.595): dorsal (f) and lateral (h) views, mantle dorsal view, showing pigmentation pattern (g) and detail of shell apex (i); *Gundlachia ticaga* (ZUCS-MOL 738): dorsal (j) and dorsal mantle (m) views, (N.101.596): lateral (k) and dorsal mantle (l) views. Scale: 0.5 mm (except f, g, h: 1 mm).

size and less-pronounced globosity. The illustration of the specimen by Simone (2006) does not allow one to clearly observe the shell globosity, as well as the hinge and the ligament, which seem to be different and stronger than those of the Contas specimens. Up to the present, the distribution of *P. sterkianum* is restricted to the Paraná and Amazonas basins, while *P. pulchellum* is recorded from the Northeast region (Simone 2006). Therefore, the Contas specimens were classified, but only tentatively, as *P. pulchellum*.

Measurement: CM-UFSM 101.630: l = 6.3 mm, h = 5.1 mm, w = 1.8 mm; CM-UFSM 101.629: l = 4.6 mm, h = 3.8 mm, w = 1.5 mm; l = 3.1 mm, h = 2.4 mm, w = 1.3 mm.

Occurrence: This species was found at two sites (12, 13) in the Atlantic Forest region.

Genus *Eupera* Bourguignat, 1854

Eupera simoni (Jousseaume, 1889)? (Figure 5j-r)

Material: 18 ex. and 13 v.: CM-UFSM 101.624 (Jequié, 10 ex., 9 v.); CM-UFSM 101.625 (Aiquara, 3 ex., 2 v.); CM-UFSM 101.626 (Itagibá, 1 ex.); CM-UFSM 101.627 (Aurelino Leal, 3 ex., 2 v.); CM-UFSM 101.628 (Ilhéus, 1 ex.).

Remarks: The Contas specimens have features of *Eupera klappenbachi* Mansur & Veiteinheimer, 1975, such as the length/

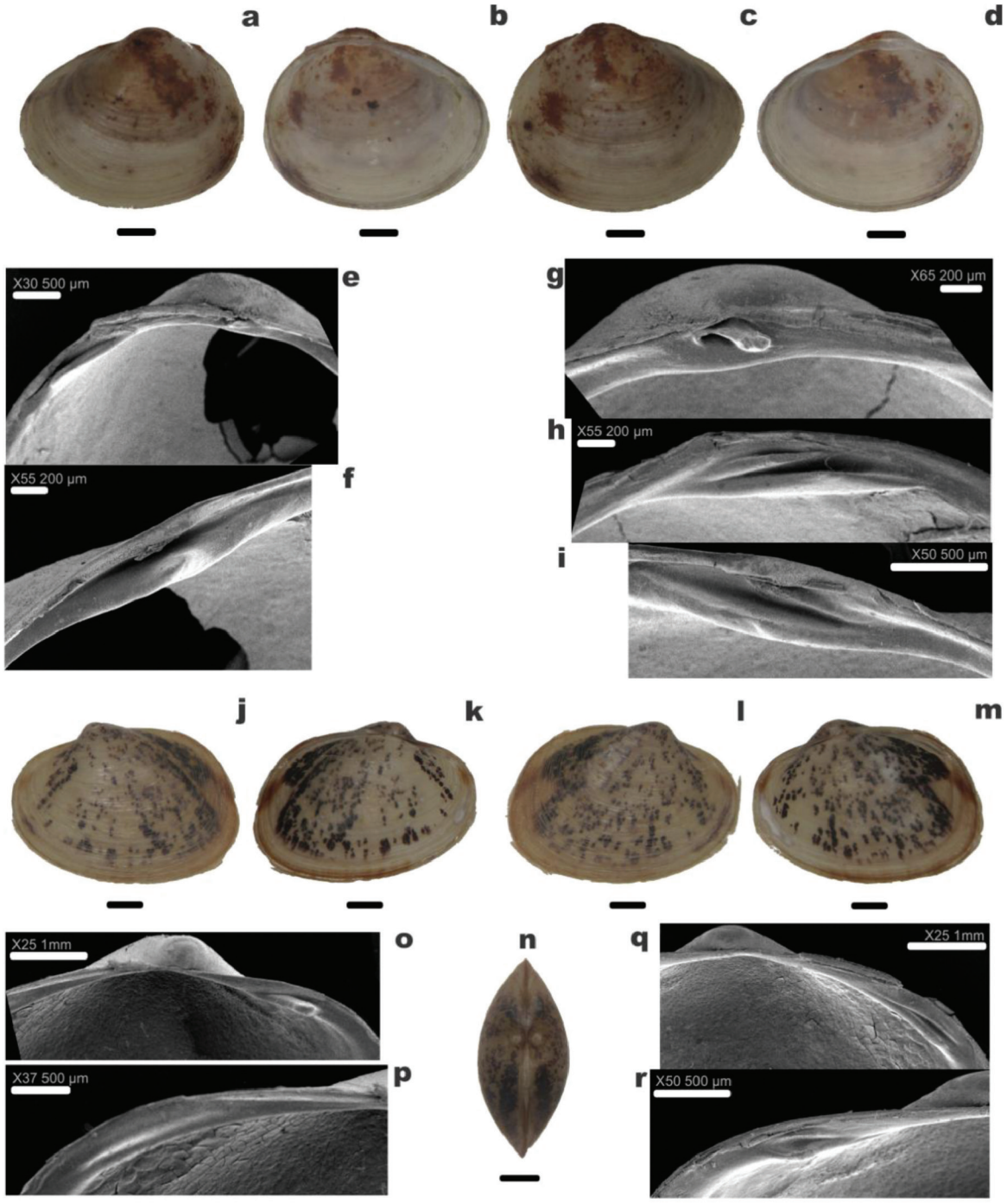


Figure 5. Bivalvia: Pisidiidae. *Pisidium pulchellum* (N.101.630): right valve, external (a) and internal (b) views; left valve, external (c) and internal (d) views (N. 101.630), detail of hinge (e) and of lateral (f) teeth of the right valve, detail of cardinal (g) and lateral teeth (h,i) of the left valve; *Eupera simoni* (N.101.624): left valve, external (j) and internal (k) views; right valve, external (l) and internal (m) views; dorsal view of closed valves (n) (N. 101.624) detail of the hinge (o) and posterior lateral teeth (p) of a left valve, detail of hinge (q) and anterior lateral teeth of the right valve (r). Scale: 1 mm.

height ratio (L/H = 1.26±0.07) and the position of the umbones (*sensu* Ituarte 1996), which are displaced ca. 40% from the anterior end. However, the length/height ratio is very different. The Contas specimens are strongly compressed (L/W = 2.89±0.64), whereas *E. klappenbachi* has a more inflated shell (Ituarte & Dreher-Mansur 1993). *Eupera klappenbachi* can also produce more embryos (24 to 62, Mansur & Veitenheimer 1975), while in one specimen studied, ca. 5 mm long, only 18 embryos were found. The shell of the Contas specimens is inequilateral and modioliform (Figure 5j-m), similar to the shell of *E. simoni*, according to the illustrations of Simone (2006, page 304, figure 1069), although some specimens of this species can be more equilateral (Pimpão & Mansur 2009, page 399, figure 10). The color pattern of the Contas specimens (Figure 5j-m) is similar to the pattern of *E. bahiensis* (Spix, 1827), a species that occurs in the Northeast region (Simone 2006, page 302, figure 1060), but shows a more equilateral shell shape. Further, the specimens studied are almost twice (8.8 mm) the size of *E. simoni* and *E. bahiensis*. The hinge and the cardinal teeth, which have been commonly used to

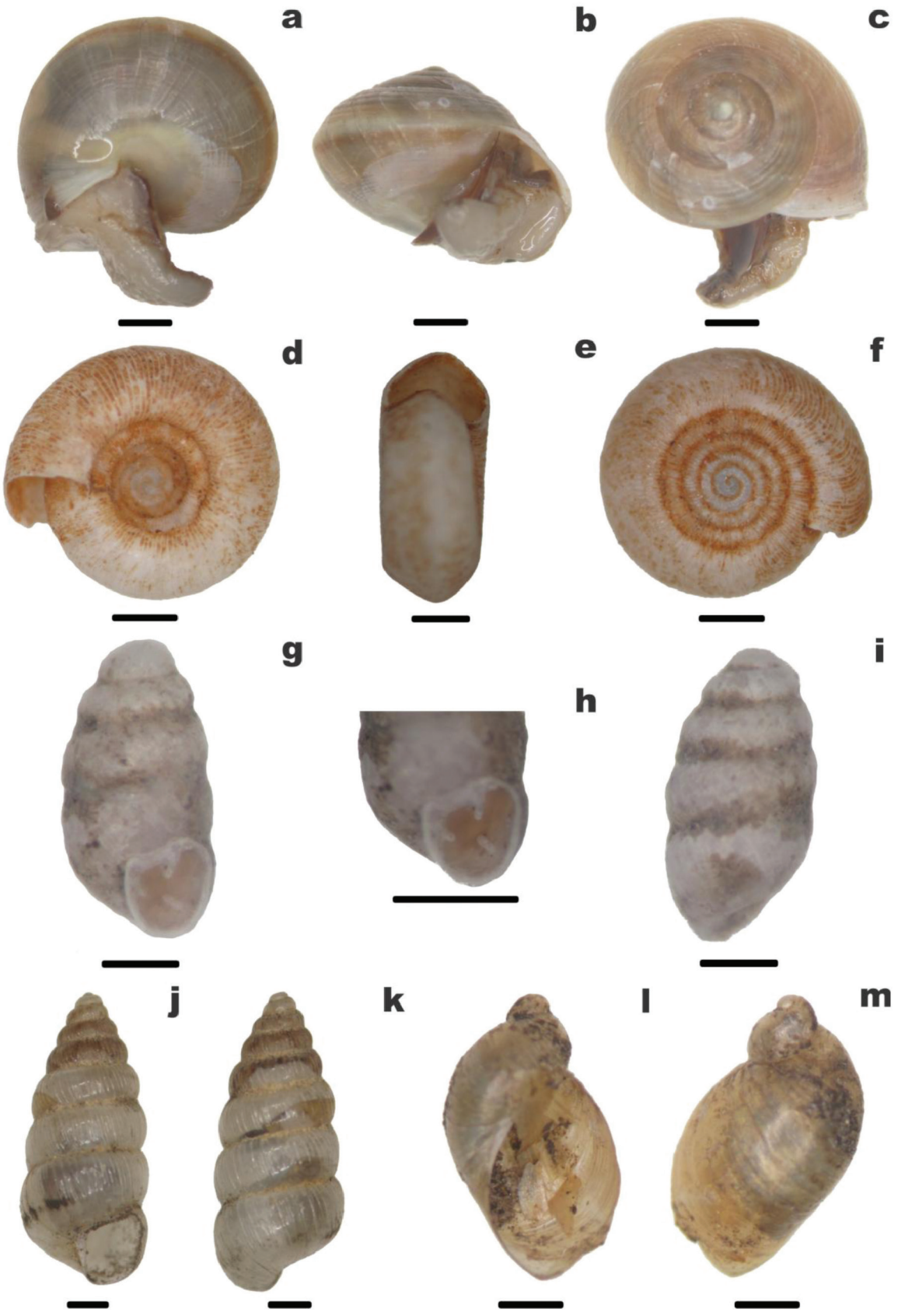


Figure 6. Gastropoda: Helicinidae, Systrophiidae, Vertiginidae, Subulinidae, and Succineidae. *Helicina angulata* (N.101.598): ventral (a), aperture (b), dorsal (c) views; Systrophiidae (N.101.601): right lateral (d), ventral (e), and left lateral (f) views; *Gastrocopta pellucida hordeacella*? (N.101.599): ventral view (g); aperture showing lamellae (h), dorsal view (i); *Beckianum beckianum* (N.101.600): ventral (j), and dorsal (k) views; *Succinea* sp. (N.101.602): ventral (l) and dorsal (m) views. Scale: 1 mm (except h: 0.5 mm).

Table 3. Distribution of mollusk species at the 20 sampling sites in the Contas River. Legend: (+) live specimens; (●) shell only; (+●) live specimens and shell.

Species	Sites																		
	Caatinga									Atlantic Forest									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
P. archimedis ?								+				+	+●		+	●				
M. tuberculata	+	+●		●	●	+		+●	+●	+●	+●	+●	+●	+●	+●	+●	+●	+●	+	+●
Littoridina sp.									+			+						+		
P. acuta								+●	+●			+●		+		+		+●		
D. anatinum	+											+●	+	+						
D. cimex	+															+●			+●	
D. lucidum			+													+●			+	
B. straminea?	+	+●		+●	+	+	+				+		+					+●	+	+
G. radiata													+●							
G. ticaga													+●	+		+				+
H. moricandi	+				+		+		+			+●	+●	+●	+					
P. pulchellum?												+●	+●							
E. simoni?												+●	+●					+	+●	+

characterize the species of *Eupera*, are little developed in the Contas specimens (Figure 5o-r), and almost invisible (Figure 5o, q). Thus, the Contas specimens are most similar to *E. simoni*. However, the scarcity of studies on *E. simoni*, as well as many other species of Brazilian *Eupera,* prohibits a definitive classification.

Measurement: CM-UFSM 101.624: l = 8.8 mm, h = 6.5 mm, w = 4.2 mm; l = 6.3 mm, h = 5.1 mm, w = 2.9 mm; l = 6 mm, h = 4.9 mm, w = 2.6 mm.

Occurrence: The species was found at sites in the Atlantic Forest region (12, 13, 18, 19, 20), in lotic environments, with sandy and stony substrates.

Terrestrial gastropods

Family HELICINIDAE Férussac, 1822

Genus *Helicina* Lamarck, 1799

Helicina angulata Sowerby, 1873 (Figure 6a-c)

Material: One ex.: CM-UFSM 101.598 (Aiquara, 1 ex.).

Remarks: The darker color band below the shell margin, the pronounced angular external lip, as well as the aperture width, are features of *H. angulata*, a species previously recorded for the state of Bahia, with a diameter reaching 6-7 mm (Simone 2006). The only specimen found in the Contas River was collected live, and lacks the thick lip (Figure 6a) typical of this species, which indicates that this specimen had not reached the maximum size of the species.

Measurement: CM-UFSM 101.598: h = 5 mm and w = 7.5 mm.

Occurrence: The specimen was found in the main course of the Contas River (13), in the Atlantic Forest region.

Family VERTIGINIDAE Fitzinger, 1833

Genus *Gastrocopta* Wollaston, 1878

Gastrocopta pellucida hordeacella Pilsbry, 1890? (Figure 6g-i)

Material: Two shells. CM-UFSM 101.599 (Itagibá, 2 c.).

Remarks: The general features of the shell, especially the number of whorls and the lamellae of the shell aperture are similar to those of the specimen of *Gastrocopta pellucida hordeacella* Pilsbry, 1890 illustrated by Simone (2006, page 116, figure 350). However, the lamellae in the Contas specimens are less developed (Figure 6h). This difference, and also because *G. pellucida hordeacella* has been recorded in Brazil only in the Fernando de Noronha Archipelago (Simone 2006), the attribution of these specimens is doubtful.

Measurement: CM-UFSM 101.599: h = 2.5 mm and w = 1.5 mm; h = 2 mm and w = 1 mm.

Occurrence: The shells were found in rivers (16, 18) in the Atlantic Forest region.

Family SUBULINIDAE Fischer & Crosse, 1877

Genus *Beckianum* Baker, 1961

Beckianum beckianum (Pfeiffer, 1846) (Figure 6j, k)

Material: One shell: CM-UFSM 101.600 (Rio do Antônio, 1 c.).

Remarks: The number of spire whorls, the aperture shape, and the ornamentation indicate that the shell found is *Beckianum beckianum* (Pfeiffer, 1846). According to Simone (2006, page 187, figure 685) and Almeida & Mota (2011), this species occurs from São Paulo state to northern Brazil.

Measurement: CM-UFSM 101.600: h = 7 mm and w = 3 mm.

Occurrence: The shell was found in one '*açude'* (1) in the Caatinga region.

Family SYSTROPHIIDAE Thiele, 1926

Gen. et sp. indet. (Figure 6d-f)

Description: Shell planispiral, reaching 4.3 mm in diameter and 1.8 mm in width; constituted by six whorls that gradually increase in diameter. Each whorl laterally encompasses the anterior whorl, more to the right than to the left. Right side strongly planar; left side deeply concave, forming a conical surface. Sutures moderately marked on the right side, deeply marked on the left side by a ferruginous line. Whorls flattened on both right and left sides, forming a low angle at the shell periphery. Periphery rounded. Aperture narrow, sickle-shaped, with both sides slightly asymmetrical, with a stronger curvature on the left end. Concentric ornamentation, constituted by low, regularly spaced lamellae. Color whitish.

Material: One shell: CM-UFSM 101.601 (Brumado, 1 c.).

Remarks: The concentric, lamellar and irregular ornamentation, the well-calcified and especially the symmetrical planispiral shell shape indicate that this shell is a species of Systrophiidae.

Measurement: CM-UFSM 101.601: d = 4.3 mm and w = 1.8 mm.

Occurrence: The shell was found in a stream (3) with riparian vegetation, in the Caatinga region.

Family SUCCINEIDAE Beck, 1837

Genus *Succinea* Draparnaud, 1801

Succinea sp. (Figure 6l, m)

Description: Shell dextral and very thin, 4.2 mm long and approximately 2.5 mm wide. Spire low, constituted by two whorls. Body whorl large. Aperture wide and vertically elongated. Growth lines well marked. Shell color yellow and translucent.

Material: One shell: N.101.602 (Aiquara, 1 c.).

Remarks: The shells of *Succinea* species recorded in Brazil are very similar, and it is not possible to distinguish the species based on their features.

Measurement: N.101.602: h = 4.2 mm and w = 2.5 mm.

Occurrence: The shell was found in a stream (3) with riparian vegetation, in the Caatinga region.

2. *Distribution*

All the specimens of freshwater mollusks found in the Contas River basin were recorded in the Atlantic Forest region, and most, but not all, also in the Caatinga region (Table 2). The invasive species *M. tuberculata* was dominant (68.5%) and most frequent, occurring at 90% of the sampling sites (Table 3). *Biomphalaria straminea* and *P. acuta* were also well represented numerically, with specimens found at 55% and 30% of the sampling sites, respectively. Only *M. tuberculata* and *B. straminea* were well distributed in both biomes. The occurrence of the bivalves (*Eupera simoni*? and *P. pulchellum*?) was limited to the Atlantic Forest region, and the ancylids and *P. archimedis*? were found predominantly in this biome. Among the terrestrial gastropods, only the unidentified systrophiid was recorded in the Caatinga region.

Discussion

Live freshwater mollusks were found at more than 80% of the sampling sites along the Contas River, and represented 13 species. Records of wide distribution of mollusk communities along rivers, as recorded in the present study, are rare in studies of macroinvertebrates conducted in many Brazilian regions, especially when the studies use a Surber sampler. In these cases, the malacofauna is generally undersampled, and the records indicate a much localized occurrence (e.g., Ligeiro et al. 2010, Hepp et al. 2010). Thus, the use of an inappropriate sampler to collect mollusks seems to not have affected knowledge of the diversity of the Contas River malacofauna. The results obtained in this study also concord with the findings of the few available studies on the macroinvertebrate communities of semiarid rivers in the Brazilian Northeast region, in which insects are the most diversified and abundant group, but mollusks are also frequent, with some dominant taxa such as the invasive *M. tuberculata* (Maltchik 1999, Callisto et al. 2005, Andrade et al. 2008, Calazans et al. 2009, Santana et al. 2009). On the other hand, it should be expected that mollusk richness in tropical semiarid regions, where the dry period is prolonged and creates adverse conditions for the freshwater malacofauna, will be smaller than the mollusk richness in regions with more permanent waterbodies. However, the richness of the mollusk community recorded in the Contas River is not very different from levels reported in temperate intermittent rivers of many regions of the world, where the number of species ranges from 7 to 20 (e.g., Cheatum & Allen 1963, Murphy 2012, Pérez-Quintero 2012, De Francesco & Hassan 2013), including southern Brazil (e.g., Pereira et al. 2001, 2011).

The presence of a relatively diversified and well-distributed malacofauna in the Contas River is related to the predominance of pulmonate gastropods. These mollusks have a high capacity to tolerate oxygen scarcity, and they are also more tolerant to extreme variations of temperature than are most prosobranchs (McMahon 1983, Brown et al. 1998). The pulmonates *P. acuta* and *B. straminea* have been recorded in lentic environments with low oxygen concentration in many parts of Brazil (Martins-Silva & Barros 2001, Vidigal et al. 2005, Tibiriçá 2006, Santos et al. 2012) and in nearby countries (Rumi & Hamann 1990, De Francesco & Hassan 2009). Among the Brazilian species of *Biomphalaria*, *B. straminea* is the best adapted to dry climates (Paraense 1977). Besides, *P. acuta* and *B. straminea* are monoecious and capable of self-fertilization under unfavorable environmental conditions (Jarne et al. 2000), an important feature for reestablishing their populations after prolonged droughts (Otermin et al. 2002). Other pulmonates found in the Contas basin (*Drepanotrema* and Ancylidae), although not widely distributed in the river, have also been recorded in lentic environments, with weak water current and prone to drying (Bonetto et al. 1982, Lanzer 1996, Abílio et al. 2006). Studies on some species of *Drepanotrema* show that they are also capable of tolerating dry and anoxic periods (Teles & Marques 1989).

Melanoides tuberculata, the most abundant and well-distributed species in the Contas basin, is a non-pulmonate gastropod (prosobranch) that occurs in both lentic and lotic environments (Giovanelli et al. 2005). Several features allow this invasive species to dominate, including the capability of aestivating (Abílio et al. 2007), tolerance to low dissolved-oxygen concentrations, high temperatures (Mitchell & Brandt 2005), and brackish and saline waters, and also because it can reproduce parthenogenetically (see references in Santos et al. 2012). The dominance of *M. tuberculata* in rivers and reservoirs of semiarid regions in northeastern Brazil has been mentioned in the literature (e.g., Abílio et al. 2006, Santana et al. 2009, Lima et al. 2013). *Melanoides tuberculata* is also considered to be responsible for the decline or extirpation of some native Brazilian species, such as members of *Biomphalaria* and *Pomacea* (see references and discussion in Vidigal et al. 2005). Populations of *M. tuberculata* found in the Northeast region can decline in rainy periods (Giovanelli et al. 2005, Abílio et al. 2006). Therefore, the Contas River populations are likely to be more numerous, and are probably causing the decline of the populations of other mollusks.

In general, many species found in the Contas River are able to survive in both lentic and lotic settings, but are more common in the former, such as species of Planorbidae, Physidae (Bonetto et al. 1982), Ancylidae (Tietze & De Francesco 2010) and Ampullaridae (Martín et al. 2001). Thus, many of the specimens found in this study could have been carried in from lentic marginal environments (e.g., small açudes) or from terrestrial environments into the river, during the rainy period that preceded the sampling. This process has been reported for species of *Biomphalaria* and *Pomacea* in other parts of the country (Chieffi & Moretti 1979, Martello et al. 2006). The accidental presence of terrestrial gastropods in the rivers studied supports this supposition.

The small size reached by many species found in the region, in relation to those reached in other Brazilian regions (see Systematics), also reflects the intermittent character of the Contas River basin. Macroinvertebrate species commonly mature more rapidly under adverse conditions (Resh et al. 2012). Specimens of many macroinvertebrate species that grow to less than their potential maximum size have been recorded in other river basins in semiarid regions (Diáz et al. 2008, Santana et al. 2009). Small specimens of *M. tuberculata* were also identified in a previous study conducted in a semiarid river in the Brazilian Northeast (Santos & Eskinazi-Sant'Anna 2010).

The higher richness of species recorded in the lower course of the Contas River is likely related to the climatic differences between the

Caatinga and Atlantic Forest biomes. In the Atlantic Forest, the annual precipitation is higher than in the Caatinga (Secretaria… 1993), allowing greater flow in the lower course, and consequently a more permanent hydroperiod (Silveira et al. 2006). These conditions favor the presence of bivalves, which are filter feeders and also depend on well-oxygenated waters to survive (Vaughn 2005). The bivalves *P. pulchellum*? and *E. simoni*? were found exclusively in the Atlantic Forest region, although species of Pisidiidae can also tolerate exposure to air (McMahon & Bogan 2001). On the other hand, a permanent hydroperiod also allows the populations of macrophytes to increase, which is an important driver for mollusks such as Ampullaridae (Veitenheimer-Mendes et al. 1992, Pfeifer & Pitoni 2003) and *Eupera* (Mansur & Valer 1992). Many members of Ancylidae commonly live on macrophytes. *Gundlachia ticaga*, which was found only in the lower course of the river, occurs in lentic environments, on stems and leaves of aquatic plants (Lanzer & Veitenheimer-Mendes 1985). The high diversity of macroinvertebrates in macrophyte stands along the river margins in the Northeast region was previously mentioned by Santana et al. (2009). The failure to record unionoid bivalves in the Contas River may be a consequence of the Surber sampler used. Freshwater mussels usually reach a large size (ca. 6 cm) and are burrowers. However, as they are very sensitive to prolonged droughts (Johnson et al. 2001), it is possible that they are rare or do not occur in the basin, although many unionoids have been recorded elsewhere in the Northeast (Jaeckel 1952, Simone 2006).

In the Caatinga, the mean air temperature is higher and the annual cumulative precipitation is lower than in the Atlantic Forest. These conditions may have made the upper course less favorable for the mollusks, because many stretches of the river may dry, reducing the survival of many species. The scarcity of water can also reduce the development of macrophytes. Thus, the occurrence of *M. tuberculata* and *B. straminea* in the Caatinga region can be explained by their tolerance to dry periods. Species of *Pomacea* and Ancylidae can also tolerate water and oxygen scarcity (Castellanos & Fernández 1976, Fernández 1981), explaining the occurrence of *P. archimedis*? and *H. moricandi* in the upper course of the river.

Conclusions

The results obtained in this study illustrate the need for further investigations of the rivers of the Brazilian semiarid regions. Although many watercourses are intermittent, the malacofauna found in the Contas River basin is diversified, and constituted mainly by pulmonate gastropods. However, this intermittent hydroperiod is unfavorable for mollusk survival, because most of the specimens collected had smaller body sizes than in populations of the same species in wetter regions, and because they are more abundant in the Atlantic Forest part of this basin. Morphological and anatomical features observed in certain species demonstrate that mollusk populations in the Northeast can show intra-specific differences from those in other Brazilian regions. Some species with doubtful identifications, after further study, might be considered new species. The dominance and wide distribution of *Melanoides tuberculata* along the entire Contas River show that public administrators must give special attention to Brazilian semiarid regions. This species is a vector of human disease in other regions of the world (Pinto & Melo 2011), and also competes with native species, reducing their populations.

Acknowledgements

Special thanks to Dr. Marcia R. Spies for sampling and providing the malacological material, Dr. Rosane M. Lanzer for identifying Ancylidae, Dr. Fernando Erthal for producing the photographs in the scanning electron microscope, Dr. Janet Read for reviewing the English version and the Electrical Engineering student Renan R. Duarte for his assistance with the production and editing of the images.

References

ABÍLIO, F.J.P., FONSECA-GESSNER, A.A., LEITE, R.L. & RUFFO, T.L.M. 2006. Gastrópodes e outros invertebrados do sedimento e associados à macrófita *Eichhornia crassipes* de um açude hipertrófico do semi-árido paraibano. Rev. Biol. Cienc. Terra. 1:165-175.

ABÍLIO, F.J.P., RUFFO, T.L.M., SOUZA, A.H.F.F., OLIVEIRA JUNIOR, E.T., MEIRELES, B.N. & SANTANA, A.C.D. 2007. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade ambiental de corpos aquáticos da Caatinga. Oecol. Bras. 11(3):397-409. http://dx.doi.org/10.4257/oeco.2007.1103.09

ALELUIA, F.T.F., JESUS, S.B., JESUS, T.B., AGUIAR, W.M. & CALAZANS, P.A. 2009. Variações espaços-temporais de *Melanoides tuberculata* (Miller, 1774) no médio curso do Rio de Contas – Ipiaê – Bahia. In Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil. São Lourenço.

ALMEIDA, M.N. & MOTA, G.G. 2011. Ecologia, reprodução e crescimento da concha de *Beckianum beckianum* Pfeiffer, 1846 (Pulmonata, Subulinidae) em condições naturais. Rev. Biol. Farm. 6(1):75-85.

ANDRADE, H.T.A, SANTIAGO, A.S. & MEDEIROS, J.F. 2008. Estrutura da comunidade de invertebrados bentônicos com enfoque nos insetos aquáticos do Rio Piranhas-Assu, Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. EntomoBrasilis. 1(3):51-56.

BONETTO, A.A., BECHARA, J.A. & TASSARA, M.P. 1982. Los moluscos de la familia Planorbidae en el area del Rio Paraná Medio. Physis. 41(100):1-6.

BRANDT, R.A. 1974. The non-marine aquatic Mollusca of Thailand. Archiv für Molluskenkunde 105(1-4):1-423.

BROWN, K.M., ALEXANDER, J.E. & THORP, J.H. 1998. Differences in the ecology and distribution of lotic pulmonate and prosobranch gastropods. Am. Malacol. Bull. 14:91-101.

CALAZANS, P.A., ALELUIA, F.T.F., JESUS, S.B., JESUS, T.B. & AGUIAR, W.M. 2009. Caracterização preliminar da comunidade de macroinvertebrados bentônicos no médio curso do Rio de Contas – Ipiaê – Bahia. In Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil. Sociedade de Ecologia do Brasil, São Lourenço, p.1-4.

CALLISTO, M., GOULART, M., BARBOSA, F.A.R. & ROCHA, O. 2005. Biodiversity assessment of benthic macroinvertebrates along a reservoir cascade in the Lower São Francisco River (Northeastern Brazil). Braz. J. Biol. 65(2):229-240. PMid:16097725. http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842005000200006

CAMPOS, E.V.M. 2002. O Assoreamaneto do baixo curso do rio de Contas: uma abordagem hidráulica e sedimentológica. Dissertação de mestrado, Universidade Federal da Bahia, Bahia.

CASTELLANOS, Z.J.A. & FERNÁNDEZ, D. 1976. Moluscos Gasteropodos Ampullariidae. In Fauna de agua dulce de la República Argentina (R.A. Ringuelet, ed.). FECIC, Buenos Aires, v.15, n.1, p.33.

CAZZANIGA, N.J. 2002. Old species and new concepts in the taxonomy of *Pomacea* (Gastropoda: Ampullariidae). Biocell 26:71-81. PMid:12058383.

CENTRO DE PLANEJAMENTO DA BAHIA - CEPLAB. 1979. Recursos Naturais: Bacias Hidrográficas do Estado da Bahia. CEPLAB, 89p.

CHIEFFI, P.P. & MORETTI, I.G. 1979. Flutuação mensal na densidade de populações malacológicas em criadouro natural do município de Londrina, Estado do Paraná, Brasil. Rev. Inst. Adolfo Lutz 39(1):45-50.

CHEATUM, E.P. & ALLEN, D. 1963. An Ecological Comparison of the Ben Franklin and Clear Creek Local Molluscan Fauna in Texas. J. Grad. Res. Center. 31(3):132-138.

COLLE, A.C. & CALLIL, C.T. 2012. Environmental influences on the composition and structure of the freshwater mussels in shallow lakes in the Cuiabá River floodplain. Braz. J. Biol. 72(2):249-256. PMid:22735131. http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842012000200004

COWIE, R.H. & THIENGO, S.C. 2003. The apple snails of the Americas (Mollusca: Gastropoda: Ampullariidae: *Asolene, Felipponea, Marisa, Pomacea, Pomella*): a nomenclatural and type catalog. Malacologia. 45:41-100.

DARRIGRAN, G. & DAMBORENEA, C. 2009. Introdução à Biologia das Invasões. O mexilhão dourado na América do Sul: biologia, dispersão, impacto, prevenção e controle. São Carlos: Cubo multimídia. 260 p.

DE FRANCESCO, C.G. & HASSAN, G.S. 2009. The significance of molluscs as paleoecological indicators of freshwater systems in central-western Argentina. Palaeogeogr. Palaeocl. 274:105-113. http://dx.doi.org/10.1016/j.palaeo.2009.01.003

DE FRANCESCO, C.G. & HASSAN, G.S. 2013. Stable isotope composition of freshwater mollusk shells from Central-Western Argentina. Rev. Bras. Paleontol. 16(2):213-224.

DIÁZ, A.M., ALONSO, M.L.S. & GUTIÉRREZ, M.R.V. 2008. Biological traits of stream macroinvertebrates from a semi-arid catchment: patterns along complex environmental gradients. Freshwater Biol. 53:1-21.

DUDGEON, D., ARTHINGTON, A.H., GESSNER, M.O., KAWABATA, Z.I., KNOWLER, D.J., LÉVÊQUE, C., NAIMAN, R.J., PRIEUR-RICHARD, A.H., SOTO, D., STIASSNY, M.L.J. & SULLIVAN, C.A. 2006. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. Biol. Rev. 81:163-182. PMid:16336747. http://dx.doi.org/10.1017/S1464793105006950

FERNÁNDEZ, D. 1981. Mollusca Gasteropoda Ancylidae. In Ringuelet, R.A. (Ed.). Fauna de agua dulce de La República Argentina. Fund. Educ. Cienc. Cult., 17(7):100-109.

FERNANDEZ, M.L.A. 2011. Variação espaço-temporal da malacofauna límnica em dois reservatórios no Rio Tocantins, com ênfase na transmissão da esquistossomose, no período entre junho de 2004 e outubro de 2010. Tese de doutorado, Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro.

FERNANDEZ, M.L.A., SANTOS, S.B., MIYAHIRA, I.C., GONÇALVES, I.C.B., XIMENES, R.F. & THIENGO, S.C. 2012. Gastrópodes límnicos invasores: morfologia comparada. In Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle (M.C.D. Mansur, C.P. Santos, D. Pereira, I.C.P. Paz, M.L.L. Zurita, M.T.R. Rodriguez, M.V. Nehrke & P.E.A. Bergonci). Redes Editora, Porto Alegre, 412p.

FRANÇA, R.S., SURIANI, A.L. & ROCHA, O. 2007. Composição das espécies de moluscos bentônicos nos reservatórios do baixo rio Tietê (São Paulo, Brasil) com uma avaliação do impacto causado pelas espécies exóticas invasoras. Rev. Bras. Zool. 24(1):41-51. http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752007000100005

GIOVANELLI, A., SILVA, C.L.P.A.C., LEAL, G.B.E. & BAPTISTA, D.F. 2005. Habitat preference of freshwater snails in relation to environmental factors and the presence of the competitor snail *Melanoides tuberculatus* (Müller, 1774). Mem. Inst. Oswaldo Cruz. 100(2):169-176. PMid:16021304. http://dx.doi.org/10.1590/S0074-02762005000200010

HEPP, L.U., MILESI, S.V., BIASI, C. & RESTELLO, R.M. 2010. Effects of agricultural and urban impacts on macroinvertebrates assemblages in streams (Rio Grande do Sul, Brazil). Zool. 27(1):106-113.

ITUARTE C.F. 1996. Argentine species of *Pisidium* Pfeiffer, 1821, and *Musculium* Link, 1807 (Bivalvia: Sphaeriidae). Veliger. 39(3):189-203.

ITUARTE, C.F. & DREHER-MANSUR, M.C. 1993. *Eupera elliptica n. sp*., una nueva especie en el río Iguazú, Missiones, Argentina. Neotrop. 39(1):11-16.

JAECKEL, S. 1952. Short review of Land - and Freshwater Molluscs of the North - East States of Brazil. Dusenia 3(1):1-10.

JARNE, P., PERDIEU, M.A., PERNOT, A.F., DELAY, B. & DAVID, P. 2000. The infuence of self-fertilization and grouping on fitness attributes in the freshwater snail *Physa acuta*: population and individual inbreeding depression. J. Evolution. Biol. 13:645-655. http://dx.doi.org/10.1046/j.1420-9101.2000.00204.x

JESUS, A.J.S., COSTA, T.C.P.N. & CAMARGO, M. 2007. Registros de moluscos Gastropoda no médio rio Xingu – Pará. Uakari. 3(1):96-103.

JOHNSON, P.M., LINER, A.E., GOLLADAY, S.W. & MICHENER, W.K. 2001. Effects of drought on freshwater mussels and instream habitat in Coastal Plain tributaries of the Flint River, southwest Georgia(July-October, 2000). Final Report Presented to The Nature Conservancy. Apalachicola River and Bay Project, 2001 p.

LACERDA, L.E.M., MIYAHIRA, I.C. & SANTOS, S.B. 2011. Shell morphology of the freshwater snail *Gundlachia ticaga* (Gastropoda: Ancylidae) from four sites in Ilha Grande, southeastern Brazil. Zool. 28(3):334-342.

LANZER, R.M. 1996. Ancylidae (Gastropoda, Basommatophora) na América do Sul: sistemática e distribuição. Rev. Bras. Zool. 13(1):175-210. http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81751996000100018

LANZER, R.M. & VEITENHEIMER-MENDES, I.L. 1985. Aspectos morfológicos e biológicos de uma população de G. concentrica (Orbigny, 1835) (Mollusca: Ancylidae) de um açude do sul do Brasil. Iheringia, Série Zoologia 65:41-56.

LEAL, I.R., TABARELLI, M. & SILVA, J.M.C. 2003. Ecologia e Conservação da Caatinga. Ed. Universitária da UFPE, Recife, 822p.

LIGEIRO, R., MELO, A.S. & CALLISTO, M. 2010. Spatial scale and the diversity of macroinvertebrates in a Neotropical catchment. Freshwater Biol. 55:424-435. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02291.x

LIMA, L.F.O., BRASIL, B.I.A.L. & MARTINS-SILVA, M.J. 2013. *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774): Northeastern dispersal in the São Francisco Basin, Brazil. Check List. 9(1):162-164.

LYDEARD, C., COWIE, R.H., PONDER, W.F., BOGAN, A.E., BOUCHET, P., CLARK, S., CUMMINGS, K.S., FREST, T.J., GARGOMINY, O., HERBERT, D.G., HERSHLER, R., PEREZ, K., ROTH, B., SEDDON, M., STRONG, E.E. & THOMPSON, F.G. 2004. The global decline of nonmarine mollusks. BioScience 54(4):321-330. http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054[0321:TGDONM]2.0.CO;2

MALTCHIK, L. 1999. Ecologia de rios intermitentes tropicais. In Perspectivas na Limnologia do Brasil (M.L.M. Pompêo, ed.). Gráfica e Editora União, São Luis.

MANSUR, M.C.D. & VALER, R.M. 1992. Moluscos bivalves do Rio Uraricoera e Rio Branco, Roraima, Brasil. Amazoniana. 12(1):85-100.

MANSUR, M.C.D. & VEITENHEIMER, I.L. 1975. Nova espécie de *Eupera* (Bivalvia: Sphaeridae) e primeiros estudos anatômicos dentro do gênero. Iheringia, Ser. Zool. 47:23-46.

MANSUR, M.C.D., HEYDRICH, I., PEREIRA, D., RICHINITTI, L.M.Z., TARASCONI, J.C. & RIOS, E.C. 2003. Moluscos. In Livro vermelho da fauna ameaçada de extinção no Rio Grande do Sul. (C.S. Fontana, G.A. Benck & R.E. Reis, eds.). EdiPUCRS, Porto Alegre, 632p.

MARTELLO, A.R., KOTZIAN, C.B. & SIMÕES, M.G. 2006. Quantitative fidelity of recent freshwater mollusk assemblages from the Touro Passo River, Rio Grande do Sul, Brazil. Iheringia, Ser. Zool. 96(4):453-465.

MARTÍN, P.R, ESTEBENET, A.L. & CAZZANIGA, N.J. 2001. Factors affecting the distribution of *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae) along its southernmost natural limit. J. Malacologia. 43(1-2):13-23.

MARTÍN, S.M. & NEGRETE, L.H.L. 2007. Radular ultrastructure of South American Ampullariidae (Gastropoda: Prosobranchia). Braz. J. Biol. 67(4):721-726. PMid:18278326. http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842007000400019

MARTINS-SILVA, M.J. & BARROS, M. 2001. Ocurrence and distribution of fresh-water molluscs in the Riacho Fundo Creek Basin, Brasília, Brazil. Rev. Biol. Trop. 49(3-4):865-870. PMid:12189816.

McMAHON, R.F. 1983. Physiological ecology of freshwater pulmonates. In The mollusca. (W.D. Russell-Hunter, ed.). Academnic Press, Orlando, p.359-430.

McMAHON, R.F. & BOGAN, A.E. 2001. Mollusca: Bivalvia. In Thorp, J.H. & Covich, A.P. Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates. Academic Press. http://dx.doi.org/10.1016/B978-012690647-9/50012-0

MITCHELL, A.J. & BRANDT, T. 2005. Temperature tolerance of the red-rim melania *Melanoides tuberculatus*, an exotic aquatic snail established in the United States. T. Am. Fish. Soc. 134:126-131. http://dx.doi.org/10.1577/FT03-178.1

MURPHY, M.J. 2012. A field survey of the molluscs of the Pilliga Scrub in semi-arid inland New South Wales, Australia. The Conchological Society of Great Britain and Ireland. http://www.conchsoc.org/MolluscWorld19/9. (último acesso em 25/01/2013).

NEVES, R.J., BOGAN, A.E., WILLIAMS, J.D., AHLSTEDT, S.A. & HARTFIELD, P.W. 1997. Status of aquatic mollusk in the southeastern United States: a downward spiral of diversity. In Aquatic Fauna in Peril: The Southeastern Perspective (G.W. Benz & D.E. Collins). 554p.

NÚÑEZ, V. 2011. Revisión de dos especies de Physidae. Rev. Mex. Biodivers. 82:93-108.

OTERMIN, A., BASAGUREN, A. & POZO, J. 2002. Re-colonization by the macroinvertebrate community after a drought period in a first-order stream (Agüera Basin, Northern Spain). Limnetica. 21(1-2):117-128.

PARAENSE, W.L. 1975. Estado atual da sistemática dos planorbídeos brasileiros (Mollusca, Gastropoda). Arq. Mus. Nac. 55:105-128.

PARAENSE, W.L. 1977. Distribuição geográfica de vetores da xistossomose no Nordeste do Brasil. In Conferência Nacional de Saúde 6, Painel Programa Especial de Controle da Esquistossomose. Ministério da Saúde, Brasília.

PARAENSE, W.L. 1983. A survey of planorbid molluscs in the Amazonian Region of Brazil. Mem. I. Oswaldo Cruz. 78:343-361. http://dx.doi.org/10.1590/S0074-02761983000300011

PARAENSE, W.L., SOUZA, P.E.F.P. & BRAUN, R.F. 1984. Novos focos de transmissão do *Schistossoma mansoni* no Estado do Pará. Mem. I. Oswaldo Cruz. 79(3):389-391. http://dx.doi.org/10.1590/S0074-02761984000300018

PARAENSE, W.L. & POINTIER, J.P. 2003. *Physa acuta* Draparnaud, 1805 (Gastropoda: Physidae): a study of topotypic specimens. Mem. I. Oswaldo Cruz. 98:513-517. http://dx.doi.org/10.1590/S0074-02762003000400016

PAULA, F.C.F. 2010. Rio de Contas (Sul da Bahia). Conectando quatro biomas. In Simpósio: Da Caatinga ao Oceano: Transferência de Materiais do Semiárido (Jaguaribe, São Francisco, Parnaíba, Rio De Contas), Anais da 62ª Reunião Anual da SBPC. Natal, 2p.

PEREIRA, D., INDA, L.A., CONSONI, J.M. & KONRAD, H.G. 2001. Composição e abundância de espécies de moluscos do bentos marginal da micro-bacia do Arroio Capivara, Triunfo, RS, Brasil. Biociências. 9(1):3-20.

PEREIRA, D., ARRUDA, J.O., MENEGAT, R., PORTO, M.L., SCHWARZBOLD, A. & HARTZ, S.M. 2011. Guildas tróficas, composição e distribuição de espécies de moluscos límnicos no gradiente fluvial de um riacho subtropical brasileiro. Biotemas. 24(1):21-36. http://dx.doi.org/10.5007/2175-7925.2011v24n1p21

PÉREZ-QUINTERO, J.C. 2012. Environmental determinants of freshwater mollusc biodiversity and identification of priority areas for conservation in Mediterranean water courses. Biodivers. Conserv. 21:3001-3016. http://dx.doi.org/10.1007/s10531-012-0351-x

PFEIFER, N.T.S. & PITONI, V.L.L. 2003. Análise qualitativa estacional da fauna de moluscos límnicos no Delta do Jacuí, Rio Grande do Sul, Brasil. Biociências. 11(2):145-158.

PILSBRY, H.A. 1897. Descriptions of new South American Bulimuli. Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia. 49:18-22.

PIMPÃO, D.M. & MANSUR, M.C.D. 2009. Chave pictórica para identificação dos bivalves do baixo Rio Aripuanã, Amazonas, Brasil (Sphaeriidae, Hyriidae e Mycetopodidae). Biota Neotrop. 9(3):377-384. http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032009000300032

PINTO, H.A. & MELO, A.L. 2011. A checklist of trematodes (Platyhelminthes) transmitted by *Melanoides tuberculata* (Mollusca: Thiaridae). Zootaxa. 2799:15-28.

RANGEL E SOUZA, G.T., MACHADO, M.H., DIAS, M.L.G.G., YAMADA, F.H., PAGOTTO, J.P.A. & PAVANELLI, G.C. 2008. Composição e sazonalidade dos moluscos do alto rio Paraná, Brasil, e sua potencialidade como hospedeiros intermediários de digenéticos. Acta sci., Biol. sci. 30(2):309-314.

RESH, V.H., BÊCHE, L.A., LAWRENCE, J.E., MAZOR, R.D., MCELRAVY, E.P., O'DOWD, A.P., RUDNICK, D. & CARLSON, S.M. 2012. Long-term population and community patterns of benthic macroinvertebrates and fishes in Northern California Mediterranean-climate streams. Hydrobiologia.

ROCHA-MIRANDA, F. & MARTINS-SILVA, M.J. 2006. First record of the invasive snail *Melanoides tuberculatus* (Gastropoda: Prosobranchia: Thiaridae) in the Parana river Basin, GO, Brazil. Braz. J. Biol. 66(4):29-41. http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842006000600018

RUMI, A. & HAMANN, M.I. 1990. Potential schistosome-vector snails and associated trematodes in ricefields of Corrients Province, Argentina. Preliminary results. Mem. I. Oswaldo Cruz. 85(3):321-328. http://dx.doi.org/10.1590/S0074-02761990000300009

SANTANA, A.C.D., SOUZA, A.H.F.F., RIBEIRO, L.L. & ABÍLIO, F.J.P. 2009. Macroinvertebrados associados à macrófita aquática *Najas marina* L. do riacho Avelós, na região semi-árida do Brasil. Rev. Biol. Cienc. Terra. 9(2):32-43.

SANTOS, C.M. & ESKINAZI-SANT'ANNA, E.M. 2010. The introduced snail *Melanoides tuberculatus* (Müller, 1774) (Mollusca: Thiaridae) in aquatic ecosystems of the Brazilian Semiarid Northeast (Piranhas-Assu River basin, State of Rio Grande do Norte). Braz. J. Biol. 70(1):1-7. PMid:20231954. http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842010000100003

SANTOS, S.B. 2003. Estado atual do conhecimento dos ancilídeos na América do Sul (Mollusca: Gastropoda: Pulmonata: Basommatophora). Rev. Biol. Trop. 51(3):191-224.

SANTOS, S.B., THIENGO, S.C., FERNANDEZ, M.A. MIYAHIRA, I.C., GONÇALVES, I.C.B., XIMENES, R.F., MANSUR, M.C.D. & PEREIRA, D. 2012. Espécies de moluscos límnicos invasores no Brasil. In Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle (M.C.D. Mansur, C.P. Santos, D. Pereira, I.C.P. Paz, M.L.L. Zurita, M.T.R. Rodriguez, M.V. Nehrke & P.E.A. Bergonci). Redes Editora, Porto Alegre, 412p.

SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS, SANEAMENTO E HABITAÇÃO - SRHSH. 1993. Coordenação de Recursos Hídricos. Plano Diretor de Recursos Hídricos. Bacia do rio das Contas. 162p.

SILVA, M.C.P. 2003. Hydrobiidae (Gastropoda, Neotaenioglossa, Rissooidea) da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SILVEIRA, M.P., BUSS, D.F., NESSIMIAN, J.L. & BAPTISTA, D.F. 2006. Spatial and temporal distribution of benthic macroinvertebrates in the southeastern Brazilian river. Braz. J. Biol. 66(2B):623-632. PMid:16906294. http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842006000400006

SIMONE, L.R.L. 2006. Land and Freshwater Molluscs of Brazil. EGB/Fapesp, São Paulo, 390p.

SOUTO, L.S., BRITO, M.F.G. & ROSA, L.C. 2011. *Melanoides tuberculatus* (Müller, 1774): a new threat to the conservation of native aquatic species in Sergipe, Brazil. Scientia Plena. 7(4):1-6.

SOUZA, C.P. & LIMA, L.C. 1990. Moluscos de interesse parasitológico do Brasil. FIOCRUZ/CPqRR, Belo Horizonte.

SOUZA, M.A.A., BARBOSA, V.S., ALBUQUERQUE, J.O., BOCANEGRA, S., SOUZA-SANTOS, R., PAREDES, H. & BARBOSA, C.S. 2010. Aspectos ecológicos e levantamento malacológico para identificação de áreas de risco para transmissão da esquistossomose mansoni no litoral Norte de Pernambuco, Brasil. Iheringia, Ser. Zool. 100(1):19-24.

TELES, H.M.S. & MARQUES, C.C.A. 1989. Estivação de *Biomphalaria tenagophila* (Pulmonata, Planorbidae). Rev. Saúde Públ. 23:76-78. http://dx.doi.org/10.1590/S0034-89101989000100010

TIBIRIÇÁ, S.H.C. 2006. Identificação morfológica e molecular, biometria, abundância e distribuição geográfica de *Biomphalaria* spp. (Preston, 1910) (Mollusca, Planorbidae), no município de Juiz de Fora, Minas Gerais. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais.

TIETZE, E. & DE FRANCESCO, C.G. 2010. Environmental significance of freshwater mollusks in the Southern Pampas, Argentina: to what detail can local environments be inferred from mollusk composition?. Hydrobiologia. 641:133-143. http://dx.doi.org/10.1007/s10750-009-0072-7

VAUGHN, C.C. 2005. Freshwater mussel populations in the southeastern Oklahoma: Population trends and Ecosystem services. Proceedings of Oklahoma Waters. 12p.

VEITENHEIMER-MENDES, I.L., LOPES-PITONI, V.L., SILVA, M.C.P., ALMEIDA-CAON, J.E. & SCHRÖDER-PFEIFER, N.T. 1992. Moluscos (Gastropoda e Bivalvia) ocorrentes nas nascentes do rio Gravataí, Rio Grande do Sul, Brasil. Iheringia Ser. Zool. 73:69-76.

VIDIGAL, T.H.D.A., MARQUES, M.M.G.S.M., LIMA, H.P. & BARBOSA, F.A.R. 2005. Gastrópodes e bivalves límnicos do trecho médio da bacia do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. Lundiana 6(supplement):67-76.

Received 06/12/2013
Revised 11/20/2013
Accepted 12/02/2013

O gênero *Mimosa* L. (Leguminosae: Mimosoideae) na APA Serra Branca/Raso da Catarina, Bahia, Brasil

Diego Augusto Oliveira Dourado[1], Adilva de Souza Conceição[1,3] & Juliana Santos-Silva[2]

[1]Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Vegetal, Departamento de Educação, Universidade do Estado da Bahia – UNEB, Campus VIII, Rua do Gangorra, 503, Bairro Alves de Souza, CEP 48608-240, Paulo Afonso, BA, Brasil. http://www.uneb.br/
[2]Departamento de Ciências Humanas, Universidade do Estado da Bahia – UNEB, Campus VI, Av. Contorno, s/n., São José, CEP 46400-000, Caetité, BA, Brasil. http://www.uneb.br/
[3]Autor para correspondência: Adilva de Souza Conceição, e-mail: adilva.souza@gmail.com

DOURADO, D.A.O., CONCEIÇÃO, A.S. & SANTOS-SILVA, J. **The genus *Mimosa* L. (Leguminosae: Mimosoideae) in the Serra Branca APA/Raso da Catarina, Bahia, Brazil**. Biota Neotrop. 13(4):http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/en/abstract?inventory+bn01713042013

Abstract: This work consists of a floristic survey of the genus *Mimosa* L. in APA Serra Branca/Raso da Catarina, located in Jeremoabo, Bahia, Brazil. We analyzed specimens collected from June/2010 to October/2011 and collections deposited in the ALCB, HRB, HUEFS, and MBM herbaria. We registered 11 species distributed in two sections: *Mimosa* sect. *Batocaulon* DC. (*Mimosa acutistipula* (Mart.) Benth. var.*acutistipula*, *M. adenophylla* var. *mitis* Barneby, *M. arenosa* (Willd.) Poir. var. *arenosa*, *M. caesalpiniifolia* Benth., *M. lewisii* Barneby, *M. misera* Benth., *M. piscatorum* Barneby, *M. quadrivalvis* var. *leptocarpa* (DC.) Barneby, and *M. tenuiflora* (Willd.) Poir.) and *Mimosa* sect. *Mimosa* (*M. pudica* var. *tetrandra* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) DC. And *M. sensitive* L. var. *sensitiva*). The main characters used for delimitation of the species were inflorescence morphology, number of pinnae, leaflets, perianth elements and stamens, as well as aspects from the fruit. The species occurs mainly open areas and more degraded along trails on sandy soils. Keys for identification of species, descriptions, illustrations and comments about geographic distribution and flowering and fruiting periods of the species are presented.
Keywords: *caatinga, diversity, floristic, Jeremoabo, semiarid.*

DOURADO, D.A.O., CONCEIÇÃO, A.S. & SANTOS-SILVA, J. **O gênero *Mimosa* L. (Leguminosae: Mimosoideae) na APA Serra Branca/Raso da Catarina, Bahia, Brasil**. Biota Neotrop.13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/pt/abstract?inventory+bn01713042013

Resumo: Este trabalho consiste no levantamento florístico do gênero *Mimosa* L. na APA Serra Branca/Raso da Catarina, localizada no município de Jeremoabo, Bahia. Foram analisados espécimes coletados no período de junho/2010 a outubro/2011 e coleções herborizadas depositadas nos Herbários ALCB, HRB, HUEFS e MBM. Foram registradas 11 espécies, distribuídas em duas seções: *Mimosa* sect. *Batocaulon* DC. (*Mimosa acutistipula* (Mart.) Benth. var. *acutistipula*, *M. adenophylla* var. *mitis* Barneby, *M. arenosa* (Willd.) Poir. var.*arenosa, M. caesalpiniifolia* Benth., *M. lewisii* Barneby, *M. misera* Benth., *M. piscatorum* Barneby, *M. quadrivalvis* var. *leptocarpa* (DC.) Barneby e *M. tenuiflora* (Willd.) Poir.) e *Mimosa* sect. *Mimosa* (*M. pudica* var. *tetrandra* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) DC. e *M. sensitiva* L. var. *sensitiva*). Os principais caracteres morfológicos utilizados para separação das espécies foram os tipos de inflorescências, número de pinas, folíolos, de elementos do perianto e de estames, além do aspecto do fruto. As espécies ocorrem principalmente em áreas abertas e mais degradadas ao longo de trilhas, sobre solos arenosos. São apresentadas chaves para identificação das espécies, descrições, ilustrações, comentários sobre distribuição geográfica e períodos de floração e frutificação das espécies.
Palavras-chave: *caatinga, diversidade, florística, Jeremoabo, semiárido.*

Introdução

Mimosa L. com mais de 540 espécies, é o segundo maior gênero de Mimosoideae, (Simon et al. 2011). Distribui-se predominantemente na região Neotropical, com cerca de 496 táxons endêmicos dos Neotrópicos e 40 espécies são nativas do Velho Mundo (Barneby 1991, Simon et al. 2011). Suas espécies podem ser encontradas em diferentes ambientes, desde florestas até áreas mais abertas de savanas, campos, caatingas, ou ainda, em regiões desérticas do México (Barneby 1991). Os seus principais centros de diversidade localizam-se na América do Sul (Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina) e no Centro-sul do México (Barneby 1985, 1991, Lewis et al. 2005). No Brasil está representado por cerca de 323 espécies (Dutra & Morim 2010), das quais 38 ocorrem na caatinga (Queiroz 2009).

O gênero *Mimosa* foi estabelecido por Linnaeus (1753) com 53 espécies. Tratamentos taxonômicos mais abrangentes foram realizados por Bentham (1841, 1875, 1876), Burkart (1948) e Barneby (1985). Em 1991, Barneby realizou a revisão mais completa do gênero, incluindo 479 espécies do Novo Mundo. Neste trabalho foram descritas cerca de 130 espécies novas e estabelecidos 200 táxons infraespecíficos. Baseado principalmente na presença ou ausência de nectários extraflorais na raque foliar, nos tipos de tricomas e nas características florais, Barneby (1991) reconheceu cinco seções para o gênero: *Mimosa* sect. *Mimadenia* Barneby*, Mimosa* sect. *Batocaulon* DC.*, Mimosa* sect. *Calothamnos* Barneby, *Mimosa* sect. *Habbasia* DC. e *Mimosa* sect. *Mimosa.*

Estudos filogenéticos demonstram que o gênero *Mimosa*, como tradicionalmente circunscrito, constitui um grupo monofilético (Luckow et al. 2000, 2003, Sulaiman et al. 2003, Jobson & Luckow 2007, Bessega et al. 2008, Simon et al. 2011). No entanto, com relação a sua classificação infragenérica, apenas as seções *M.* sect. *Mimadenia* e *M.* sect. *Calothamnos,* se sustentaram como grupos monofiléticos (Coutinho 2009, Simon et al. 2011).

O gênero *Mimosa* é caracterizado principalmente pelo fruto do tipo craspédio (mais raramente lomento ou sacelo), apresentando margens persistentes (replo), com valvas inteiras ou mais frequentemente segmentadas em artículos monospérmicos. Além disso, as flores são isostêmones ou diplostêmones e as anteras não apresentam glândulas apicais, o que diferencia *Mimosa* de gêneros afins como *Anadenanthera* Speg., *Parapiptadenia* Brenan, *Plathymenia* Benth., *Piptadenia* Benth.*, Prosopis* L. e *Pseudopiptadenia* Rauschert (Queiroz 2009).

As espécies de *Mimosa* foram tratadas em várias floras regionais. Considerando os levantamentos florísticos realizados na região Nordeste, podemos destacar os trabalhos de Ducke (1953), na Paraíba e Pernambuco; Harley & Simmons (1986), em Mucugê (Bahia); Lewis (1987), na Bahia; Lewis (1995), Pico das Almas (Bahia); Lewis (2006), checklist Nordeste; Queiroz (2009), na Caatinga e Santos-Silva & Sales (2008, 2010), em Pernambuco. Pelo exposto, embora a quantidade de trabalhos incluindo as espécies de *Mimosa* ocorrentes no Nordeste seja razoável, os trabalhos específicos sobre o gênero são escassos, especialmente os que incluem chaves de identificação e descrições.

A caatinga ocupa uma área de 1.037.517 km^2 no semiárido brasileiro, abrangendo nove estados nordestinos, além da região norte do estado de Minas Gerais (Alves 2007). É composta por uma vegetação xerófita, caducifólia, espinhosa com plantas suculentas ou áfilas (Andrade-Lima 1981, Fernandes & Bezerra 1998). A caatinga é uma formação vegetacional exclusivamente brasileira, reconhecida como uma das 37 grandes áreas naturais do planeta (Gil 2002). Abriga uma grande diversidade de espécies tanto da fauna como da flora, sendo em sua grande parte endêmicas (Castelletti et al. 2004, Leal et al. 2003). Giulietti et al. (2002) listaram para o ecossistema, 18 gêneros e 318 espécies endêmicas, pertencentes a 42 famílias. A família com maior número de espécies endêmicas (ca. 80) é a Leguminosae, que é também o grupo mais bem representado nas caatingas (Queiroz 2002). Dentre os gêneros característicos deste bioma encontram-se: *Cereus* Mill., *Jatropha* L., *Mimosa* L., *Spondias* L., entre outros (Sampaio 1995). Com alto grau de endemismo, a caatinga é ainda um dos ecossistemas brasileiros mais desvalorizado e mal conhecido botanicamente (Giulietti et al. 2004). Além disso, é o segundo ecossistema mais degradado do Brasil (Leal et al. 2005).

O Raso da Catarina, uma das oito ecorregiões da caatinga, situa-se no Nordeste do Brasil e limita-se com a Depressão Sertaneja Meridional (norte, oeste e leste), Planalto da Borborema (nordeste) e com o Recôncavo Baiano (sul). A Área de Proteção Ambiental (APA) Serra Branca é uma das Unidades de Conservação (UC) existentes na ecorregião do Raso da Catarina. Esta APA foi criada através do decreto estadual nº 7972 de 05 de junho de 2001, com objetivo de preservar a vegetação da caatinga; assegurar a diversidade genética da fauna e seus processos evolutivos (em especial a avifauna migratória) e possibilitar a formação de um corredor ecológico com a Estação Ecológica do Raso da Catarina (Instituto... 2004).

Diante da expressiva importância do gênero *Mimosa* na vegetação de caatinga*,* este estudo teve por objetivo conhecer a diversidade do gênero na APA Serra Branca, visando contribuir para o conhecimento da flora do estado da Bahia, bem como fornecer subsídios para o desenvolvimento do plano de manejo desta unidade de conservação.

Material e Métodos

Área de estudo – A APA Serra Branca/Raso da Catarina (Figura 1), com 67.237 ha. está localizada no município de Jeremoabo, nordeste da Bahia, delimitada pelas coordenadas 09°53'15,5'' a 09°44'34,6''S e 38°49'36,1''a 38°52'20,4''W, limitando-se ao sul com o rio Vaza-Barris e ao norte com a Estação Ecológica (ESEC) Raso da Catarina. O clima da região é semiárido, com precipitação média de 600 mm/ano e temperatura média anual de 27 °C. Os solos são em geral arenosos, profundos, extremamente ácidos e pobres em nutrientes. A vegetação predominante é a caatinga arbustiva (Velloso et al. 2002).

Estudo taxonômico – De junho/2010 a outubro/2011 foram realizadas coletas nas diferentes áreas da APA Serra Branca, de acordo com a metodologia de Fosberg & Sachet (1965) e Mori et al. (1989). Após processamento, o material coletado foi depositado no acervo do herbário da Universidade do Estado da Bahia (HUNEB – Coleção Paulo Afonso), com duplicatas enviadas para os principais herbários do Estado. Foram examinadas ainda exsicatas provenientes dos herbários: ALCB, HRB, HUEFS, MBM (Thiers 2011; Apêndice 1). A identificação dos espécimes foi baseada principalmente em Barneby (1991), protólogos e em imagens de coleções-tipo. A padronização da terminologia das estruturas vegetativas e reprodutivas baseou-se Radford et al. (1974), Barneby (1991) e Harris & Harris (1994). As informações sobre distribuição geográfica, ambiente preferencial, períodos de floração e frutificação das espécies foram obtidos nas etiquetas das exsicatas, observações de campo e referenciadas quando complementadas com informações da literatura.

Resultados e Discussão

Mimosa L., Sp. Pl. 1: 516.1753. Espécie-tipo: *Mimosa sensitiva* L.

Árvores, arbustos, subarbustos, trepadeiras, ou ervas, prostrados, decumbentes ou eretos. Ramos cilíndricos ou 4-angulosos, inermes ou aculeados; acúleos retos ou recurvados. Indumento formado por tricomas tectores, glandulares ou ramificados. Folhas

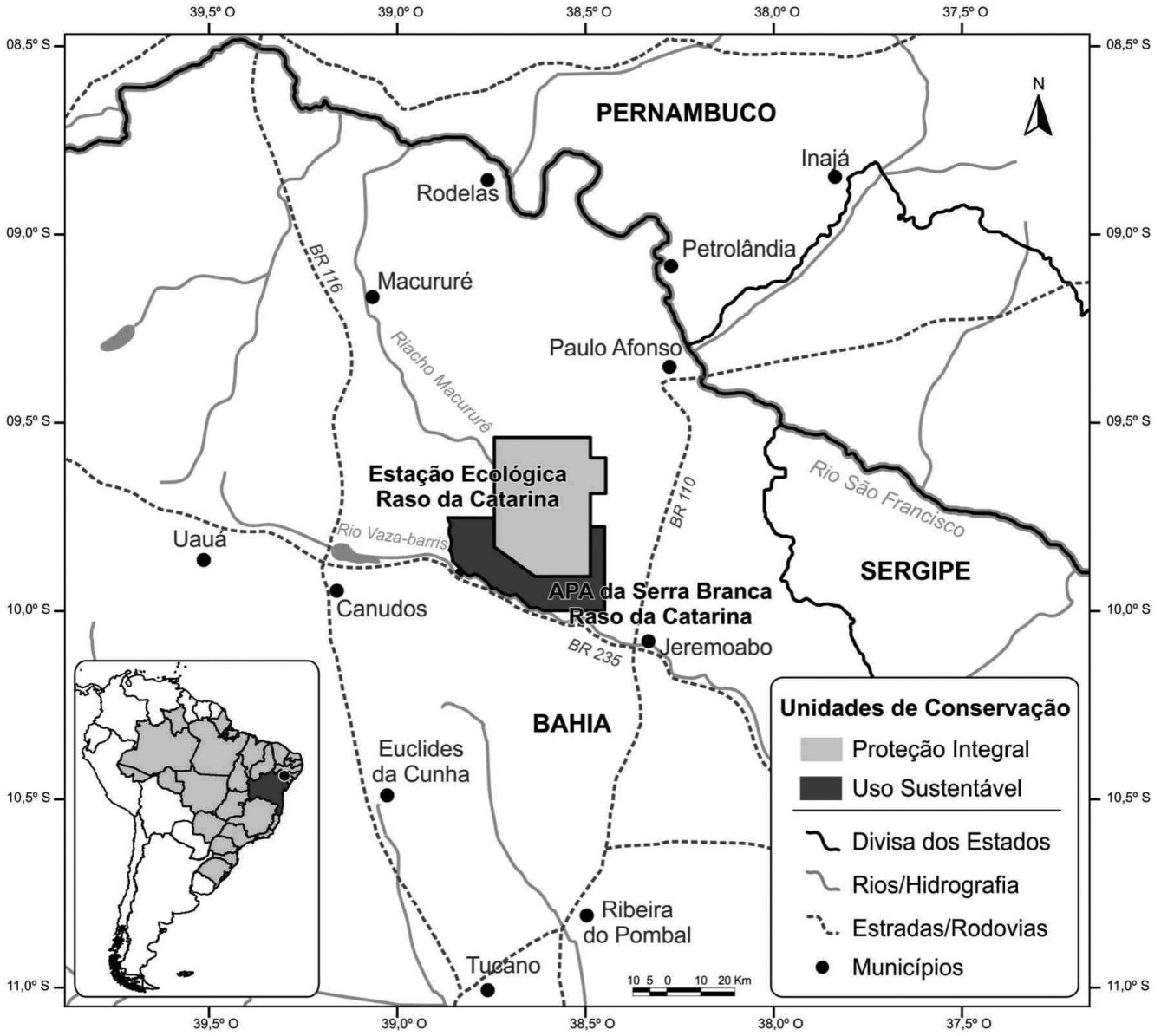


Figura 1. Localização da APA Serra Branca/Raso da Catarina.

Figure 1. Location of the APA Serra Branca/Raso da Catarina.

bipinadas, 1-multipinas; estípulas persistentes ou decíduas, às vezes, espinescentes; espículas presentes ou ausentes entre os pares de pinas, parafilídios presentes ou ausentes nas pinas, nectário extrafloral comumente ausente. Inflorescências em glomérulos ou em espigas, solitárias ou 2-3-fasciculadas, axilares ou reunidas em pseudoracemos ou panículas terminais. Flores sésseis ou curtamente pediceladas, 3-5-(-6)-meras, isostêmones ou diplostêmones; cálice campanulado tubuloso ou papiforme; corola campanulada, tubulosa, 4-angulada ou campanulada, lacínias patentes, reflexas ou eretas; filetes brancos róseos ou lilás; anteras oblongas ou ovoides; estilete filiforme, branco ou róseo; estigma inconspícuo; ovário séssil ou subséssil. Fruto craspédio, lomento ou sacelo, séssil ou estipitado, plano-compresso ou quadrangular em seção transversal; replo reto, ondulado ou discretamente sinuoso, armado ou inerme. Sementes elipsoides, oblongoides ou ovoides, marrons, castanhas ou acinzentadas.

Na APA Serra Branca/Raso da Catarina foram registrados 11 táxons de *Mimosa,* o que representa 18% das espécies do gênero ocorrentes na Bahia. Destes, sete táxons são exclusivos da América do Sul, sendo quatro restritos ao Brasil. Os demais distribui-se desde a porção sul da América do Norte (México), passando pela América Central até a América do Sul. De maneira geral, estas plantas habitam principalmente tipos vegetacionais mais secos como cerrado, caatinga e floresta estacional. Na área de estudo, a maioria das espécies ocorre em áreas degradadas, antropizadas, ao longo das trilhas, sobre solos arenosos ou areno-argilosos.

As espécies aqui tratadas são distribuídas em duas seções: *Mimosa* sect. *Batocaulon* (*Mimosa acutistipula* (Mart.) Benth. var. *acutistipula*, *M. adenophylla* var. *mitis* Barneby, *M. arenosa* (Willd.) Poir. var. *arenosa*, *M. caesalpiniifolia* Benth., *M. lewisii* Barneby, *M. misera* Benth., *M. piscatorum* Barneby, *M. quadrivalvis* var. *leptocarpa* (DC.) Barneby e *M. tenuiflora* (Willd.) Poir.) e *Mimosa* sect. *Mimosa* **(***M. pudica* var. *tetrandra* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) DC. e *M. sensitiva* L. var. *sensitiva*). Os caracteres morfológicos mais relevantes para o reconhecimento das espécies foram observados no

número de pinas, folíolos, elementos do perianto e estames, tipo de inflorescência, além do aspecto dos frutos.

Mimosa é um grupo funcionalmente importante dentro do ecossistema terrestre (Santos-Silva & Sales 2010). Várias de suas espécies são pioneiras, colonizando locais perturbados, tais como beira de estradas, margem de rios e clareiras de matas. Essa característica se deve principalmente ao seu rápido crescimento e à sua capacidade de regeneração vegetativa (Camargo-Ricalde & Grether 1998). Nessas áreas promovem o enriquecimento do solo e evitam a sua erosão e, portanto facilitam o estabelecimento de outras plantas (Camargo-Ricalde & García-García 2001), o que torna suas espécies boas candidatas para a restauração de áreas degradadas.

Chave para identificação das espécies de Mimosa na APA Serra Branca

1. Folíolos com pontuações glandulares na face abaxial.

2. Ramos aculeados; estípulas 0,8-1 × ca. 0,5 mm, triangulares; pecíolo 0,6-1,4 cm compr.; filetes 3-4 mm compr., brancos; ovário séssil, puberulento ..... 11. *M. tenuiflora*

2’. Ramos inermes; estípulas 2-4 × ca. 0,8 mm, subulada-lanceoladas; pecíolo 1-2 cm compr.; filetes 6-7 mm compr., róseos; ovário subséssil, piloso ..... 2. *M. adenophylla* var. *mitis*

1’. Folíolos sem pontuações glandulares na face abaxial.

3. Arvoretas a arbustos 1-6 m altura; filetes brancos.

4. Folíolos oval-obovais, 2-4 pares; flores trímeras .... 4. *M. caesalpiniifolia*

4’. Folíolos lineares ou oblongos, 10-54 pares; flores tetrâmeras.

5. Folíolos cartáceos; parafilídios cilíndricos; flores reunidas em glomérulos..... 5. *M. lewisii*

5. Folíolos membranáceos; parafilídios cônicos; flores reunidas em espigas.

6. Folhas com 6-10 pares de pinas; nervação acródroma; corola branca; craspédios (2-)3-5 × 0,5-0,7 cm .... 3. *M. arenosa* var. *arenosa*

6’. Folhas com (3-)4-5 pares de pinas; nervação camptódroma; corola branco-rosada; craspédios 5-7,5 × 0,8-1 cm .... 1. *M. acutistipula* var. *acutistipula*

3’. Subarbustos de 0,2-2 m altura; filetes róseos.

7. Nervação broquidódroma.

8. Acúleos retos, infranodais, distribuídos aos pares; folíolos 5-9 × 1-2 mm, linear-oblongos; inflorescência com 108-128 flore .... 8. *M. pudica* var. *tetrandra*

8’. Acúleos fortemente recurvados, internodais, dispostos em fileiras longitudinais; folíolos 2,7-4,8 × 0,8-1,7 cm, lanceolado-falcados; inflorescência com 65-103 flores ..... 10. *M. sensitiva* var. *sensitiva*

7’. Nervação hifódroma.

9. Folíolos 12-18 pares; flores pentâmeras; frutos quadrangulares em seção transversal ..... 9. *M. quadrivalvis* var. *leptocarpa*

9’. Folíolos 4-10 pares; flores trímeras; frutos plano-compressos.

10. Folhas com 2-4(-5) pares de pinas; pecíolo 0,4-0,7 cm compr.; corola 2-3 mm compr., glabra ..... 6. *M. misera*

10’. Folhas com apenas um par de pinas; pecíolo 2-4 cm compr.; corola 1,8-2 mm compr., puberulenta ..... 7. *M. piscatorum*

1. Mimosa acutistipula (Mart.) Benth. var. **acutistipula**, J. Bot. (Hooker) 4: 391. 1842. Figuras 2a, 3a-f

Arbustos eretos, 3-4 m alt. Tricomas tectores distribuídos nos ramos, estípulas, folíolos, pedúnculos, brácteas e cálice. Ramos cilíndricos, aculeados, acinzentados a nigrescentes com faixas longitudinais mais escuras, puberulentos; acúleos 2-5 mm compr., retos ou recurvados. Estípulas persistentes, 3-6 × ca. 0,8 mm, subulada-lanceoladas, puberulentas. Folhas com (3-)4-5 pares de pinas, movimentos tigmonásticos discretos; pecíolo 0,7-2 cm compr.; raque 2,5-3,5 cm compr.; segmentos da raque 0,7-1,4 cm compr.; espículas interpinais ausentes; parafilídios cônicos; folíolos 12-21 pares, 10-12 × 2-2,5 mm, membranáceos, discolores, oblongos, ápice cuneado-mucronado, base oblíqua, margem inteira, puberulentos, nervação camptódroma. Espigas cilíndricas, axilares, terminais, 2-3 × 1-1,4 cm; pedúnculo 0,5-1 cm compr.; brácteas 0,6-1 mm compr., elíptico-oblanceoladas, face abaxial puberulenta, face adaxial glabra, margens ciliadas. Flores tetrâmeras, diplostêmones, sésseis, 146-165 por inflorescência; cálice ca. 0,5 mm compr., campanulado, branco-esverdeado, piloso; corola 1,8-2 mm compr., campanulada, branco-rosada, glabra, lacínias patente-eretas; filetes 3,5-4,5 mm compr., brancos; antera oblongo-ovoide, branco-esverdeada; ovário ca. 1 mm compr., esbranquiçado, subséssil, glabro; estilete 4,5-6 mm compr., brancos. Craspédios 5-7,5 × 0,8-1 cm, cartáceos, estipitados, plano-compressos, 3-9 articulados, lineares, ápice cuneado-mucronado, base cuneada-atenuada, glabros, inermes, marrons; estípite 4-5 mm compr.; artículos quadrangulares, 7-10 × 6-9 mm; replo ligeiramente sinuoso, glabro. Sementes 5-6 × 4-4,5 mm, ovoides, marrons.

Material examinado: BRASIL, BAHIA: Jeremoabo, APA Serra Branca, Fazenda Serra Branca, 9S 53’ 43”, 38W 42’ 25”, 375 m, 11/6/2011, D.A.O. Dourado 92, fl., fr. (HUNEB); 11/6/2011, D.A.O. Dourado 93, fl. (HUNEB); 11/6/2011, R.R. Varjão 83, fl. (HUNEB).

Segundo Barneby (1991), *Mimosa acutistipula* é endêmica do Brasil, ocorrendo em ambientes de caatinga, cerrado e tabuleiro dos estados do Piauí, Pernambuco e Bahia. Barneby (1991) baseado na variação do número de pinas e comprimento das raques das inflorescências reconheceu duas variedades para a espécie: *M. acutistipula* var. *acutistipula* e *M. acutistipula* var. *ferrea* Barneby. Na APA Serra Branca foi encontrada apenas a variedade *acutistipula,* formando pequenas populações em áreas abertas, sobre solos arenosos. Popularmente conhecido como jurema-vermelha, *M. acutistipula* var. *acutistipula* floresce de março a junho e frutifica de maio a agosto.

Dentre as espécies estudadas, assemelha-se morfologicamente a *M. arenosa* var. *arenosa* e *M. tenuiflora*, por compartilharem o hábito arbustivo, presença de acúleos nos ramos, flores tetrâmeras, diplostêmones, agrupadas em espigas, filetes brancos e frutos plano-compressos. Contudo, *M. acutistipula* var. *acutistipula* diferencia-se da primeira por apresentar nervação camptódroma (*vs.* nervação acródroma); corola branca-rosada (*vs.* corola branca) e craspédios com 5-7,5 × 0,8-1 cm (*vs*. 2-5 × 0,5-0,7 cm). O táxon pode ser diferenciado da segunda espécie pelo ovário glabro (*vs.* ovário puberulento) e folíolos sem pontuações glandulares na face abaxial (*vs*. folíolos com pontuações glandulares escuras translúcidas na face abaxial).

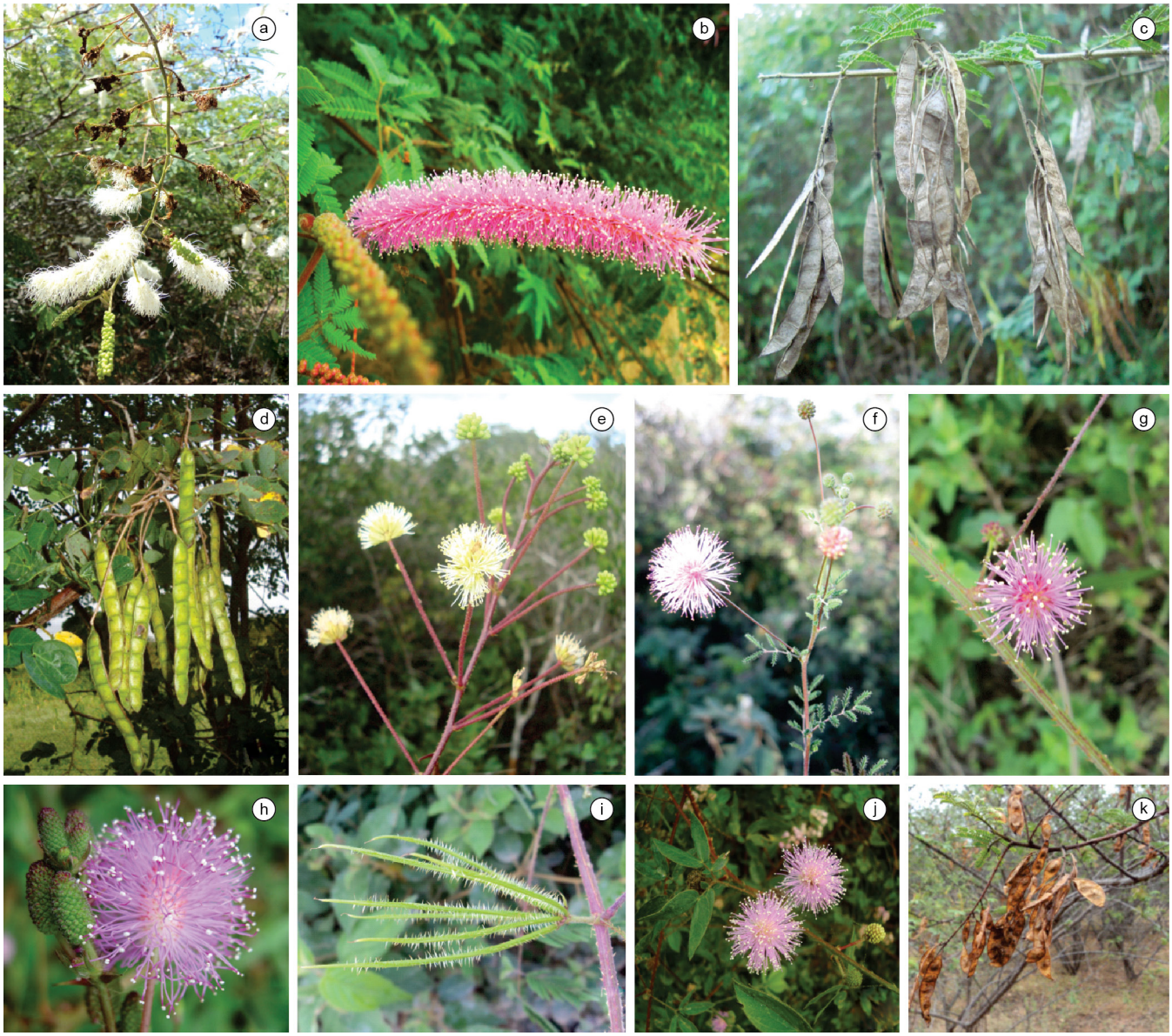


Figura 2. Representantes do gênero *Mimosa* na APA Serra Branca. a. *M. acutistipula* (Mart.) Benth. var. *acutistipula*; b. *M. adenophylla* Taub. var. *mitis* Barneby; c. *M. arenosa* (Willd.) Poir. var. *arenosa*; d. *M. caesalpiniifolia* Benth.; e. *M. lewisii* Barneby; f. *M. misera* Benth.; g. *M. piscatorum* Barneby; h. *M. pudica* L. var. *tetrandra* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) DC.; i. *M. quadrivalvis* L. var. *leptocarpa* (DC.) Barneby; j. *M. sensitiva* L. var. *sensitiva*; k. *M. tenuiflora* (Willd.) Poir.

Figura 2. Representatives of the genus Mimosa in APA Serra Branca. a. *M. acutistipula* (Mart.) Benth. var. *acutistipula*; b. *M. adenophylla* Taub. var. *mitis* Barneby; c. *M. arenosa* (Willd.) Poir. var. *arenosa*; d. *M. caesalpiniifolia* Benth.; e. *M. lewisii* Barneby; f. *M. misera* Benth.; g. *M. piscatorum* Barneby; h. *M. pudica* L. var. *tetrandra* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) DC.; i. *M. quadrivalvis* L. var. *leptocarpa* (DC.) Barneby; j. *M. sensitiva* L. var. *sensitiva*; k. *M. tenuiflora* (Willd.) Poir.

2. Mimosa adenophylla var. **mitis** Barneby, Brittonia 37: 130. 1985. Figuras 2b, 3g-m

Arbustos eretos, 2,5-3 m alt. Tricomas tectores e/ou entremeados com glândulas sésseis distribuídas nos ramos, estípulas, folíolos, pedúnculos, brácteas, cálice, corola, ovário e frutos. Ramos cilíndricos, inermes, marrons, pilosos. Estípulas decíduas, 2-4 × ca. 0,8 mm, subulada-lanceoladas, pilosas. Folhas com (3-)4-9 pares de pinas; movimentos tigmonásticos ausentes; pecíolo 1-2 cm compr.; raque 2-5,5 cm compr.; segmentos da raque 0,5-1 cm compr.; espículas interpinais presentes; parafilídios subulados; folíolos 18-35 pares, 4-8 × 1,5-3 mm, membranáceos, discolores, oblongos, ápice arredondado-cuneado, base oblíqua-truncada, margem ciliada, pilosos, face abaxial com pontuações glandulares, resinosas, amareladas, nervação hifódroma. Espigas cilíndricas, solitárias, axilares, terminais, 7-9,5 × 1,5-2 cm; pedúnculo 1,5-2 cm compr.; brácteas 0,6-1 mm, linear-oblanceoladas, face abaxial pilosa, face adaxial glabra, ciliadas no ápice. Flores tetrâmeras, diplostêmones, sésseis, 114-284 por inflorescência; cálice ca. 0,5 mm compr., campanulado, branco-esverdeado, ciliado, com pontuações glandulares; corola ca. 2 mm compr., campanulada, branca, glabra, ciliada no ápice das lacíneas, com pontuações glandulares; lacínias patentes; filetes 6-7 mm compr., róseos; antera oblonga, esverdeada; ovário ca. 0,5 mm compr., branco, subséssil, piloso; estilete 3-4 mm compr., rosa-choque. Craspédios 2,5-3,5 × 0,5-0,7 cm, cartáceos,

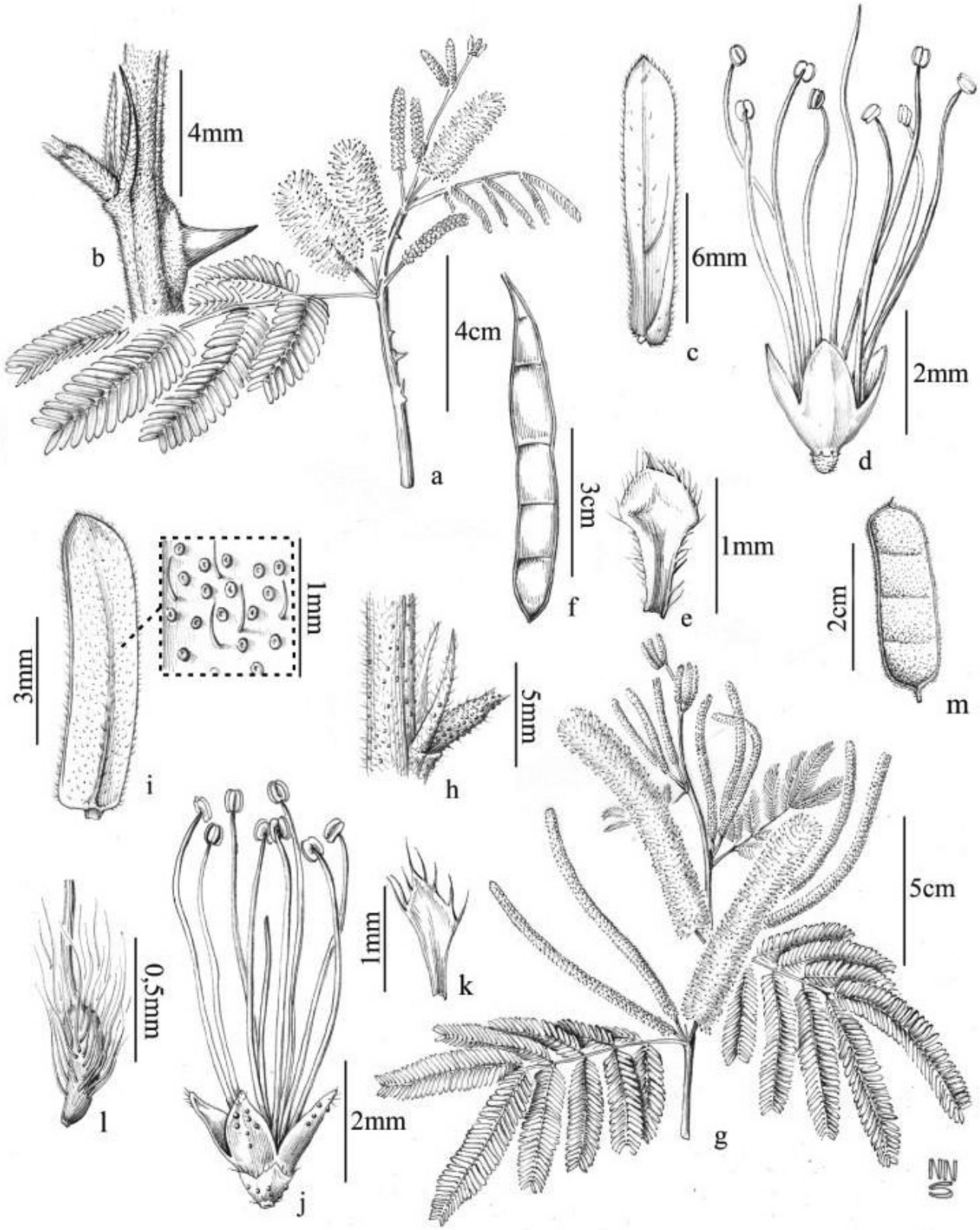


Figura 3. a-f. *M. acutistipula* (Mart.) Benth. var. *acutistipula*: a. ramo florido; b. detalhe da estípula e acúleo; c. folíolo, face adaxial; d. flor; e. bráctea, face adaxial; f. fruto. g-m. *M. adenophylla* Taub. var. *mitis* Barneby: g. ramo florido; h. estípulas; i. folíolo, face abaxial e detalhes das glândulas; j. flor; k. bráctea, face adaxial; l. ovário; m. fruto. a-f. D.A.O. Dourado 92; R.R.Varjão 83; g-m. D.A.O. Dourado 84; D.A.O. Dourado 93.

Figure 3. a-f. *M. acutistipula* (Mart.) Benth. var. *acutistipula*: a. flowering branch; b. details of the stipule and aculeo; c. leaflet, adaxial surface; d. flower; e. bract, adaxial surface; f. fruit. g-m. *M. adenophylla* Taub. var. *mitis* Barneby: g. flowering branch; h. stipules; i. leaflet, abaxial surface and details of the glands; j. flower; k. bract, adaxial surface; l. ovary; m. fruit. a-f. D.A.O. Dourado 92; R.R.Varjão 83; g-m. D.A.O. Dourado 84; D.A.O. Dourado 93.

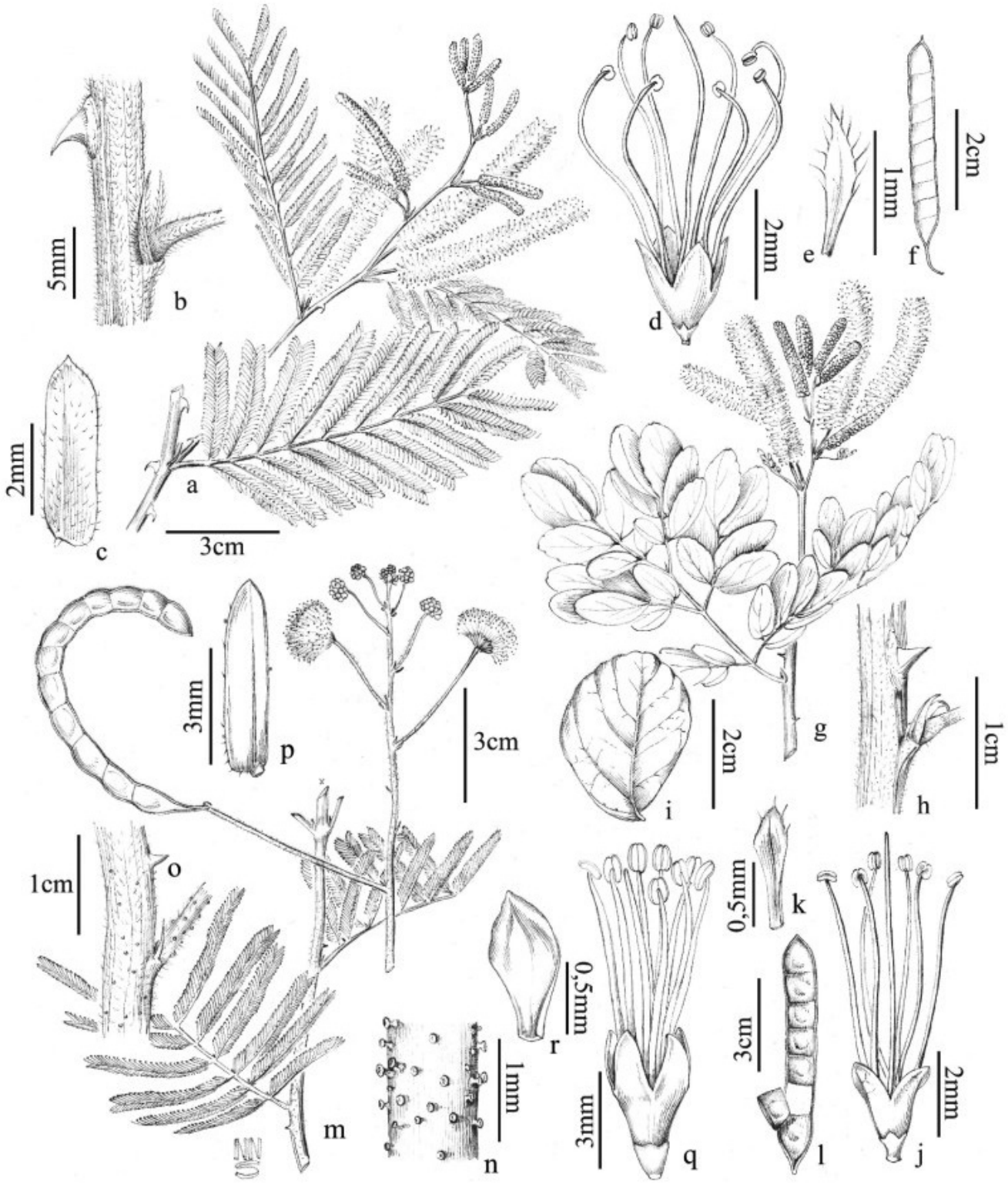


Figura 4. a-f. *M. arenosa* (Willd.) Poir. var. *arenosa*: a. ramo florido; b. detalhes das estípulas e acúleo; c. folíolo, face adaxial; d. flor; e. bráctea, face adaxial; f. fruto. g-l. *M. caesalpiniifolia* Benth.: g. ramo florido; h. detalhes das estípulas e acúleo; i. folíolo, face adaxial; j. flor; k. bráctea, face adaxial; l. fruto. m-r. *M. lewisii* Barneby: m. ramo fértil; n. detalhes dos tricomas glandulares no ramo; o. detalhe da estípula e acúleo; p. folíolo, face adaxial; q. flor; r. bráctea, face adaxial. a-f. D.A.O. Dourado 57; g-l. D.A.O. Dourado 59; D.A.O. Dourado 99; m-r. D.A.O. Dourado 77; D.A.O. Dourado 51.

Figure 4. a-f. *M. arenosa* (Willd.) Poir. var. *arenosa*: a. flowering branch; b. details of the stipules and aculeo; c. leaflet, adaxial surface; d. flower; e. bract, adaxial surface; f. fruit. g-l. *M. caesalpiniifolia* Benth.: g. flowering branch; h. details of the stipules and aculeo; i. leaflet, adaxial surface; j. flower; k. bract, adaxial surface; l. fruit. m-r. *M. lewisii* Barneby: m. fertile branch; n. details of the glandular trichomes in branch; o. details of the stipule and aculeo; p. leaflet, adaxial surface; q. flower; r. bract, adaxial surface. a-f. D.A.O. Dourado 57; g-l. D.A.O. Dourado 59; D.A.O. Dourado 99; m-r. D.A.O. Dourado 77; D.A.O. Dourado 51.

estipitados, plano-compressos, 4-6 articulados, lineares, ápice arrendondado-mucronado, base arredondada, pilosos, inermes, marrons; estípite ca. 1 mm compr.; artículos quadrangulares ca. 5 × 7 mm; replo ligeiramente sinuoso, piloso. Sementes 2-3 × 2-3 mm, ovoides, marrons.

Material examinado: BRASIL, BAHIA: Jeremoabo, APA Serra Branca, Entrada da APA, 9S 57' 30", 38W 26' 19", 524 m, 8/4/2011, D.A.O. Dourado 84, fl. (HUNEB); 10/6/2011, D.A.O. Dourado 85, fl., fr. (HUNEB).

A espécie ocorre em áreas de caatinga e cerrado nos estados do Ceará, Pernambuco e Bahia (Barneby 1985, 1991, Queiroz 2009). São reconhecidas três variedades para a espécie: *M. adenophylla* var. *armandiana* (Rizzini) Barneby, *M. adenophylla* var. *adenophylla*, e *M. adenophylla* var. *mitis* Barneby, das quais as duas últimas ocorrem na caatinga (Barneby 1991, Queiroz 2009). Para APA foi catalogada apenas a variedade *M. adenophylla* var. *mitis,* que é conhecida popularmente como jurema-rosa e se apresenta com baixa frequência, em áreas degradadas mais abertas, ocorrendo em solos areno-argilosos. Foi encontrada com flores de março a junho e frutos de maio a agosto.

Mimosa adenophylla var. *mitis* distingue-se claramente das demais espécies da APA, por apresentar ramos inermes, pontuações glandulares resinosas amareladas na face abaxial dos folíolos, filetes róseos e o ovário piloso

3. Mimosa arenosa (Willd.) Poir. var. **arenosa**, Encycl. Suppl. 1: 66. 1810. Figuras 2c, 4a-f

Arbustos eretos, 2-5 m alt. Tricomas tectores distribuídos nos ramos, estípulas, folíolos e pedúnculos. Ramos cilíndricos, inermes ou aculeados, castanhos, tomentosos; acúleos 2-5 mm compr., recurvados. Estípulas persistentes 3-4 × 0,5-1 mm, lanceolada-lineares, pubescentes. Folhas com 6-10 pares de pinas, movimentos tigmonásticos ausentes; pecíolo 0,5-1,5 cm compr.; raque 2,8-7,5 cm compr.; segmento da raque 0,5-1 cm compr.; espículas interpinais presentes; parafilídios cônicos; folíolos 10-40 pares, 4-6 × 1-1,5 mm, membranáceos, discolores, oblongos, ápice agudo-mucronado, base oblíqua, margem inteira, glabros a puberulentos, nervação acródroma. Espigas cilíndricas, solitárias, axilares ou agrupadas em pseudoracemos terminais, 3,5-5,7 × ca. 2 cm; pedúnculo 0,9-1,4 cm compr.; brácteas ca. 1 mm compr., linear-elípticas, glabras, margens ciliadas. Flores tetrâmeras, diplostêmones, subsésseis, 124-172 por inflorescência; cálice 0,5-0,8 mm compr., campanulado, branco-esverdeado, glabro; corola ca. 2 mm compr., campanulada, branca, glabra; lacínias patentes ou reflexas; filetes 5-6 mm compr., brancos; antera oblongo-ovoide, verde-amarelada; ovário ca. 1 mm compr., branco-esverdeado, subséssil, glabro; estilete 5-6 mm compr., branco. Craspédios (2-)3-5 × 0,5-0,7 cm, cartáceos, estipitados, plano-compressos, 6-9 articulados, lineares, ápice agudo-mucronado, base atenuada-cuneada, glabros, inermes, marrons; estípite 4-8 mm compr.; artículos quadrangulares, 5-6 × 4-5 mm; replo reto, glabro. Sementes 3-5 × 2,5-3,5 mm, ovoides a elipsoides, marrons.

Material examinado: BRASIL, BAHIA: Jeremoabo, APA Serra Branca, Trilha que vai dos Quelés em direção a Estação Ecológica Raso da Catarina, 9S 53' 1", 38W 32' 39", 650 m, 22/9/2011, D.A.O. Dourado 56, fr. (HUNEB); 22/9/2011, D.A.O. Dourado 57, fl., fr. (HUNEB); 9S 52' 53", 38W 32' 42", 650 m, 22/9/2011, D.A.O. Dourado 64, fr. (HUNEB); 23/9/2011, D.A.O. Dourado 65, fr. (HUNEB); 23/9/2011, D.A.O. Dourado 69, fr. (HUNEB); Entrada da APA, próximo a porteira, 9S 57' 30", 38W 26' 19", 650 m, 7/9/2011, D.A.O. Dourado 82, fr. (HUNEB); 7/9/2011, D.A.O. Dourado 83, fl., fr. (HUNEB); 1/8/2011, D.A.O. Dourado 115, fl., fr. (HUNEB).

Mimosa arenosa foi referida por Barneby (1991), para a America do Sul (Brasil, Colômbia e Venezuela) e América Central (México). No Brasil, ocorre do estado do Ceará até Minas Gerais (Barneby 1991, Queiroz 2009, Santos-Silva & Sales 2008, 2010). De acordo com Barneby (1991), são reconhecidas três variedades para a espécie: *M. arenosa* var. *arenosa*, *M. arenosa* var. *lysalgica* Barneby e *M. arenosa* var. *leiocarpa* (DC.) Barneby. Na APA Serra Branca esta espécie é representada apenas pela variedade *arenosa,* que é bastante frequente na área e, conhecida popularmente por diferentes nomes: calumbí, calumbí-de-vaqueiro e jurema-branca. Foi coletada em vegetação mais preservada, mas também ocorre em áreas degradadas, sobre solos arenosos e areno-argilosos. Floresce de abril a setembro e frutifica de julho a novembro.

Mimosa arenosa var. *arenosa* é facilmente diagnosticada pelas amplas panículas terminais de flores brancas, que normalmente excedem ca. 20 cm as folhagens. Os frutos são plano-compressos e estipitados, características também compartilhadas por outros táxons do gênero, a exemplo, *M. acutistipula* var. *acutistipula*. No entanto, este último táxon diferencia-se principalmente pelo número de pinas (3-5 pares *vs.* 6-10 pares em *M. arenosa*) e folíolos (12-21 pares *vs.* 10-40 pares).

4. Mimosa caesalpiniifolia Benth., J. Bot. (Hooker) 4: 392. 1841. Figuras 2d, 4g-l

Arbustos eretos, 4-6 m alt. Tricomas tectores distribuídos nos ramos, estípulas, brácteas e margem do ovário. Ramos cilíndricos, aculeados, castanhos a acinzentados, pilosos; acúleos 4-8 mm compr., recurvados. Estípulas persistentes 4-6 × 0,8-1 mm, lanceoladas, pilosas. Folhas com 2-3 pares de pinas; movimentos tigmonásticos ausentes; pecíolo 1-7 cm compr.; raque 4-12 cm compr.; segmentos da raque 1,5-4 cm compr.; espículas interpinais presentes; parafilídios subulados; folíolos 2-4 pares, (25-)40-90 × (20-)25-40 mm, membranáceos a subcoriáceos, oval-obovais, ápice arredondado, base oblíqua-arredondada, margem levemente crenada, glabros, nervação craspedódroma. Espigas cilíndricas, solitárias ou 2-fasciculadas, axilares, terminais, 5-8 × 2-3 cm; pedúnculo 5-8 mm compr.; brácteas 0,7-1 mm compr., linear-oblanceoladas, glabras, ápice ciliados. Flores trímeras, diplostêmones, sésseis, 130-161 por inflorescência; cálice 0,4-0,5 mm compr., campanulado, branco-esverdeado, glabro; corola ca. 2 mm, campanulada, branco-esverdeada, glabra; lacínias patentes; filetes 5-7 mm compr., brancos; antera oblongo-ovoide, marrom; ovário ca. 1 mm compr., branco-esverdeado, subséssil, glabro; estilete 5,4-7 mm compr., branco. Craspédios 6-9 × 1-1,6 cm, coriáceos, estipitados, plano-compressos, 7-8 articulados, lineares, ápice cuneado-mucronado, base cuneada-arredondada, glabros, inermes, marrons; estípite 3-10 mm compr.; artículos quadrangulares, 6-9 × 8-13 mm; replo ligeiramente sinuoso, glabro. Sementes, 5-5,5 × 4-4,5 mm, obovoide-oblongoides, castanho-claras.

Material examinado: BRASIL, BAHIA: Jeremoabo, APA Serra Branca, Trilha que vai dos Quelés em direção a Estação Ecológica Raso da Catarina, próximo a entrada da APA, 9S 53' 1", 38W 32' 39", 650 m, 22/9/2010, D.A.O. Dourado 59, fr. (HUNEB); Trilha que vai dos Quelés em direção a Estação Ecológica Raso da Catarina, 9S 57' 25", 38W 26' 79', 500 m, 12/6/2011, D.A.O. Dourado 99, fl. (HUNEB).

Mimosa caesalpiniifolia é uma espécie endêmica do Brasil, registrada do estado de Pernambuco até o Maranhão (Barneby 1991, Queiroz 2009, Santos-Silva & Sales 2008, 2010). Na APA Serra Branca, a espécie é pouco frequente e foi provavelmente introduzida, sendo observada em áreas degradadas abertas, sobre solo arenoso e areno-argiloso. É conhecida popularmente como sabiá, encontrada com flores de abril a junho e frutos de junho a setembro.

As folhas com 2-3 pares de pinas e 2-4 pares folíolos, o tamanho amplo dos folíolos (25-)40-90 × (20-)25-40 mm com nervação

craspedódroma, filetes brancos e os frutos estipitados, a distinguem das demais espécies que ocorrem na área.

5. Mimosa lewisii Barneby, Brittonia 37: 136. 1985. Figuras 2e, 4m-r

Arbustos eretos, 1-3 m alt. Tricomas glandulares e/ou tectores, distribuídos nos ramos, estípulas, pecíolo, margem dos folíolos, raque, pedúnculos e frutos. Ramos cilíndricos, aculeados, verde-avermelhados, pubescente-puberulentos; acúleos 2-6 mm compr., retos ou discretamente recurvados. Estípulas persistentes, 2,5-4 × 0,8-1,5 mm, espinescentes, pubescentes. Folhas com (6-)8-10(-12) pares de pinas; movimentos tigmonásticos ausentes; pecíolo 0,3-2 cm compr.; raque 1-6,8 cm compr.; segmentos da raque 0,4-1 cm compr.; espículas interpinais presentes; parafilídios cilíndricos; folíolos 25-54 pares, 4-5 × 1-1,5 mm, cartáceos, discolores, oblongos, ápice arredondado, base oblíqua, margem inteira, glabros, com tricomas tectores e glandulares presentes nas margens, nervação hifódroma. Glomérulos agrupados em pseudoracemos terminais ultrapassando a folhagem, 1-1,7 cm diâm.; pedúnculo 2,5-5 cm compr.; brácteas 1,5-2 mm compr., espinescentes, glabras. Flores tetrâmeras, diplostêmones, sésseis, 14-22 por inflorescência; cálice ca. 2 × 2 mm compr., campanulado, branco-esverdeado, glabro; corola 4-5,5 mm compr., campanulada, branco-esverdeada, glabra; lacínias eretas; filetes 4-5 mm compr., brancos, antera oblongo-ovoide, esverdeada; ovário ca. 1,9 mm compr., branco-esverdeado, séssil, glabro; estilete 4-5 mm compr., branco. Craspédios 4,4-9,8 × 0,7-0,8 cm, cartáceos, curtamente estipitados, plano-compressos, 8-12 articulados, lineares a oblongos ligeiramente recurvados, ápice cuneado-mucronado, base aguda-cuneada, puberulentos com tricomas glandulares esparsos, inermes, marrom-escuros; estípite 2-3 mm; artículos quadrangulares, 7-8 × 5-6 mm; replo ligeiramente ondulado, glabro. Sementes ca. 6 × 4,5 mm, elipsoides, marrons.

Material examinado: BRASIL, BAHIA: Jeremoabo, APA Serra Branca, Trilha que vai dos Quelés em direção a Estação Ecológica Raso da Catarina, 9S 53' 1", 38W 32' 39", 650 m, 22/9/2010, D.A.O. Dourado 51, fl. (HUNEB); 4/12/2010, D.A.O. Dourado 77, fr. (HUNEB); 12/6/2011, D.A.O. Dourado 97, fl., fr. (HUNEB).

Mimosa lewisii é endêmica do nordeste brasileiro (Barneby 1985, 1991, Lewis 1987), onde ocorre nos estados de Pernambuco e Bahia, em áreas de campo rupestre, caatinga e dunas litorâneas (Barneby 1991, Queiroz 2009, Santos-Silva & Sales 2008, 2010). Esta espécie é bastante frequente na APA, conhecida popularmente como jureminha, ocorrendo em áreas preservadas e degradadas, abertas e fechadas sobre solos arenosos. Floresce e frutifica de janeiro a dezembro.

Caracteriza-se principalmente pelas estípulas espinescentes, folhas com 6-12 pares de pinas, folíolos cartáceos, pseudoracemos terminais ultrapassando a folhagem e frutos com 4,4-9,8 cm, sendo este o maior comprimento observado entre as espécies estudadas. Em campo é facilmente identificada pelos pseudoracemos terminais, que ultrapassam a folhagem até 30 cm de comprimento.

6. Mimosa misera Benth., J. Bot. (Hooker) 4: 411. 1842. Figuras 2f, 5a-f

Subarbustos prostrados a decumbentes, 0,2-0,4 m alt. Tricomas glandulares nas margens e face abaxial dos folíolos, na raque e pedúnculos. Ramos cilíndricos, inermes a raramente aculeados, verde-avermelhados, vilosos; acúleos ca. 0,4 mm compr., retos ou recurvados. Estípulas persistentes, 2-3 × 1-1,5 mm, lanceolado-ovais, ciliadas. Folhas com 2-4(-5) pares de pinas; movimentos tigmonásticos discretos; pecíolo 0,4-0,7 cm compr.; raque 0,5-1,9 cm compr.; segmentos da raque ca. 0,4 cm compr.; espículas interpinais ausentes; parafilídios ausentes; folíolos (4-)6-8 pares, 2-3 × 1-1,5 mm, cartáceos, discolores, oblongos, ápice arredondado, base oblíqua, margem esparsamente ciliada, indumento adaxial glabro, indumento abaxial pubescente, margens revestidas por tricomas glandulares, nervação hifódroma. Glomérulos solitários, axilares, 1,5-1,7 cm diâm.; pedúnculo 3-4 cm compr.; brácteas 0,5-1 mm compr., linear-oblanceoladas, glabras, ápice ciliados. Flores trímeras, diplostêmones, sésseis, 44-58 por inflorescência; cálice ca. 0,4 mm compr., campanulado, verde, glabro; corola 2-3 mm compr., campanulada, rósea, glabra; lacínias eretas; filetes 5-6 mm compr., róseos; antera oblongo-ovoide, verde-amarelada; ovário 1-1,4 mm compr., séssil glabro; estilete 4,8-5,8 mm compr., róseo. Craspédios 1,5-2 × ca. 0,4 cm, cartáceos, curtamente estipitados, plano-compressos, 2-8 articulados, elíptico-oblongos, ápice agudo-cuneado, base cuneada-atenuada, puberulento-escabrosos, armados com tricomas rígidos radiais, castanho claros; estípite 1 mm; artículos quadrados, 3-4 × 3-4 mm; replo ondulado, piloso. Sementes ca. 2 × 2,5 mm, oblongoides, marrons.

Material examinado: BRASIL, BAHIA: Jeremoabo, APA Serra Branca, Trilha que vai dos Quelés em direção a Estação Ecológica Raso da Catarina, 9S 56' 45", 38W 27' 31", 607 m, 29/7/2009, A.S. Conceição 1817, fl., fr. (HUNEB); 9S 56' 23", 38W 28' 6", 631 m, 23/9/2010, fr., D.A.O. Dourado 62 (HUNEB); 5/11/2010, D.A.O. Dourado 76, fl. (HUNEB); 9S 53' 2", 38W 32' 39", 625 m, 4/12/2010, D.A.O. Dourado 78, fl., fr., (HUNEB); 4/12/2010, D.A.O. Dourado 79, fl. (HUNEB); 9S 57' 30", 38W 26' 19", 650 m, 7/4/2011, D.A.O. Dourado 87, fl. (HUNEB).

Mimosa misera é endêmica do nordeste brasileiro, ocorrendo nos estados da Bahia, Ceará, Pernambuco e Piauí (Lewis 1987, Barneby 1991, Queiroz 2009, Santos-Silva & Sales 2008, 2010). Barneby (1991) reconheceu duas variedades para a espécie: *M. misera* var. *misera* Benth. e *M. misera* var. *subinermis* (Benth.) Barneby, baseando-se principalmente no tamanho e número de pinas e na presença ou ausência de acúleos nos ramos. Bentham (1841) considerou *M. misera* como uma "espécie imperfeita", mas não justificou sua afirmação. Barneby (1991) reconheceu a espécie como "amorfa" e "indeterminada". Segundo Queiroz (2009) *M. misera* é uma espécie muito variável em diversos caracteres, com grande sobreposição e variação local, parte da variação pode ser observada dentro de algumas populações, podendo estar relacionada ao desenvolvimento da planta. Nesse trabalho reconhecemos a espécie como um táxon bastante variável e, por esse motivo, decidimos não reconhecer aqui variedades. Na área de estudo, *M. misera* é uma espécie bastante frequente, ocorrendo em áreas degradadas abertas de vegetação arbustiva, próximo as trilhas e áreas antropizadas, em solos arenosos. É conhecida popularmente como malícia de boi. Foi coletada com flores e frutos entre os meses de fevereiro e dezembro.

Mimosa misera diferencia-se das demais espécies estudadas, por apresentar hábito subarbustivo de pequeno porte (20-40 cm), folíolos de tamanho bastante reduzido (2-3 × 1-1,5 mm) e flores trímeras, diplostêmones.

7. Mimosa piscatorum Barneby, Mem. New York Bot. Gard. 65: 286. 1991. Figuras 2g, 5g-l

Subarbustos prostrados a escandentes, 1-1,5 m alt. Tricomas tectores presentes nos ramos, estípulas, folíolos, pedúnculos, brácteas, cálice, corola, ovário e frutos. Ramos cilíndricos, verde-avermelhados, aculeados, puberulentos; acúleos 0,5-1 mm compr., recurvados. Estípulas persistentes, 2-3(-4) mm compr., subuladas, puberulentas. Folhas com 1 par de pinas, movimentos tigmonásticos rápidos; pecíolo 2-4 cm compr.; raque ausente; segmentos da raque ausentes; espículas interpinais presentes; parafilídios linear-oblongos; folíolos 8-10 pares, 7,5-9 × 2,5-4 mm, membranáceos, discolores, oblongos, ápice arredondado-agudo, base oblíqua, margem inteira, puberulentos, nervação hifódroma. Glomérulos solitários, axilares, ca. 1,5 cm diâm.; pedúnculo 0,5-1,5 cm compr.; brácteas ca. 1 mm

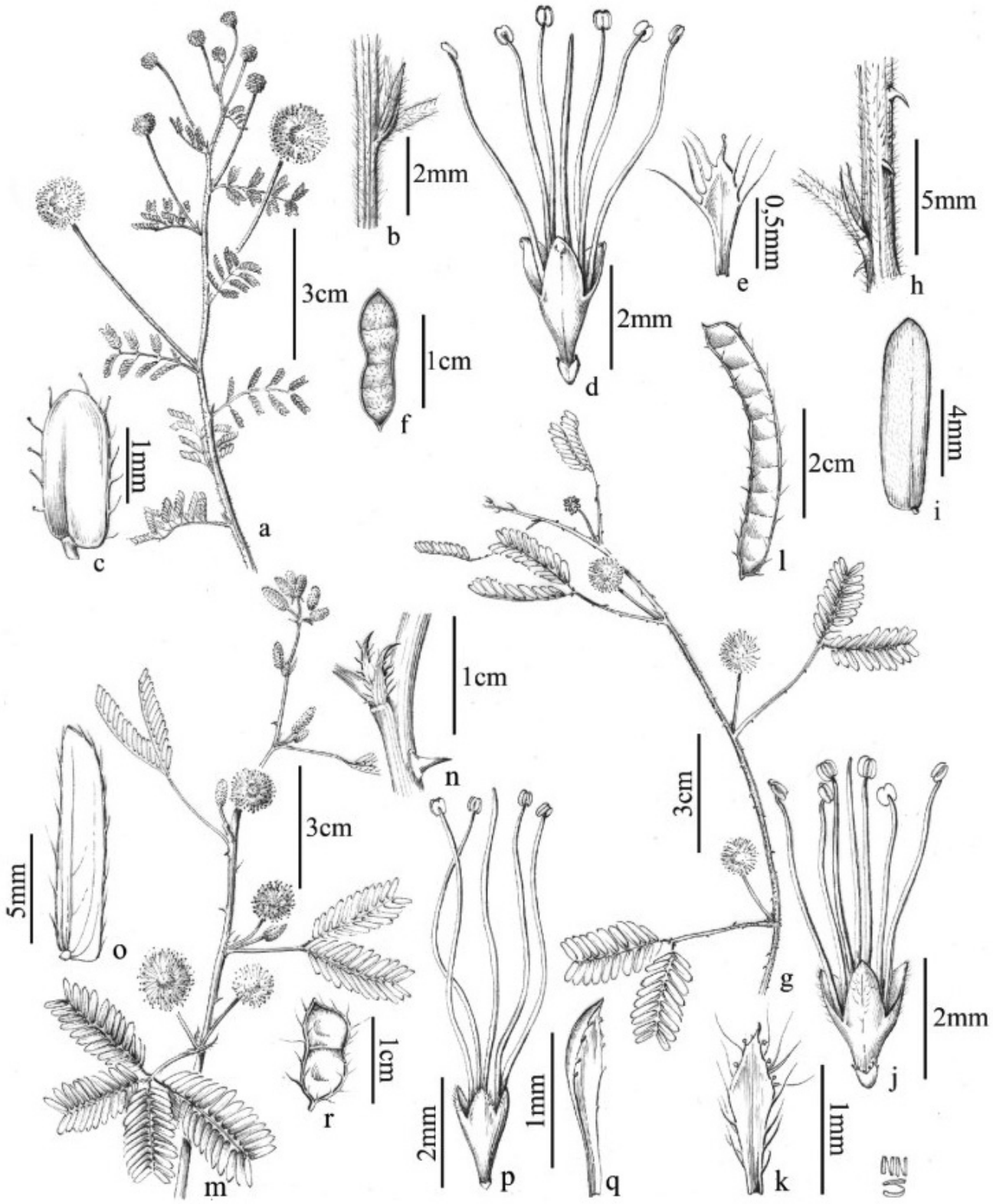


Figura 5. a-f. *M. misera* Benth.: a. ramo florido; b. detalhes das estípulas; c. folíolo, face adaxial; d. flor; e. bráctea, face adaxial; f. fruto. g-l. *M. piscatorum* Barneby: g. ramo florido; h. detalhes das estípulas e acúleos; i. folíolo, face adaxial; j. flor; k. bráctea, face adaxial; l. fruto. m-r. *M. pudica* L. var. *tetrandra* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) DC.: m. ramo florido; n. detalhes das estípulas e acúleo; o. folíolo, face adaxial; p. flor; q. bráctea, face adaxial; r. fruto. a-f. A.S. Conceição 307; g-l. D.A.O. Dourado 101; D.A.O. Dourado 63; m-r. D.A.O. Dourado 54.

Figure 5. a-f. *M. misera* Benth.: a. flowering branch; b. details of the stipules; c. leaflet, adaxial surface; d. flower; e. bract, adaxial surface; f. fruit. g-l. *M. piscatorum* Barneby: g. flowering branch; h. details of the stipules and aculei; i. leaflet, adaxial surface; j. flower; k. bract, adaxial surface; l. fruit. m-r. *M. pudica* L. var. *tetrandra* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) DC.: m. flowering branch; n. details of the stipules and aculeo; o. leaflet, adaxial surface; p. flower; q. bract, adaxial surface; r. fruit. a-f. A.S. Conceição 1817; g-l. D.A.O. Dourado 101; D.A.O. Dourado 63; m-r. D.A.O. Dourado 54.

compr., elíptico-oblanceoladas, face abaxial puberulenta, face adaxial glabra, margens ciliadas. Flores trímeras, diplostêmones, sésseis, 18-20 por inflorescência; cálice 0,5-0,6 mm compr., campanulado, verde, ciliado; corola 1,8-2 mm compr., campanulada, verde clara com máculas róseo-avermelhadas, puberulenta; lacínias eretas; filetes 3,5-4(-5) mm compr., róseos; antera oblonga, verde-amarelada; ovário 0,6-0,8 mm compr., séssil, glabro ou puberulento, estilete 3,7-4,4(-5) mm compr., róseo. Craspédios 3-4(-4,8) × 0,4(-0,5) cm, cartáceos, sésseis, plano-compressos, 3-11 articulados, lineares, ápice mucronado-cuneado, base cuneada-atenuada, castanhos, pilosos, armados com acúleos recurvados, subulados; artículos quadrangulares, 3-4 × 3-4 mm; replo levemente ondulado, piloso. Sementes 2-3 × 1,4-2 mm, obovoide-elipsoides, marrons.

Material examinado: BRASIL, BAHIA: Jeremoabo, APA Serra Branca, Trilha que vai dos Quelés em direção a Estação Ecológica Raso da Catarina, 9S 52' 53", 38W 32' 42", 650 m, 23/9/2010, D.A.O. Dourado 63, fl., fr. (HUNEB); 9S 56' 39", 38W 28' 10", 625 m, 5/11/2011, D.A.O. Dourado 73, fr. (HUNEB); 16/6/2011, D.A.O. Dourado 100, fl. (HUNEB); 9S 57' 22", 38W 26' 56", 510 m, 2/8/2011, D.A.O. Dourado 101, fl., fr. (HUNEB).

Mimosa piscatorum apresenta distribuição disjunta entre a Venezuela e nordeste do Brasil. Em território brasileiro é verificada nos estados de Pernambuco e Bahia (Barneby 1991). A espécie é frequente na APA Serra Branca, ocorrendo principalmente em áreas degradadas abertas, próxima as trilhas, em solos arenosos. Foi coletada com flores de maio a outubro e com frutos de junho a dezembro. É conhecida popularmente como malícia.

Na área de estudo, *M. piscatorum* assemelha-se a *M. pudica* var. *tetrandra,* por ambas compartilharem o hábito subarbustivo prostrado a escandente, presença de acúleos nos ramos, movimentos tigmonásticos rápidos, flores agrupadas em glomérulos e filetes róseos. No entanto, *M. piscatorum* diferencia-se de *M. pudica* var. *tetrandra* por apresentar flores trímeras e diplostêmones (*vs*. flores tetrâmeras e isostêmones).

8. Mimosa pudica var. **tetrandra** (Humb. & Bonpl. ex Willd.) DC**.**, Prodr. 2: 426. 1825**.** Figuras 2h, 5m-r

Subarbustos prostrados a escandentes, 0,4-0,6 m alt. Tricomas tectores distribuídos nos ramos, estípulas, folíolos, pedúnculos e corola. Ramos cilíndricos, aculeados, verdes, híspidos a subglabros; acúleos 2-5 mm compr., retos, infranodais, distribuídos aos pares. Estípulas persistentes, 3-6 × 0,7-1 mm; lanceolada-ovais, glabras. Folhas com (1-)2 pares de pinas; movimentos tigmonásticos rápidos; pecíolo 1,5-4,5 cm compr.; raque ca. 0,1 cm compr.; segmentos da raque 0,1-0,2 cm compr.; espículas interpinais presentes; parafilídios ovais; folíolos 11-17 pares, 5-9 × 1-2 mm, membranáceos, concolores, linear-oblongos, ápice agudo-mucronado, base oblíqua-truncada, margem inteira, glabros a ligeiramente estrigosos, nervação broquidódroma. Glomérulos axilares ou terminais, 0,8-1 cm diâm.; pedúnculo ca. 1 cm compr.; brácteas 1-1,4 mm compr., linear-oblanceoladas, glabras, margens levemente ciliadas. Flores tetrâmeras, isostêmones, sésseis, 108-128 por inflorescência; cálice campanulado diminuto, menor que 0,5 mm compr., esverdeado, glabro; corola 1,5-1,7 mm compr., campanulada, róseo-lilás, glabra com as lacínias levemente puberulentas; lacínias eretas; filetes 5-6 mm compr., róseos; antera globosa, esverdeada; ovário ca. 0,5 mm compr., subséssil, glabro, estilete 5-6 mm compr., róseo. Craspédios 0,8-1 × ca. 0,5 cm, subcoriáceos, sésseis, plano-compressos, 2-3 articulados, oblongos, ápice cuspidado-mucronado, base arredondada, glabro-híspidos, marrom-claros; artículos quadrangulares, 2-3,5 × 2-3,5 mm; replo ondulado, armado com longas setas, híspido. Sementes 2,5-3 × 2-2,6 mm, elipsoide-oblongoides, castanho-claro.

Material examinado: BRASIL, BAHIA: Jeremoabo, APA Serra Branca, Trilha que vai dos Quelés em direção a Estação Ecológica Raso da Catarina, próximo a entrada da APA, 9S 53' 1", 38W 32' 39", 650 m, 22/9/2010, D.A.O. Dourado 54, fr. (HUNEB); Fazenda Serra Branca, estrada principal, 9S 53' 43", 38W 42' 25", 375 m, 7/4/2011, D.A.O. Dourado 86, fl., fr. (HUNEB); 16/6/2011, D.A.O. Dourado 112, fl., fr. (HUNEB).

De acordo com Barneby (1991), *Mimosa pudica* ocorre na América do Norte e América do Sul, apesar de ser uma espécie natural da África e Ásia. Barneby (1991) reconheceu cinco variedades para a espécie, baseando-se principalmente no tamanho das estípulas e brácteas e no indumento da corola: *M. pudica* var. *hispida* Brenan, *M. pudica* var. *tetrandra* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) DC., *M. pudica* var. *pastoris* Barneby*, M. pudica* var. *pudica* e *M. pudica* var. *unijuga* (Walp. & Duchass.) Griseb. Na área de estudo, apenas a var. tetrandra é observada, onde é conhecida popularmente como malícia. Foi coletado em áreas degradadas, antropizadas, ao longo das trilhas, em solo arenoso e areno-argiloso. Flores e frutos foram observados nos meses de abril e setembro.

Na área de estudo, o táxon pode ser confundido com *M. piscatorum* (ver comentários em *M. piscatorum*). A espécie pode ser reconhecida na área pela combinação dos seguintes caracteres: ramos com acúleos retos, folhas com (1-)2 pares de pinas, movimentos tigmonásticos rápidos, folíolos com 5-9 × 1-2 mm, flores tetrâmeras e isostêmones.

9. Mimosa quadrivalvis var. **leptocarpa** (DC.) Barneby, Mem. New York Bot. Gard. 65: 298. 1991. Figuras 2i, 6a-g

Subarbustos prostrados a escandentes, 0,2-0,5 m alt. Tricomas tectores distribuídos nos ramos, estípulas, folíolos, pedúnculos e frutos. Ramos costados, tetragonais, aculeados, verdes, glabro-puberulentos; acúleos 1-2 mm compr., recurvados. Estípulas persistentes 4-5 × ca. 0,7 mm, lanceolada-lineares, pubescentes. Folhas com 2(-3) pares de pinas; movimentos tigmonásticos rápidos; pecíolo 1,5-5,5 cm compr.; raque 1-3,5 cm compr.; segmentos da raque 0,7-1,7 cm compr.; espículas interpinais presentes; parafilídios cônicos; folíolos 12-18 pares, 1-1,4 mm compr., membranáceos, concolores, linear-oblongos, ápice agudo-mucronado, base atenuada-oblíqua, margem inteira, fase abaxial glabra, fase adaxial puberulenta, nervação hifódroma. Glomérulos axilares, 1-1,4 cm diâm.; pedúnculo 1-1,4 cm compr.; brácteas 0,8-1 mm compr., linear-oblanceoladas, glabras. Flores pentâmeras, diplostêmones, sésseis, 22-25 por inflorescência; cálice ca. 0,5 mm compr., campanulado, verde, glabro; corola 2,5-3 mm compr., campanulada, branca, glabra; lacínias eretas; filetes 4-6 mm compr., róseos; antera oblongo-ovoide, verde-amarelada; ovário ca. 1 mm compr., verde-amarelado, subséssil, glabro, estilete 3,8-5,5 mm compr., róseo. Frutos (6-)8-15 × 0,4 cm, cartáceos, sésseis, quadrangulares em seção transversal, lineares, ápice estreitamente atenuado, base aguda, hirsutos, castanhos; valvas contínuas, não dividindo em artículos monospérmicos; replo espesso, glabro, aculeado; acúleos subulados. Sementes 2-4 × 1-2 mm, elipsoides, cinzas.

Material examinado: BRASIL, BAHIA: Jeremoabo, APA Serra Branca, Trilha que vai dos Quelés em direção a Estação Ecológica Raso da Catarina, 9S 53' 1", 38W 32' 39", 650 m, 22/9/2010, D.A.O. Dourado 55, fr. (HUNEB); Entrada da APA, 9S 57' 30", 38W 26' 19", 513 m, 12/6/2011, D.A.O. Dourado 96, fl. (HUNEB); Trilha que vai dos Quelés em direção a Estação Ecológica Raso da Catarina, próximo a entrada da APA, 9S 57' 22", 38W 26' 56", 510 m, 16/6/2011, D.A.O. Dourado 103, fl., fr. (HUNEB).

Mimosa quadrivalvis é amplamente distribuída na América tropical e subtropical (Barneby 1991). No Brasil, ocorre principalmente nos estados de Minas Gerais e Bahia. Para essa espécie foram

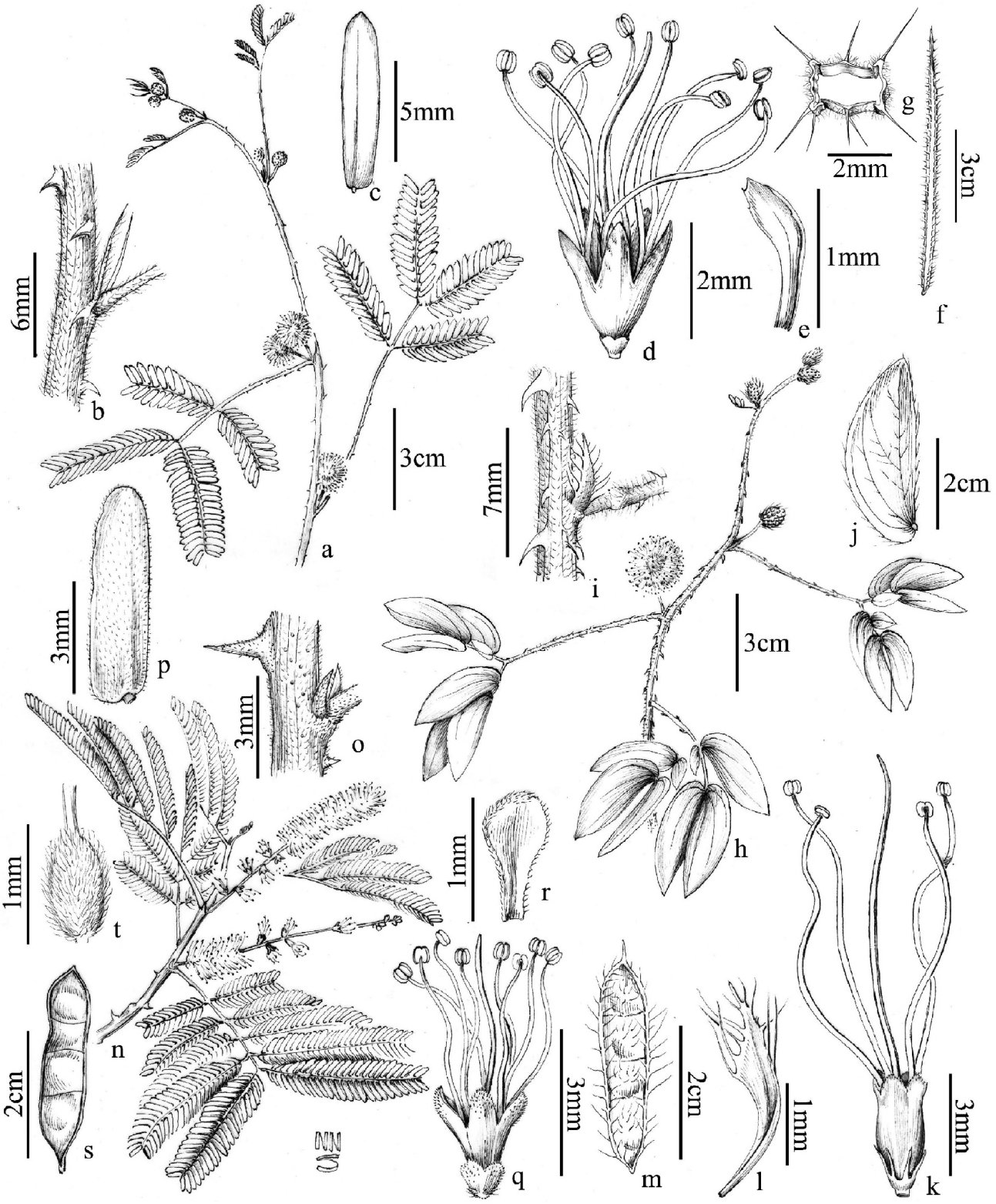


Figura 6. a-g. *M. quadrivalvis* L. var. *leptocarpa* (DC.) Barneby: a. ramo florido; b. detalhes das estípulas e acúleos; c. folíolo, face adaxial; d. flor; e. bráctea, face adaxial; f. fruto; g. corte transversal do fruto. h-m. *M. sensitiva* L. var. *sensitiva*: h. ramo florido; i. detalhes das estípulas e acúleos; j. folíolo, face adaxial; k. flor; l. bráctea, face adaxial; m) fruto. n-t. *M. tenuiflora* (Willd.) Poir.: n. ramo florido; o. detalhes das estípulas e acúleos; p. folíolo, face abaxial; q. flor; r. bráctea, face adaxial; s. fruto; t. ovário. a-g. D.A.O. Dourado 55; D.A.O. Dourado 103; h-m. D.A.O. Dourado 91; n-t. D.D. Vieira 16; D.A.O. Dourado 80.

Figure 6. a-g. *M. quadrivalvis* L. var. *leptocarpa* (DC.) Barneby: a) flowering branch; b. details of the stipules and aculei; c. leaflet, adaxial surface; d. flower; e. bract, adaxial surface; f. fruit; g. transversal cutting of the fruit. h-m. *M. sensitiva* L. var. *sensitiva*: h. flowering branch; i. details of the stipules and aculei; j. leaflet, abaxial surface; k. flower; l. bract, adaxial surface; m. fruit. n-t. *M. tenuiflora* (Willd.) Poir.: n. flowering branch; o. details of the stipules and aculei; p. leaflet, abaxial surface; q. flower; r. bract, adaxial surface; s. fruit; t. ovary. a-g. D.A.O. Dourado 55; D.A.O. Dourado 103; h-m. D.A.O. Dourado 91; n-t. D.D. Vieira 16; D.A.O. Dourado 80.

reconhecidas 16 variedades, baseado principalmente no número de pinas, tamanho do pedúnculo e na morfologia do fruto. Dentre essas variedades, apenas *M. quadrivalvis* var. *leptocarpa* ocorre na APA, em áreas degradadas, antropizadas, ao longo das trilhas, em solo arenoso. É conhecida popularmente como malícia e foi coletada com flores de abril a julho e com frutos de julho a outubro.

Esse táxon pode ser facilmente identificado na área, por ser a única espécie que possui fruto séssil, quadrangular em seção transversal, com valvas contínuas, não dividindo em artículos monospérmicos.

10. Mimosa sensitiva L. var. **sensitiva,** Sp. Pl.: 518. 1753. Figuras 2j, 6h-m

Subarbustos prostrados a escandentes, 0,4-2 m alt. Tricomas tectores distribuídos nos ramos, estípulas, folíolos, pedúnculos, brácteas, corola e frutos. Ramos cilíndricos, aculeados, verde-amarelados, puberulentos; acúleos 1-3 mm compr., fortemente recurvados, dispostos em fileiras longitudinais, estendendo-se também sobre o eixo foliar e pedúnculo. Estípulas persistentes 3-4 × ca. 1 mm, oval-lanceoladas, ciliadas. Folhas com 1 par de pinas; movimentos tigmonásticos rápidos; pecíolo 3,5-6 cm compr.; raque ausente.; segmentos da raque ausentes; espículas interpinais presentes; parafilídios subulados; folíolos 2 pares, 2,7-4,8 × 0,8-1,7 cm, membranáceos, discolores, lanceolado-falcados, ápice cuneado-mucronado, base truncada, margem ciliada, indumento adaxial glabro, indumento abaxial estrigoso-hirsuto, nervação broquidódroma. Glomérulos solitários, axilares, 2-2,7 cm diâm.; pedúnculo 2-3 cm compr.; brácteas 1,8-2 mm compr., linear-oblanceoladas, glabras, ápice ciliado. Flores tetrâmeras, isostêmones, sésseis, 65-103 por inflorescência; cálice ca. 1 mm compr., campanulado, com setas paleáceas, verde, glabro; corola 2-3 mm, campanulada, branca, externamente puberulenta; lacínias eretas ou incurvadas; filetes 8-9 mm compr., róseos; antera oblonga, verde-amarelada; ovário 0,5-1 mm compr., esverdeado, séssil, glabro; estilete 8-9 mm compr., róseo. Craspédios 1,4-2,4(-3) × 0,5-0,7 cm, coriáceos, elíptico-oblongos, sésseis, plano-compressos, 3-4 articulados, ápice acuminado-arestado, base arredondada, hirsutos, marrom-amarelados; artículos retangulares, 4-5 × 5-6 mm; replo reto, hirsuto, armado com setas longas e rígidas. Sementes, 3-4 × 2-3 mm, ovoides, acinzentadas.

Material examinado: BRASIL, BAHIA: Jeremoabo, APA Serra Branca, Trilha que vai dos Quelés em direção a Estação Ecológica Raso da Catarina, 9S 56' 23'', 38W 28' 6'', 631 m, 23/9/2010, D.A.O. Dourado 61, fr. (HUNEB); Entrada da APA, 9S 57' 30'', 38W 26' 19'', 650 m, 7/4/2011, D.A.O. Dourado 81, fl. (HUNEB); Trilha que vai dos Quelés em direção a Estação Ecológica Raso da Catarina, próximo a entrada da APA, 9S 57' 22'', 38W 26' 56'', 510 m, 7/4/2011, D.A.O. Dourado 91, fl. (HUNEB); 16/4/2011, D.A.O. Dourado 104, fl., fr. (HUNEB**).**

Segundo Barneby (1991), *Mimosa sensitiva* apresenta distribuição exclusiva da América do Sul. No Brasil ocorre na Bahia, Pernambuco, Minas Gerais e Amazônia (Barneby 1991, Santos-Silva & Sales 2008, 2010). Para essa espécie foram reconhecidas duas variedades, com base no diâmetro da inflorescência, tamanho das brácteas e filetes: *M. sensitiva* var. *malitiosa* (Mart.) Barneby e *M. sensitiva* L. var. *sensitiva,* dentre essas apenas a variedade *sensitiva* é observada na APA, crescendo em áreas degradadas, antropizadas, ao longo das trilhas, em solo arenoso e arenoso-argiloso. É conhecida popularmente como unha-de-gato, malícia ou rasga beiço. Floresce de abril a setembro e frutifica de julho a outubro.

Caracteriza-se pelos acúleos fortemente recurvados, dispostos em fileiras longitudinais, estendendo-se também sobre o eixo foliar e pedúnculo, folíolos com movimentos tigmonásticos rápidos, pinas com quatro pares de folíolos lanceolado-falcados, sendo os mais internos atrofiados, nervação broquidódroma e frutos coriáceos, hirsutos.

11. Mimosa tenuiflora (Willd.) Poir., Encycl. (Lamarck), Suppl. 1: 82. 1811. Figuras 2k, 6n-t

Arbustos a arvoretas eretos, 2,5-5 m alt. Tricomas tectores e/ou glandulares presentes nos ramos, estípulas, folíolos, pedúnculos, brácteas, cálice e frutos. Ramos cilíndricos, aculeados, castanho-nigriscentes, pubescentes; acúleos 2-8 mm compr., retos. Estípulas decíduas 0,8-1 × ca. 0,5 mm, triangulares, ciliadas. Folhas com 4-7 pares de pinas; movimentos tigmonásticos ausentes; pecíolo 0,6-1,4 cm compr.; raque 1-3,6 cm compr.; segmentos da raque 0,4-0,7 cm compr.; espículas interpinais presentes; parafilídios cônicos; folíolos 15-30 pares, 4-6 × 1-1,5 mm, cartáceos, concolores, oblongo-lineares, ápice arredondado, base oblíqua, margem discretamente ciliada, pontuações glandulares escuras translúcidas na face abaxial, glabros a puberulentos, nervação hifódroma. Espigas cilíndricas, solitárias, axilares 4,5-6 × 0,7-1 cm; pedúnculo 4-5 mm compr.; brácteas oboval-oblanceoladas, puberulentas, margens ciliadas. Flores tetrâmeras, diplostêmones, sésseis, 130-180 por inflorescência; cálice ca. 1 mm compr., campanulado, 4-angulado por nervura proeminente e recurvada, esverdeado, puberulento; corola 2-2,4 mm compr., campanulada, branca, puberulenta; lacínias incurvadas ou patentes; filetes 3-4 mm compr., brancos; antera oblonga, esverdeada; ovário ca. 1 mm compr., séssil, puberulento, estiletes 5-6 mm compr., brancos. Craspédios 2,5-3,4 × 0,7-0,8 cm, cartáceos, estipitados, plano-compressos, 4-8 articulados, oblongos, ápice cuneado-mucronado, base cuneada-atenuada, puberulentos, tricomas glandulares esparsos, inermes, marrom-amarelados; estípite 5-6 mm; artículos quadrangulares, 5-8 × 7-8 mm; replo levemente ondulado, puberulento. Sementes 3-3,5 × 1-1,5 mm, ovóides, marrons.

Material examinado: BRASIL, BAHIA: Jeremoabo, APA Serra Branca, Trilha que vai dos Quelés em direção a Estação Ecológica Raso da Catarina, 9S 53' 1", 38W 32' 39", 650 m, 22/9/2010, D.A.O. Dourado 58, fl. (HUNEB); 9S 52' 53", 38W 32' 42", 650 m, 5/11/2010, D.A.O. Dourado 71, fl., fr. (HUNEB); 9S 53' 43", 38W 30' 34", 650 m, 4/12/2010, D.A.O. Dourado 80, fr. (HUNEB); Fazenda Serra Branca, próximo à casa do IBAMA. Próximo a segunda porteira, 9S 55' 45", 38W 42' 25", 375 m, 10/9/2009, D.D. Vieira 16, fl. (HUNEB).

Mimosa tenuiflora é uma espécie amplamente distribuída no nordeste do Brasil, Venezuela, Colômbia e México, Honduras e El Salvador (Barneby 1991, Queiroz 2009, Santos-Silva & Sales 2008, 2010). Na área de estudo, é uma espécie frequente, ocorrendo em áreas preservadas e degradadas, abertas e fechadas, em solo arenoso e areno-argiloso, com flores em setembro e frutos em dezembro. Conhecida popularmente, em grande parte da região semiárida, como jurema-preta. Das cascas e raízes dessa espécie, são elaboradas bebidas usadas em rituais, por grande número de comunidades indígenas do nordeste brasileiro. Está planta contém alta concentração de N-N-dimetiltriptamina (DMT), substância capaz de promover intensas alterações de consciência e percepção (Grünewald 2008).

Dentre as espécies estudadas, *M. tenuiflora* pode ser confundida com *M. arenosa* e *M. acutistipula* var. *acutistipula*, como mencionado anteriormente. No entanto, pode ser facilmente reconhecida por apresentar os ramos enegrescidos, folíolos com pontuações glandulares escuras na face abaxial, cálice tubuloso, 4-angulado devido à presença de nervuras proeminentes e encurvadas, filetes brancos e ovário puberulento.

Agradecimentos

À FAPESB (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia) pelo apoio financeiro ao projeto (PET 0023/2007) e concessão de bolsa de mestrado ao primeiro autor (BOL 0503/2010). Aos curadores e técnicos dos Herbários visitados, pela prontidão durante a consulta das coleções. Ao Natanael Santos pelas ilustrações botânicas.

Referências Bibliográficas

ALVES, J.J. 2007. Geoecologia da caatinga no semiárido do nordeste brasileiro. CLIMEP 2:58-71.

ANDRADE-LIMA, D. 1981. The Caatinga Dominium. Rev. Bras. Bot. 4:149-163.

BARNEBY, C.R. 1985. The genus *Mimosa* (Mimosoideae) in Bahia, Brazil: new taxa and nomenclatural adjustments. Brittonia 37:125-153. http://dx.doi.org/10.2307/2806089

BARNEBY, C.R. 1991. Sensitivae Censitae. A description of the genus *Mimosa* L. (Mimosaceae) in the New World. Mem. New York Bot. Gard. 65:1-835.

BENTHAM, G. 1841. Notes on Mimoseae, with a short synopsis of species. J. Bot. 4:243-392.

BENTHAM, G. 1875. Revision of the suborder Mimoseae. Trans. Linn. Society London 30:335-664. http://dx.doi.org/10.1111/j.1096-3642.1875.tb00005.x

BENTHAM, G. 1876. Leguminosae-Mimosoideae. In Flora Brasiliensis (C.F.P. Martius, A.W. Eichler & I. Urban, eds.). Munchen, Wein, Leipzig, v.2, p.456-458.

BESSEGA, C., HOPP, H.E. & FORTUNATO, R.H. 2008. Toward a phylogeny of *Mimosa* (Leguminosae, Mimosoideae): a preliminary analysis of southern South American species based on chloroplast DNA sequence. Ann. Mo. Bot. Gard. 95:567-569. http://dx.doi.org/10.3417/2006012

BURKART, A. 1948. Las especies de *Mimosa* de la flora Argentina. Darwiniana 8:9-231.

CAMARGO-RICALDE, S.L. & GRETHER, R. 1998. Germinación, dispersión y estabelecimento de plântulas de *Mimosa tenuiflora* (Leguminosae) en México. Rev. Biol. Trop. 46:543-554.

CAMARGO-RICALDE, S.L. & GARCÍA-GARCÍA, V. 2001. El género *Mimosa* L. (Fabaceae) y la restauración ecológica. Contactos 39:34-42.

CASTELLETTI, C. H. M., SILVA, J.M.C., TABARELLI, M. & SANTOS, A.M.M. 2004. Quanto ainda resta da Caatinga? Uma estimativa preliminar. In Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação (J.M.C. Silva, M. Tabarelli, M. Fonseca & L. Lins, eds.). Ministério do Meio Ambiente, Brasília, p.91-100.

COUTINHO, A.P.S. 2009. Taxonomic Revision and Phylogenetic Studies of *Mimosa* L. sect. *Calothamnos* Barneby (Leguminosae-Mimosoideae). Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.

DUCKE, A. 1953. As leguminosas de Pernambuco e Paraíba. Mem. I. Oswaldo Cruz 51:417-461. http://dx.doi.org/10.1590/S0074-02761953000100011

DUTRA, V.F. & MORIM, M.P. 2010. *Mimosa*. In Lista de Espécies da Flora do Brasil (R.C. Forzza, P.M. Leitman, A.F. Costa, A.A. Carvalho Junior, A.L. Peixoto, B.M.T. Walter, C. Bicudo, D. Zappi, D.P. Costa, E. Lleras, G. Martinelli, H.C. Lima, J. Prado, J.R. Stehmann, J.F.A. Baumgratz, J.R. Pirani, L. Sylvestre, L.C. Maia, L.G. Lohmann, L.P. Queiroz, M. Silveira, M.N. Coelho, M.C. Mamede, M.N.C. Bastos, M.P. Morim, M.R. Barbosa, M. Menezes, M. Hopkins, R. Secco, T.B. Cavalcanti & V.C. SOUZA, orgs.). Jardim Botânico do Rio de Janeiro. http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010/FB023084 (último acesso em 03/11/2011).

FERNANDES, A.G. & BEZERRA, P. 1990. Estudo Fitogeográfico do Brasil. Stylus Comunicações, Fortaleza.

FOSBERG, F.R. & SACHET, M.H. 1965. Manual for tropical herbaria. Utrecht, Netherlands.

GIL, P.R. 2002. Wilderness – Earth's cast wild places. CEMEX, México.

GIULIETTI, A.M., R.M. HARLEY, L.P. QUEIROZ, M.R.V. BARBOSA, A.L.B. NETA, E M.A. FIGUEIREDO. 2002. Espécies endêmicas da caatinga. In Vegetação e flora da caatinga (E.V.S.B. Sampaio, A.M. Giulietti, J. Virgínio & C.F.L. Gamarra-Rojas, eds.). APNE, Recife, p.11-24.

GIULIETTI, A.M.; BOCAGE NETA, A.L.; CASTRO, A.A.J.F.; GAMARRA-ROJAS, C.F.L.; SAMPAIO, E.V.S.B.; VIRGÍNIO, J.F.; QUEIROZ, L.P.; FIGUEIREDO, M.A.; RODAL, M.J.N.; BARBOSA, M.R.V. & HARLEY, R.M. 2004. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma caatinga. In Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação (J.M.C. Silva, M. Tabarelli, M.T. Fonseca & M.V. Lins, eds.). MMA, Brasília, p.47-90.

GRÜNEWALD, R.A. 2008. Toré e Jurema: Emblemas Indígenas do Brasil. Ciênc. Cultura 60:43-45.

HARLEY, R.M. & SIMMONS, N.A. 1986. Florula of Mucugê-Chapada da Diamantina, Bahia, Brazil. Royal Botanic Gardens, Kew.

HARRIS, J.G. & HARRIS, M.W. 1994. Plant identification terminology: an illustrated glossary. 2nd ed. Spring Lake Publishing, Spring Lake.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. Estação Ecológica Raso da Catarina. 2004. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/siucweb/mostraUc.php?seqUc=148>. (último acesso em 23/02/2013).

JOBSON, R.W. & LUCKOW, M. 2007. Phylogenetic study of the genus *Piptadenia* (Mimosoideae: Leguminosae) using plastid trnL-F and trnK/matK sequence data. Syst. Bot. 32:569-575. http://dx.doi.org/10.1600/036364407782250544

LEAL, I.R., TABARELLI, M. & SILVA, J.M.C. 2003. Ecologia e conservação da Caatinga. Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.

LEAL, I.R., SILVA, J.M.C., TABARELLI, M. & LACHER JR., T.E. 2005. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. Megadiversidade. 1(1):139-146.

LEWIS, G.P. 1987. Legumes of Bahia. Royal Botanic Gardens, Kew.

LEWIS, G.P. 1995. Leguminosae. In Flora of the Pico das Almas Chapada Diamantina, Bahia, Brazil (B.L. Stannard, ed). Royal Botanic Gardens, Kew, p.368-394.

LEWIS, G.P., SCHRIRE, B., MacKINDER, B. & LOCK, M. 2005. Legumes of the world. Royal Botanic Gardens, Kew.

LEWIS, G.P. 2006. Leguminosae subfamília Mimosoideae. In Checklist das plantas do Nordeste brasileiro: angiospermas e gymnospermas (M.R.V. Barbosa, C. Sothers, S. Mayo, C.F.L. Gamarra-Rojas & A.C. Mesquita, orgs.). Ministério da Ciência e Tecnologia, Brasília, p.86-90.

LINNAEUS, C. 1753. *Mimosa*. In Species plantarum (C. Linnaeus, org). Imprensis Laurentii Salvii, Paris, p.516-523.

LUCKOW, M., WHITE, P.J. & A. BRUNEAU. 2000. Relationships among the basal genera of mimosoid legumes. In Advances in Legumes Systematics (P.S. Herendeen & A. Bruneau, eds.). Royal Botanic Gardens, Kew, p.165-180.

LUCKOW, M., MILLER J.T., MURPHY, D.J. & LIVSHULTZ, T. 2003. A phylogenetic analysis of the Mimosoideae (Leguminosae) based on chloroplast DNA sequence data. In Advances in Legume Systematics (B.B. Klitgaard & A. Bruneau, eds.). Royal Botanic Gardens, Kew, p.197-220.

MORI, S.A., SILVA, A.M., LISBOA, A. & CORADIN, L. 1989. Manual de manejo de herbário fanerogâmico. 2. ed. Centro de pesquisas do Cacau, Ilhéus.

QUEIROZ, L.P. 2002. Distribuição das espécies de Leguminosae na caatinga. In Vegetação & flora da caatinga (E.V.S.B. Sampaio, A.M. Giulietti, J. Virgínio & C.F.L. Gamarra-Rojas, eds.). Recife, Associação de Plantas do Nordeste – APNE, p.141-153.

QUEIROZ, L.P. 2009. Leguminosas da Caatinga. Editora Universitária da UEFS, Feira de Santana.

RADFORD, A.E., DICKINSON, W.C., MASSEY, J.R. & BELL, C.R. 1974. Vascular plant systematics. Harper et Row, New York.

SAMPAIO, E.V.S.B. 1995. Overview of the Brazilian Caatinga. In Seasonally dry tropical forests (S. Bullock, H. Mooney & E. Medina,

eds.). Cambrige University Press, p.34-63. http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511753398.003

SANTOS-SILVA, J. & SALES, M.F. 2008. O gênero *Mimosa* (Leguminosae-Mimosoideae) na microrregião do Vale do Ipanema, Pernambuco. Rodriguésia 59:435-448.

SANTOS-SILVA, J. & SALES, M.F. 2010. Diversidade e potencial econômico de *Mimosa* L. (Leguminosae-Mimosoideae) em Pernambuco, Brasil. In Biodiversidade, potencial econômico e processos ecofisiológicos em ecossistemas nordestinos (U.P. Albuquerque, A.N. Moura & E.L. Araújo, eds). NUPEEA, Recife, p.283-313.

SIMON, M.F., GRETHER, R., QUEIROZ, L.P., SARKINEN, T.E., DUTRA, V.F. & HUGHES, C.E. 2011. The evolutionary history of *Mimosa* (Leguminosae): Toward a phylogeny of the sensitive plants. Am. J. Bot. 98:1201-1221. http://dx.doi.org/10.3732/ajb.1000520

SULAIMAN, S.F., CULHAM, A. & HARBORNE, J.B. 2003. Molecular phylogeny of Fabaceae based on rbcL sequence data: with special emphasis on the tribe Mimoseae (Mimosoideae). Asia-Pac. J. Mol. Biol. 11:9-35.

THIERS, B. 2011. Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. http://sweetgum.nybg.org/ih/ (último acesso em 23/02/2013).

VELLOSO, A.L., SAMPAIO, E.V.S.B. & PAREYN, F.G.C. 2002. Ecorregiões propostas para o Bioma Caatinga. Associação Plantas do Nordeste, Recife.

Recebido em 22/06/2013
Versão reformulada recebida em 01/10/2013
Publicado em 06/11/2013

Apêndice

Apêndice 1. Lista de material adicional examinado.

Appendix 1. List of additional material examined.

Almeida, E.F. 1 (3); **Barreto, M.** 50 (11); **Bastos, B.B.** 539 (3); **Bautista, H.P.** 263 (11), 741 (5), 1508 (1), 1596 (4); **Brazão, J.E.M.** 226 (2); **Cardoso, D.** 79 (1), 90 (11), 128 (3); **Carneiro, D.** 1810 (11); **Carneiro, J.** 75550 (3); **Carvalho, A**. 3151 (3); **Carvalho, G.M.** 23 (4); **Carvalho-Sobrinho, J.G.** 398 (1); **Conceição, A.A**. 2807 (2); **Cordeiro, L.M.** 96 (11), 142 (11), 173 (11); **Edna, L.P.G.** 776 (8); **Fotius, G.** 3477 (1); **Giulietti, A.M.** 1803 (1), 1862 (1), 2024 (2), 2059 (3); **Gonçalves, L.M.C.** 90 (10); **Guedes, M.L.** 7315 (1), 10527 (11), 13120 (11), 13900 (5), 14114 (5), 15826 (1), 16907 (5), 17031 (10), 18224 (8), 18319 (10); **Guimarães, M.D.M**. 32 (11); **Hage, J.L.** 1854 (4); **Harley, R.M.** 7491 (11), 7492 (10), 19112 (6), 54862 (6); **Hatschbach, G.** 39516 (11), 42092 (1), 42305 (11), 44275 (11), 50041 (11), 53356 (11), 63085 (5), 63226 (10), 63351 (8), 65104 (10), 67747 (1), 68432 (8), 75394 (8), 78484 (9), 78675 (11); **Jesus, N.G.** 140 (8); **Lewis, G.P.** 936 (10); **Lima, L.C.L.** 174 (3), 175 (2); **Loureiro, D.M.** 309 (11); **Machado, T.O.** 5 (5); **Martins, M.** 1628 (3); **Melo, E.** 6632 (5), 6698 (3), 6789 (6), 7332 (6); **Miranda, E.B.** 619 (5); **Moruz, C.V.A.** 68 (8); **Nascimento, A.F.S.** 52 (3); **Nascimento, N.S.** 3704 (5), 3734 (5), 4550 (2); **Noblick, L.R.** 1610 (10), 2629 (4), 2849 (5), 3418 (5); **Nunes, T.C.** 376 (9), 398 (11), 479 (11), 500 (11); **Pacheco, L.M.** 32 (8); **Passos, L.P.** 257 (3); **Pereira, G.** 9093 (2); **Pereira, R.** 1129 (3); **Oliveira, A.** 13 (10); **Oliveira, C.G.** 336 (1); **Oliveira, E.** 137 (5); **Oliveira, E.L.P.G.** 170 (10), 677 (11), 795 (10); **Oliveira, L.B.** 7 (2); **Orlandi, R.P.** 329 (5), 442 (10); **Queiroz, L.P. de** 96 (3), 436 (11), 1702 (11), 2612 (10), 2677 (9), 3830 (3), 3846 (9), 4427 (8), 4432 (9), 4546 (5), 4663 (3), 4870 (1), 6561 (1), 6580 (1), 7322 (3), 7924 (3), 9576 (3); 10064 (1); **Ribas, O.S.** 75661 (3); **Roque, N**. 1782 (4); **Salgado, O.A.** 378 (3); **Santos, J.B.** 2347 (5); **Sena, T.S.N.** 3247 (3); **Silva, L.A.M.** 2046 (10); **Silva, R.A.** 1127 (11), 1460 (4), 1659 (11), 1853 (1); **Silva, S.B.** 367 (1); **Silva, T.R.S.** 96 (2); **Souza, V.C.** 2122 (4); **Tourinho, R.** 37 (1); **Wilson, G.** 3260 (2).

Floral-oil-producing Plantaginaceae species: geographical distribution, pollinator rewards and interactions with oil-collecting bees

Aline Cristina Martins[1,3] & Isabel Alves-dos-Santos[2]

[1]Pós-graduação em Entomologia, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo – USP, CEP 14040-901, Ribeirão Preto, SP, Brazil
[2]Departamento de Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo – USP, CEP 05508-090, São Paulo, SP, Brazil
[3]Corresponding author: Aline Cristina Martins, e-mail: aline_cmartins@yahoo.com.br

MARTINS, A.C. & ALVES-DOS-SANTOS, I. **Floral-oil-producing Plantaginaceae species: geographical distribution, pollinator rewards and interactions with oil-collecting bees.** Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/en/abstract?article+bn01313042013

Abstract: Floral oils as reward to pollinators occur in eleven plant families and appeared at least 28 times in the evolutionary history of flowering plants. They are produced in epithelial or tricomatic glands and collected by oil bee visitors. The present paper focuses on floral-oil-producing species of Plantaginaceae, a Neotropical group namely *Angelonia* clade. This group comprises around 40 described species in the genera *Angelonia*, *Basistemon* , *Monttea* , *Monopera* and the oil-less *Melosperma* . We present a revision of all species of the *Angelonia* clade, their geographical distribution, resources offered to pollinators and records of flower visitors, especially oil-collecting bees. These plants rely only on oil-collecting species in the tribe Centridini and Tapinotaspidini for a successful pollination, being the interaction between both partners an especial case of bee/flower adaptation in Neotropical region. Some bee species depend only on the oil of Plantaginaceae flowers to survive, while others can collect on several floral oil sources. The pollinating bees explore the oil glands located in sacs using specialized hairs in the forelegs. With this study, we hope to inspire further research relating to this fascinating group of plants, in which most species are rare and occur in highly endangered habitats in South American open vegetation biomes.
keywords: *plant-insect interactions, oil-collecting bees, oil-flowers, Plantaginaceae, Apidae.*

MARTINS, A.C. & ALVES-DOS-SANTOS, I. **As espécies produtoras de óleo floral da família Plantaginaceae: distribuição geográfica, recursos oferecidos e interações com abelhas coletoras de óleo.** 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/pt/abstract?article+bn01313042013

Resumo: Os óleos florais como recompensa a polinizadores estão presentes em onze famílias e surgiram ao menos 28 vezes na história evolutiva das plantas floríferas. Estes são produzidos em glândulas tricomáticas ou epiteliais e coletados por abelhas coletoras de óleo. O presente trabalho foi focado nas espécies produtoras de óleo floral de Plantaginaceae, um grupo neotropical conhecido como clado *Angelonia*. Este grupo compreende cerca de 40 espécies nos gêneros *Angelonia*, *Basistemon*, *Monttea*, *Monopera* e *Melosperma*, que não produz óleo floral. Nós apresentamos uma revisão de todas as espécies no clado *Angelonia*, sua distribuição geográfica, recursos oferecidos e registros de visitantes florais, especialmente abelhas coletoras de óleo. Estas plantas dependem das abelhas coletoras de óleo das tribos Centridini e Tapinotaspidini para uma polinização bem-sucedida, sendo a interação entre ambos os parceiros um caso especial de adaptação abelha/planta na Região Neotropical. Algumas espécies dependem somente do óleo coletado em espécies do clado *Angelonia*, enquanto outras também podem coletar em várias fontes de óleos florais. Essas abelhas exploram as glândulas de óleo localizadas em bolsas utilizando pelos especializados nas pernas anteriores. Com o presente trabalho esperamos inspirar estudos futuros com este fascinante grupo de plantas, que são em sua maioria espécies raras e que ocorrem nos altamente ameaçados biomas de vegetação aberta da América do Sul.
Palavras-chave: *interações inseto-planta, abelhas coletoras de óleo, flores de óleo, Plantaginaceae, Apidae*

Introduction

The origin of floral oil production in angiosperms is polyphyletic as well as the oil-collecting behavior in bees (Renner & Schaefer 2010). Specifically floral oil production evolved at least 28 times and was lost 36-38 times in the evolutionary history of flowering plants (Renner & Schaefer 2010). Stefan Vogel (Univ. Vienna) first observed oil production glands on the corolla of *Angelonia* and *Calceolaria* (Vogel 1969). Further Vogel's investigations were compiled in extensive monographs, where he distinguished the oil-producing glands in two types: I. Trichomatic elaiophores - fields of hundreds to thousands of glandular trichomes (Cucurbitaceae, Iridaceae, Myrsinaceae (*Lysimachia*), part of Orchidaceae, Scrophulariaceae s.l., Solanaceae (*Nierenbergia*)); and II. Epithelial elaiophores - groupings of secretory epidermal cells recovered by a thin cuticle (Krameriaceae, Malpighiaceae and part of Orchidaceae) (Vogel 1974, 1986, 1990). Nowadays this floral reward is the third most common reward to specialized pollinators (Simpson & Neff 1981).

Neotropical oil-producing species in Plantaginaceae and Calceolariaceae were until recent years classified in the traditional and polyphyletic family Scrophulariaceae (Olmstead et al. 2001). Scropulariacae *sensu lato* comprised also the African floral-oil-producing genera *Anastrabe*, *Bowkeria* and *Ixianthes*, which were re-classified in Stilbaceae, and *Alonsoa*, *Colpias*, *Diascia* and *Hemimeris*, which were maintained in Scrophulariaceae *sensu stricto* (Olmstead et al. 2001, Oxelman et al. 2005). Furthermore the Neotropical Andean genus *Calceolaria*, with around 200 species, (Molau 1988), was classified in the new family Calceolariaceae (Olmstead et al. 2001) while the remaining Neotropical oil genera were re-classified in the newly expanded Plantaginaceae (Albach et al. 2005).

Plantaginaceae is a widespread family that comprises about 90 genera and 1900 species mainly distributed in temperate regions. In general, it is difficult to distinguish from Scrophulariaceae *sensu stricto* and related families, all possessing large and zygomorphic flowers (Stevens 2012). On the other hand, the oil-producing species appeared only in the tribe Angeloniae, which comprises also the oil-less *Ourisia*, sister-group to *Angelonia* clade (Albach et al. 2005). The production of floral oils as a reward to pollinators in the *Angelonia* clade seems to be an ancestral condition, with losses in *Basistemon*, and origin of nectaries in *Melosperma andicola* and *Monttea,* which offers oil and nectar. (Simpson et al. 1990, Vogel & Cocucci 1995, Sérsic & Cocucci 1999, Tadey 2011). Moreover another Plantaginaceae, *Mecardonia tenella* was reported to attract males and females of the oil-collecting bee *Lanthanomelissa betinae* (Cappellari et al. 2009), but the purpose of the visit remains unknown. However the evidence of oil-production in *M. tenella* deserves further investigation, but since this genus is included in Gratiolae, which is sister-group to Angeloniae (Albach et al. 2005), it could represent an ancestral state of oil-production in Plantaginaceae (Cappellari et al. 2009).

In this paper, we compiled all species of the *Angelonia* clade, their geographical distribution, morphological traits related to pollination in oil flowers and oil-collecting visitors. We discuss the gaps in the available information and in pollination studies, and the information that would be required for a better understanding of the interaction of the flowers and their bee visitors.

How the Data was Compiled

Data on the taxonomy and geographical distribution of the plants were compiled from Barringer (1981, 1983, 1985) and Souza & Giulietti (2009). Taxonomic information for species occurring in Brazil was updated according to Souza & Giulietti (2009) synonym proposal. Information about pollination and interactions with flower visitors was compiled from the literature using the website Web of Knowledge (http://www.webofknowledge.com/) and Google Scholar (http://scholar.google.com) by searching for the keywords: *oil-bees*, *oil-flowers*, *Plantaginaceae*, *Neotropical*, as well as the name of plant and bee genera involved in the described interactions (for example, *Angelonia* or *Centris*). The names of flower bee visitors were updated according to Moure et al. (2012). The resources offered to flower visitors were inferred through the morphological features of the flowers, as described in the literature (e.g. the presence of nectaries or elaiophores). Vegetation types for the localities where pollination studies were performed, when not described in the respective papers, were inferred by assembling the geographic coordinates of the study site with the WWF map of ecoregions (Olson & Dinerstein 2002) in DIVA-GIS (Diva-Gis, 2011).

Morphological features for the oil producing species were compiled from the literature (Barringer 1981, 1983, 1985, Souza & Giulietti 2009, Simpson et al. 1990, Sérsic & Cocucci 1999). We consider here the most important features related to flower visitors, the presence of the developed calluses and size of oil sacs (Martins et al. 2013). Here is used the term *proximal callus* (Vogel & Machado 1990), for the structure of *Angelonia* flowers named also as *anterior callus* (Vogel & Machado 1990), *horn* (Barringer 1981) or *appendix* (Souza & Giulietti 2009). The term "*oil sac*" was preferred to refer to the place where most of the glandular trichomes were located in the corolla of Plantaginaceae oil-flowers, instead of *giba* (Souza & Giulietti 2009), *pouch* (Vogel & Machado 1990) or *spur*, the common term used for the Scrophulariaceae s.l. flowers (Steiner & Whitehead 1990).

For illustration and comparative purposes, three species in the clade were collected in the following localities in Brazil, with the respective coordinates: *Angelonia eryostachis,* Rio Preto State Park in São Gonçalo do Rio Preto (Minas Gerais) (18° 12' S, 43° 19' W); *Angelonia integerrima*, Vila Velha State Park in Ponta Grossa (Paraná) (30° 07' S, 51° 14' W); and *Basistemon silvaticus*, Porto Murtinho (Mato Grosso Sul) (21° 37' S, 57° 49' W). The collected flowers were fixed in FAA (37% formaldehyde, acetic acid and 50% ethanol, 1:1:2). Those species were selected because they are relatively unknown in terms of morphology and interactions with pollinators and represent different morphological types within the Plantaginaceae oil-producing species. The localities for collecting were chosen according to the geographical distribution of the species (Souza & Giulietti 2009), as well as accessibility.

Fresh flowers of *A. integerrima* were dissected tangentially or kept completely for photographs in different views. Several pictures of each view were captured with a camera coupled to a Leica Stereoscopic Microscope, and later assembled with Automontage Pro *software*. *A. eryostachis* and *B. silvaticus* flowers were dissected by cutting them tangentially, and one of each was illustrated using a camera lucida. The images were then treated in CorelDraw.

Angelonia clade

The clade *Angelonia* comprises the five genera *Angelonia*, *Basistemon*, *Monttea*, *Monopera* and *Melosperma* (Albach et al. 2005) (Figure 1). In fact, the phylogenetic position of *Monopera* within the *Angelonia* clade (Albach et al. 2005) is inferred by morphological similarities with *Angelonia* (Barringer 1983). Although records of the environments in which they occur are incomplete, the available data show that the species of this clade are more strongly associated with open and dry vegetation areas, such as the savannas, seasonally dry tropical forest and Chaco biomes in Neotropical Region.



Figure 1. Floral-oil-offering species in Plantaginaceae. **a**. *Monopera perennis*, Porto Murtinho (21° 34' 21'' S e 57° 48' 65'' W), Brazil (Photo by Gabriel A. R. Melo); **b**. *Monttea aphylla*, Villavicencio Natural Reserve, Argentina (32° 35' 7'' S, 68° 59' 2'' W) (Photo by Mariana Taniguchi); **c**. *Angelonia goyazensis*, Rio Preto State Park, Brazil; **d**. *Basistemon silvaticus*, Porto Murtinho, Brazil.

The most widely distributed and diverse genus is *Angelonia* (Figure 2a), with around 30 species that occur from Mexico to Argentina (Barringer 1981, Souza & Giulietti 2009) (Table 1). These numbers are possibly inaccurate, however, as this genus needs a taxonomic revision (VC Souza, personal communication). Many *Angelonia* species are endemic to Brazil (e.g. *A. alternifolia*, *A. arguta*), while some are distributed broadly in South and Central America, as *A. angustifolia* (Table 1). *Angelonia* species are herbs or shrubs and live in humid or flooded soil near rivers (Figure 2b). On the other hand, *Monopera* contains only two herbaceous species, *M. perennis*, occurring in Brazil (Mato Grosso do Sul) and Paraguay, and *M. micrantha*, occurring in seasonally dry tropical forest in northeastern Brazil (Souza & Giulietti 2009). Records of *Monopera* are rare in both herbaria and literature: there are only 27 records in the database of Species Link (http://www.splink.org.br/).

Basistemon occurs in parts of Central Brazil and across the Andean countries Argentina, Bolivia, Colombia, Peru and Venezuela (Barringer 1985). Barringer (1985) consider eight species in this genus, however Souza & Giulietti (2009) synonymized *B. argutus*, *B. intermedius*, *B. klugii*, and *B. pulchellus* in *B. peruvianus* due to the many characters in common and slightly differences that does not justify the separation. In addition, *Basistemon* species are rarely collected, and for most of these species, with the exception of *B. silvaticus* and *B. spinosus*, we known only the type specimens.

Monttea and *Melosperma* are sister-groups (Albach et al. 2005). *Monttea* present three species occurring in Argentina and Chile: *M. aphylla*, *M. chilensis* and *M. schickendantzii*, while *Melosperma* comprises only one species, *M. andicola*. The *Monttea* and *Melosperma* species occur only in arid regions of temperate South America, being the last one restricted to Andean regions (Sérsic & Cocucci 1999).

Morphology of Plantaginaceae Oil-Rewarding Flowers

The floral-oil-producing Plantaginaceae vary in terms of habit and morphology, although some traits are common to all species, such as purple or white flowers, two pairs of stamens and trichomatic elaiophores located in one or two sacs (Table 2). The flowers are gamopetalous, forming a not-very-well-defined tube, which, in the majority of *Angelonia* species, possess five lobes and is similar to an open mouth (Figure 1c). The pair of oil sacs varies between species in size and shape, and holds the trichomatic elaiophores (Figure 3a,b) (Table 2), which bees explore with their forelegs (Vogel 1974). In *Angelonia* clade, both male and female reproductive organs are located in the superior part of the corolla entrance (Figures 4 and 5), and at least in *Angelonia* and *Basistemon* the development is protandrous, a mechanism to avoid self-pollination. The flowers of *M. aphylla*, is weakly self-compatible and minimally autogamous, as well as most of species studied by Vogel & Machado (1991). The literature present data on the pollination biology of six species of *Angelonia*: *A. salicariifolia* (cited as *A. hirta*), *A. campestris* (cited as two species, *A. bisaccata* and *A. hookeriana*), *A. pubescens*,

Table 1. Geographical distribution, flower resources offered, and flower visitors of oil-producing Plantaginaceae species (*Angelonia* clade): *Angelonia, Basistemon, Melosperma, Monopera* and *Monttea* (according to Albach et al. 2005, with inclusion of the *Monopera* genus). Offered resource: O: oil, P: pollen and N: nectar. Species names are cited as well as the pollination studies conducted on their flowers, and the synonyms correspond to the Souza & Giulietti (2009) proposal for Brazilian species. Information on geographical distribution was compiled from Barringer (1981, 1983, 1985), with the addition of data from Souza & Giulietti (2009) for *Angelonia*, *Monopera* and *Basistemon*, and from Simpson et al. (1990) and Sérsic & Cocucci (1999) for *Monttea* and *Melosperma*. 3. The vegetation type used was that mentioned in the original work on the pollination ecology of each species, except for cases where the vegetation was not described, and, in this case ecoregions from the world system were used instead (Olson & Dinerstein 2002). For bee's author's names see Moure et al. 2012.

Species[1]	Synonym	Geographical distribution[2]	Offered resource	Flower visiting species and resources they collect	Localities and vegetation type[3] where pollination studies were conducted
Angelonia					
A. acuminatissima	-	*Bolivia* (Santa Cruz) and *Paraguay* (Concepción)	O, P	-	-
A. alternifolia V.C. Souza	-	*Brazil* (Goiás)	O, P	-	-
A. minor Fisch. & C.A. Mey	*A. angustifolia*	*Brazil* (Acre, Alagoas, Amapá, Amazonas, Bahia, Mato Grosso, Pará), *Costa Rica*, *Cuba*, *Jamaica* and *Mexico*.	O, P		
A. arguta Benth	*A. serrata*	*Brazil* (Bahia, Ceará, Espírito Santo, Minas Gerais, Pernambuco, Piauí)	O, P	-	-
A. biflora Benth	*A. grandiflora*	*Brazil* (Ceará, Pernambuco, Paraíba, Piauí, Rio Grande do Norte)	O, P	**Oil**: *Centris* (*Hemisiella*) *trigonoides*, *Centris* (*Trachina*) *fuscata* (Vogel 1974)	- Tropical rainforest/Macapá (AP)
A. blanchetii Benth	-	*Brazil* (Bahia, Minas Gerais)	O, P	-	-
A. campestris	*A. bisacata, A. hookeriana*, *A. ciliolata*	*Brazil* (Bahia, Ceará, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí)	O, P	**Oil**: *Centris* (*Paracentris*) *xanthomelaena*, *Tetrapedia* cf *rugulosa* - **Pollen**: *Plebeia mosquito, Trigona spinipes* (Vogel & Machado 1991)	Caatinga (Seasonally dry tropical forest)/ Alagoinhas (PE)
A. ciliaris B.L. Rob	-	*Belize* (Belize, El Cayo, Orange Walk), *Guatemala* (Peten) and *Mexico* (Tabasco)	O, P	-	-
A. chiquitensis Herzog	-	*Bolivia* (only known holotype of Santa Ana de Chiquitos, Santa Cruz)	O, P	-	-
A. cornigera Hook	*Psydium cornigerum*	*Brazil* (Bahia, Espírito Santo, Maranhão, Pernambuco, Paraíba, Piauí, Sergipe)	O, P	**Oil**: *Caenonomada unicalcarata, Centris hyptidis, Tapinotaspis nordestina*; **oil and pollen:** *Chalepogenus* sp. (Aguiar & Melo 2009, Machado et al. 2002, Martins et al. 2013)	Caatinga (Seasonally dry tropical forest)/Buíque (PE) and São Miguel do Tapuio (PI)
A. crassifolia Benth	-	*Brazil* (Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais)	O, P	-	-
A. eriostachys Benth.	*A. spectabilis*	*Brazil* (Minas Gerais)	O, P	**Oil**: *Centris (Paracentris) burgdorfi*; *Centris (Xanthemisia) bicolor*; *Tetrapedia* cf. *peckolti,*Martins et al 2013.	Cerrado (São Gonçalo do Rio Preto, MG)

Table 1. Continued...

Species[1]	Synonym	Geographical distribution[2]	Offered resource	Flower visiting species and resources they collect	Localities and vegetation type[3] where pollination studies were conducted
A. goyazensis Benth.	-	*Brazil* (Bahia, Distrito Federal, Minas Gerais)	O, P	**Oil**: *Centris (Centris) aenea*; *Centris (Paracentris) burgdorfi; Centris (Paracentris) klugii, Paratetrapedia punctata;* **Oil and pollen**: *Arhysoceble* sp (Martins et al 2013)	Cerrado (São Gonçalo do Rio Preto , MG)
A. haslerana Chodat.	-	*Paraguay* (Caaguazu, Central, La Cordillera, Paraguari, San Pedro)	O, P	-	-
A. incurata Barringer	-	*Argentina* (Chaco, Corrientes, Formosa, Misiones), *Paraguay* (Boquerón, Central, Concepción, Itapua, La Cordillera, Olimpo, Paraguari, Presidente Hayes)	O, P	-	-
A. integerrima Spreng.	-	*Argentina* (Chaco, Corientes, Entre Rios, Formosa, Misiones, Santa Fé); *Brazil* (Mato Grosso do Sul, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo), *Paraguay* (Misiones, Paraguari, San Pedro) and *Uruguay* (Rio Negro, Rivera).	O, P	**Oil**: *Arhysoceble* sp, *Centris* (*H.*) *trigonoides*, *Centris* (*Hemisiella*) *vulpecula*, *Centris* (*T.*) *fuscata*; **oil and pollen:** *Arhysoceble* aff. *huberi*, *Chalepogenus* aff. *luciane*, *Tetrapedia* spp. **Pollen**: *Dialictus* sp, *Mourella caerulea*, *Trigona spinipes*, *Plebeia droryana*, *Plebeia emerina* (Gonçalves & Melo 2005, Martins et al. 2013, Pinheiro et al. 2008, Vogel 1974)	Cerrado/ Pirassununga (SP) Campos sulinos/ Ponta Grossa (PR), Porto Alegre and Viamão (RS)
A. jamaicensis Barringer	-	*Jamaica*	O, P	-	-
A. linarioides Taub.	-	*Brazil* (Bahia, Goiás, Minas Gerais)	O, P	-	-
A. parviflora Barringer	-	*Mexico* (Yucatán)	O, P	-	-
A. pilosella J. Kickx f.	-	*Cuba* (Camaguay, Isla de Pinos, Las Villas, Oriente, Pinar del Rio)	O, P	-	-
A. pratensis Gardner	-	*Brazil* (Bahia, Ceará, Goiás, Minas Gerais, Piauí)	O, P	-	-
A. procumbens Nees & Mart.	*A. cofreana, A. veronicoides Physidium prucumbens, Schelveria arguta,*	*Brazil* (Bahia, Minas Gerais)	O, P	-	-

Table 1. Continued...

Species[1]	Synonym	Geographical distribution[2]	Offered resource	Flower visiting species and resources they collect	Localities and vegetation type[3] where pollination studies were conducted
A. pubescens Benth.		*Brazil* (Alagoas, Bahia, Ceará, Goiás, Maranhão, Pará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte)	O, P	**Oil**: *Centris thelyopsis*, *Tetrapedia* cf *rugulosa* **Oil and Pollen**: *Centris hyptidis, Arhysoceble huberi* (Martins et al. 2013, Vivallo & Melo 2009, Vogel & Machado 1991)	Caatinga (Seasonally dry tropical forest) Alagoinhas (PE) Teresina de Goiás (Caatinga)
A. salicariifolia Humb. & Bompl.	*A. evitae A. hirta, A. gardneri, A. leandrii, Physidium gardneri*	*Brazil* (Alagoas, Bahia, Espírito Santo, Mato Grosso do Sul, Paraíba, Pernambuco, Rio de Janeiro, Sergipe), *Argentina* (Corrientes, Formosa, Misiones), *Colombia, Cuba, Guiana, Paraguay, Puerto Rico, Trinidad e Tobago* and *Venezuela*	O, P	**Oil**: *Centris* (*T.*) *fuscata*, *C.* (*Centris*) *aenea*, *C.* (*H.*) *trigonoides*, *C.* (*Hemisiella*) *tarsata*, *C.* (*P.*) *xanthomelaena*, *Centris* (*Melacentris*) *obsoleta* (Machado et al. 2002; Vogel & Machado 1991), *Centris* (*H.*) *analis*, *Caenonomada bruneri*; **oil and pollen**: *Tetrapedia* sp; **pollen**: *Dialictus* sp (Aguiar & Melo 2009, Martins et al. 2013).	Chaco/Porto Murtinho (MS) Caatinga (Seasonallydry tropical forest)/Alagoinhas (PE)
A. tomentosa Moricand ex Benth	-	*Brazil* (Bahia, Goiás, Minas Gerais)	O, P	-	-
A. verticillata Philcox	-	*Brazil* (Bahia)	O, P	-	-
Basistemon					
B. bogotensis Turcz	-	*Colombia* (Cundinamarca) and *Venezuela* (Falcon)	P (?)	-	-
	-	*Peru* (Huanuco)	P (?)	-	-
B. peruvianus Benth ex. B.D. Jacks	*B. pulchellus, B. klugii, B. argutus, B. intermedius* Edwin	*Bolivia* (El Beni), *Brazil* (Rio de Janeiro, Mato Grosso), *Peru* (San Martin)	O (?), P (?)	-	-
B. silvaticus (Herzog) Baehni & J.F. Macbr.	*Saccanthus silvaticus*	*Bolivia* (Chuquisaca) and *Brazil* (Mato Grosso do Sul)	O, P	**Oil**: *Centris hyptidoides*, *Arhysoceble* aff. *huberi*, *Caenonomada bruneri*, *C.* aff. *unicalcarata*; **oil and pollen**: *Tetrapedia* cf. *peckoltii*; **pollen**: *Dialictus* sp. (Martins et al. 2013).	-
B. spinosus Chodat (Moldenke)	*Saccanthus violaceus*	*Argentina* (Salta, Jujuy, Formosa, Tucuman), *Bolivia* (Chuquizaca, Santa Cruz) and *Paraguay* (Chaco, Concepción)	O, P	**Oil**: *Arhysoceble* aff. *huberi* (cited as *Paratetrapedia* sp.) (Vogel & Cocucci 1995)	Chaco/ Yaquiasmé (Salta)
Melosperma					
M. andicola Benth		*Argentina* and *Chile*	N, P	-	Andean/Parque Nacional Aconcagua (Mendoza)

Table 1. Continued...

Species[1]	Synonym	Geographical distribution[2]	Offered resource	Flower visiting species and resources they collect	Localities and vegetation type[3] where pollination studies were conducted
Monopera					
M. micrantha (Benth.) Barringer	*A. micrantha*	*Brazil* (Bahia, Pernambuco, Piauí)	O (?), P (?)	-	
M. perennis (Hassl.) Barringer	*A. micrantha var. perennis*	*Brazil* (Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Cuiabá, Goiás) and *Paraguay* (Central, Concepción)	O, P (?)	**Oil**: *Caenonomada bruneri* (Aguiar & Melo 2009)	Chaco/Porto Murtinho (MS)
Monttea					
M. aphylla (Miers) Benth. & Hook.		*Argentina* (Mendoza, San Luís, La Rioja) and *Chile*	O, P e N	**Oil**: *Centris* (*Penthemisia*) *brethesi, Centris* (*Wagenknechtia*) *vardyorun*, *Centris* (*Paracentris*) *tricolor* (Simpson et al 1990, Tadey, 2011). **Nectar**: *Centris* (*Wagencknechtia*) *rhodophthalma* (males), *Bombus opifex, Xylocopa* sp (Sérsic & Cocucci 1999, Simpson et al. 1990), *Mesonychium jensenii* (probably nectar) (Tadey, 2011).	Monte/ Potrerillos (Mendoza); Las Quijadas (San Luis); Piedra Pintada (La Rioja), between Arroyito and El Chacón (Tadey 2011)
M. chilensis Gay		*Chile* (IV *Région*)	O, P e N	**Oil**: *C.* (*Paracentris*) *nigerrima, Centris* (*Penthemisia*) *chilensis* (females) - **Nectar**: males (Sérsic & Cocucci 1999)	*Chilean Matorral*/ Coquimbo (IV *Región*)
M. schickendantzii Griseb.		*Argentina* (Córdoba) and *Chile*	O, P e N	**Oil**: *Centris* (*P.*) *tricolor* **Nectar:** *Bombus opifex* (Sérsic & Cocucci 1999)	Chaco/ Depto. Pocho (Córdoba)

Table 2. Floral morphology of oil-offering *Angelonia* clade species, with focus on pollination related traits, compiled from Souza & Giulietti (2009) for the species occurring in Brazil and complemented with information about the non-Brazilian species present in Barringer (1981) (*Angelonia*), (1985) (*Basistemon*) (1983), (*Monopera*), Simpson et al. (1990) (*Monttea aphlla*) and Sérsic & Cocucci (1999) (*Monttea* and *Melosperma*).

Species	Flower arrangement	Flower collor	Proximal callus	Oil sacs
Angelonia				
A. acuminatissima	terminal raceme	violet	bifid	prominent
A. alternifolia	terminal raceme	purple	discrete or absent	rounded, discrete
A. angustifolia	solitary	purple or lilac	bifid	rounded
A. arguta	solitay, almost a raceme	purple	bifid	rounded
A. biflora	solitaria	purple or blue	bifid	rounded, discrete
A. blanchetii	solitay, almost a raceme	pink or purple	bifid	rounded
A. campestris	solitary	violet or purple	discrete or absent	prominent
A. ciliaris	terminal raceme	blue with purple dots	bifid	?
A. chiquitensis	terminal raceme	violet or blue	bifid	?
A. cornigera	solitary	purple or white	bituberculate	prominent and laterally expanded
A. crassifolia	solitary	violet or purple	bifid	rounded
A. eriostachys	terminal raceme	lilac or purple, with dark spots	discrete or absent	rounded, discrete
A. goyazensis	terminal raceme	purple, lilac or white	bifid	prominent
A. haslerana	1-2 axyls of upper leaves	violet or rose	discrete or absent	discrete
A. hirta	terminal raceme	violet and white, with brown spots	bifid	prominent
A. incurata	terminal raceme	violet	bifid	?
A. integerrima	thyrse	lilac or blue, with purple spots	discrete or absent	prominent
A. jamaicensis	raceme	violet	?	?
A. linarioides	solitary	purple, lilac or white	bifid	prominent, but almost unisaccate
A. parviflora	raceme	purple	bifid	?
A. pilosella	raceme	purple	bifid	?
A. pratensis	solitary	purple	bifid	prominent
A. procumbens	solitary	rose, white or pale blue with spots lilac or brown	long and linear	discrete
A. pubescens	solitary	purple	linear with globular apex	prominent and laterally expanded
A. salicariifolia	terminal raceme	purple, blue, rose, lilac and white	bifid	prominent
A. tomentosa	terminal raceme	purple or blue	discrete or absent	rounded, discrete
A. verticillata	terminal raceme	purple	discrete or absent	rounded, discrete
Basistemon				
B. bogotensis	axillary and sollitary	white	absent	discrete, glabrous
B. peruvianus	axillary clusters	white	absent	discrete, slightly glandular pubescent
B. silvaticus	solitary and axillary	purple or white	absent	discrete, glandular pubescent
B. spinosus	solitary, in the axils of leaves	reddish purple	absent	discrete, densely glandular pubescent
Monopera				
M. micrantha	solitary	lilac	absent	unisaccate
M. perennis Barringer	solitary	lilac	absent	unisaccate
Monttea				
M. aphylla	axillary	white to lilac	absent	Discrete, densely glandular
M. chilensis	axillary	white to lilac	absent	Discrete, densely glandular
M. schickendantzii	axillary	white to lilac	absent	Discrete, densely glandular



Figure 2. *Angelonia salicariifolia*, Porto Murtinho, Brazil: **a.** Habit: herbaceous plant growing in islands of humid soil among the flooded areas; **b**. Opened flowers show the open-mount trait, common to most species of *Angelonia*.



Figure 3. Oil sacs in the *Angelonia integerrima* flower. **a.** Frontal view of bud, showing the pair of oil sacs; **b.** The corolla is cutted lengthwise to show the interior of the right pouch, allowing observation of the green elaiophores. (Scale = 1 mm).

A. cornigera, *A. goyazensis* and *A. eryostachis* (Vogel & Machado 1991, Machado et al. 2002, Aguiar & Melo 2009, Martins et al. 2013).

Angelonia species have more specialized flowers in which two well-defined oil sacs are present in most of them (Figure 3a) (Table 2). The inner oil sac possesses fields of hundreds of oil trichomes forming a green carpet when observed laterally (Figure 3b) and they are separated by the ligulae (Figure 4). On the inside of the oil sacs there are a variable number of trichomes, depending on the species. In *A. eryostachis*, for example, they comprise a dense carpet in part of the sac (Figure 4). Souza & Giulietti (2009) recognized six morphological patterns based on the Brazilian species based on leaf arrangement, inflorescence patterns, and presence of callus (or appendix) in the corolla and format of oil sacs. Notwithstanding there is no phylogenetic corroboration for this proposal of patterns between the species.

We recognized two different types of flowers in the genus *Angelonia*, short and long corolla tube, both requiring different

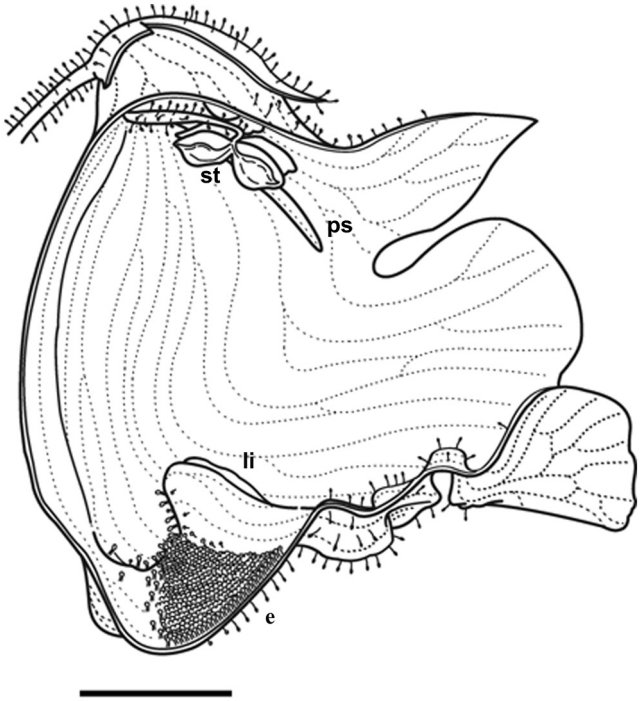


Figure 4. Lateral view of the *Angelonia eriostachys* flower, sectioned transversally and showing "oil sacs" and other parts of the inner corolla with trichomes. (e) elaiophores; (st) stamens; (ps) pistil; (li) ligula. (Scale = 2.5 mm).

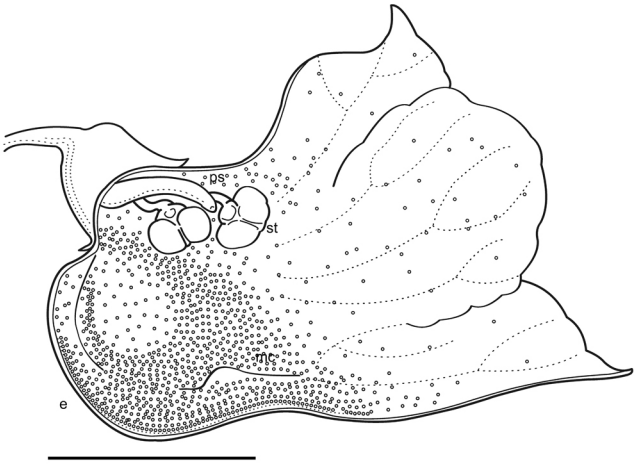


Figure 5. Lateral view of the *Basistemon silvaticus* flower, sectioned and showing the widely distributed elaiophores (e), stamens (st), pistil (ps) and median callus (mc). (Scale = 2.5 mm).

modes of visiting behavior (Martins et al. 2013). In the short tubed corolla, the bees need to hold their bodies in the flowers and probably use the mandibules to do that. The short tubed *Angelonia* flowers also possess well-developed proximal calluses (long and bifid in most), which probably are related to force a correct position of the pollinator during visits, i.e. touching the fertile organs (Vogel & Machado 1991, Martins et al. 2013). Moreover, some species of *Angelonia* have especially deep oil sacs, *A. cornigera* and *A. pubescens*, requiring long legs to access them. In *A. cornigera* a special case of adaptation by long-legged pollinators was reported (Machado et al. 2002), resembling the interactions between the *Diascia* oil flowers and *Rediviva* bees (Steiner & Whitehead 1990). However, the relationships between deep oil sacs and long bee legs are still poorly understood for *Angelonia* species. Currently there is no available information on shape and size of corolla for most species in the literature, as well as a phylogenetic hypothesis, impeding a proper inference about the evolution of floral morphology.

Besides general similarities *Monopera's* flowers are clearly distinguished from *Angelonia* ones in possessing only one well developed oil sac and the lack of calluses (Barringer 1983). They are supposed to be sister-groups, despite the lack of a phylogenetic hypothesis. Indeed *Monopera* could represent an ancestral state of the less-specialized flowers in relation to *Angelonia*.

In comparison with *Angelonia*, the flowers of *Basistemon silvaticus* possess roughly defined oil sacs in which the elaiophores are widely spread, even occurring on other parts of the inner corolla (Figure 5). In addition the flowers of *Basistemon* do not possess ligulae and the trichomes are less dense and more widely distributed on the inner corolla (Figure 5) (Table 2). Moreover the flower entrance is larger, and the access to the elaiophores is easier for visitors (Figure 5). Based on herbarium material, Barringer (1985) observed that *Basistemon* species either do not present any glandular trichomes in the corolla (*Basistemon bogotensis*, *B. intermedius, B. klugii* and *B. peruvianus*), present trichomes only at the base of the corolla (*Basistemon argutus*), or present trichomes in low (*Basistemon pulchellus*), intermediate (*Basistemon silvaticus*) or high densities (*B. spinosus*). Nonetheless, the oil production has been confirmed only in *B. spinosus* (Vogel & Cocucci 1995) and in *B. silvaticus* flowers (Martins et al. 2013).

Similarly to *Basistemon* flowers, in *Monttea* the oil sacs are roughly defined, but it is still recognized as bissacate, normally white or lilac and with similar size between species (Simpson et al. 1990, Sérsic & Cocucci 1999). *Monttea schickendantzii* and *M. chilensis* have a curvature conspicuously forming two sacs, which are separated by a structure named *ridge* by Sérsic & Cocucci (1999). The ridge is not observed in *M. aphylla*, but seems to be vestigial in *Melosperma andicola* (Sérsic & Cocucci 1999). In fact this structure is probably homologous to the proximal callus of *Angelonia* and medium callus of *Basistemon* (Martins et al. 2013). Besides four didynamous stamens, the flower of *Monttea* also possesses a staminoid (Simpson et al. 1990). The presence of nectary was detected in all *Monttea* species and *Melosperma* as a set of cells around the base of the ovary (Simpson et al. 1990, Sérsic & Cocucci 1999). Although in *Monttea* the nectar production appears only in the beginning of anthesis and in *Melosperma* they are not produced in collectable quantities (Sérsic & Cocucci 1999). The trichomatic elaiophores in *Monttea* are densely concentrated in the sacs, but also dispersed in other parts of inner corolla, while *Melosperma andicola* present some glandular trichomes in the inner corolla, but no secretion was detected (Sérsic & Cocucci 1999).

Oil-Collecting Bees in Neotropical Region

Oil-collecting behavior in bees occur in species of Melittinae and Apinae, classified in two lineages within Apidae (one family based classification of bees, see Melo & Goncalves 2005). In Apinae the oil-collecting behavior is polyphyletic according to morphological (Roig-Alsina & Michener 1993) and molecular phylogenies (Cardinal et al. 2010), and this behavior is present in four tribes: Centridini, Ctenoplectrini, Tapinotaspidini and Tetrapediini.

The elaiophores' morphological types, as well as their position, size and other flower characters, are related to morphological adaptations and the bees' behavior (Vogel 1974, Neff & Simpson 1981, Buchmann 1987, Cocucci et al. 2000). The morphological features

associated with oil gathering include combs, setae and plumose hairs on the anterior and/or middle legs, or on the sternum in females and males (Neff & Simpson 1981, Cocucci et al. 2000, Aguiar & Melo 2007, Taniguchi 2010). Females use floral oils to line the surface of the nest cell wall and mix it with pollen to feed larvae (Buchmann 1987, Cane et al. 1983). The males of Tetrapediini and Tapinotaspidini also collect floral oil for still unknown purposes (Vogel & Machado 1991, Aguiar & Melo 2009, Cappellari et al. 2011).

In the Neotropical region, oil-collecting bees are represented by the genera *Centris* (230 species), *Epicharis* (31), *Tetrapedia* (28) and 13 genera within Tapinotaspidini (130 species) (Moure et al. 2012, Aguiar 2007), all of these species being solitary and wood- or ground-nesting bees (Alves-dos-Santos et al. 2007). All *Centris* bees collect floral oils, except for some species in the subgenera *Paracentris*, *Penthemisia* and *Wagenknechtia*, which presumably do not collect oils (Michener 2007). *Centris* species collect floral oils in Calceolariaceae, Iridaceae, Krameriaceae, Malpighiaceae, Orchidaceae, Plantaginaceae and Solanaceae (Vogel 1974, Simpson et al. 1977, Cocucci 1991, Simpson et al. 1990, Vogel & Machado 1991, Rasmussen 1999). Some species can exploit remarkably different flowers, for example *Centris* (*Heterocentris*) *analis*, collects floral oils in Malpighiaceae (Oliveira & Schlindwein 2009) and in the flowers of *Angelonia* (Plantaginaceae) (Martins et al. 2013). Females of *Centris* (*Paracentris*) and *C.* (*Wagenknechtia*) are more strongly associated with Plantaginaceae flowers and have some modifications in their oil-collecting apparatuses (Simpson et al. 1990).

A great diversity of morphological traits associated with oil collection is characteristic of Tapinotaspidini bees (Roig-Alsina 1997, Cocucci et al. 2000). Tapinotaspidini bees forage for oil on Malpighiaceae (Teixeira & Machado 2000), Orchidaceae (Vogel 1974, Mickeliunas et al. 2006), Iridaceae (Cocucci & Vogel 2001), Solanaceae (Cocucci 1991), Melastomataceae (Buchmann & Buchmann 1981), Krameriaceae (Simpson 1989), Calceolariaceae (Rasmussen 1999) and Plantaginaceae flowers (Vogel & Machado 1991, Aguiar & Melo 2009).

Bees of the genus *Tetrapedia* (Tetrapediini) collect floral oils from Plantaginaceae (*Angelonia*) (Vogel & Machado 1991), Iridaceae (*Sysirinchium*) (Alves-dos-Santos 1999), Orchidaceae (*Oncidium*) (Singer & Cocucci 1999) and Malpighiaceae (Buchmann 1987). They make illegitimate flower visits to all of these families, and do not contact the reproductive organs while gathering the oil resource. In *Tetrapedia*, the oil-collecting apparatus consists of a comb on the external margin of the anterior basitarsus (Neff & Simpson 1981, Alves-dos-Santos et al. 2006).

Plantaginaceae Oil-Flowers and Interaction with Oil Bees

The flowers of Plantaginaceae species in the *Angelonia* clade are visited by female and/or male bees that can collect pollen, oil and/or nectar, depending on the genera. All 26 *Angelonia* species produce floral oils, and the oil-collecting visitors are known for ten species (Table 1). Some non-oil-collecting bees were also recorded (such as stingless bees), collecting pollen on the flowers (Martins et al. 2013). For the *Basistemon* species, only the visitors of *B. spinosus* and *B. silvaticus* are known and they visit the flowers to collect oil and pollen (Table 1). The only recorded oil-collecting visitor of the *Monopera* genus is *Caenonomada bruneri* (Aguiar & Melo 2009). For *Monttea*, visits by some species of *Centris* (*Paracentris*) and *Centris* (*Wagenknechtia*) (Table 1) have been recorded to collect oil, besides *Bombus opifex* and *Xylocopa* sp. to collect nectar (Simpson et al. 1990, Sérsic & Cocucci 1999). *Melosperma andicola*, which produces only pollen and a small quantity of nectar, has no recorded visitors (Sérsic & Cocucci 1999).

The morphology of the flowers requires only the use of the anterior pair of legs for the collection of floral oils, and the contact with the fertile organs occurs on the head or mesoscutum (Martins et al. 2013). The pollen transfer in some *Angelonia*, in *Monttea chilensis*, *M. schickendantzii*, *Basistemon spinosus* and *B. silvaticus* occurs through the frons of oil-bees or mesoscutum in other *Angelonia* species (Vogel & Machado 1991, Vogel & Cocucci 1995, Sérsic & Cocucci 1999, Martins et al. 2013). In *Monttea aphylla*, the ventral position of the stamens favored a sternotribic deposition of pollen (Sérsic & Cocucci 1999).

Aside from the two well-defined "oil-sacs", the corolla of *Angelonia* flowers possesses the calluses, which oblige pollinators to enter the flower in the correct position (Vogel 1974, Vogel & Machado 1991, Machado et al. 2002, Martins et al. 2013). In general the flowers of *Angelonia* are pollinated by bees of the genus *Centris*, although they are also visited by other oil-collecting bees, for example *Caenonomada*, *Arhysoceble* and *Paratetrapedia* (Tapinotaspidini) bees. Usually the oil-bees visiting *Angelonia* flowers are generalists in terms of their oil sources, visiting also other plants such as Malpighiaceae and Krameriaceae species. *Centris* (*Xanthemisia*) *bicolor*, for example, visits Malpighiaceae flowers, as well as *Angelonia eryostachis* flowers (Martins et al. 2013).

The most evident specialization among *Angelonia* and oil-collecting bees was observed in *A. cornigera*, whose pollinators, *Tapinotaspis nordestina* (Tapinotaspidini) and *Centris hyptidis*, possess a disproportionately long pair of legs which allows them to exploit the deep oil sacs of this species (Machado et al. 2002). Among the oil-collecting bees, this evidence of adaptation is remarkable, and it was also observed in the African genus *Rediviva* (Steiner & Whitehead 1990). However *Centris hyptidis* is also able to visit other oil sources that are very distinct from *Angelonia*, such as Krameriaceae flowers (A.J.C. Aguiar, personal communication), which do not require elongated legs to access their oil sacs. Other species of *Centris* that are closely related to *C. hyptidis* do not possess this morphological adaptation to *Angelonia* flowers, despite being visitors to *Angelonia* as well (Martins et al. 2013). The same kind of adaptation was not observed in *Caenonomada* (Tapinotaspidini), another legitimate visitor of *A. cornigera* (Aguiar & Melo 2009). Consequently, the evidence of strict adaptation to *Angelonia* observed by Machado et al. (2002) has been challenged by new evidence, and further study is required in order to understand how the co-adaptation between these partners occurred.

Flowers of *Monttea* (Figure 1b) produce floral oils that are collected by *Centris* bees of the subgenera *Wagenknechtia*, *Paracentris* and *Penthemisia* (Simpson et al. 1990, Sérsic & Cocucci 1999). *Monttea aphylla* is visited by *Centris* (Penthemisia) *brethesi* and *Centris* (*Wagenknechtia*) *vardyorum*, and both species use anterior legs that possess pads of specialized setae with a high capacity for oil absorption (Simpson et al. 1990, Tadey 2011). *Monttea chilensis* and *M. schickendantzii* also are visited by *Paracentris* species, which also collect with the forelegs by oil absorption (Sérsic & Cocucci 1999). In contrast with the most common four-legged pattern of oil-collecting apparatus in *Centris* (Neff & Simpson 1981) the specialized visitor of *Monttea* and some *Angelonia* species have the apparatus restricted to the anterior pair of legs, where absorptive hairs replaced the oil scrapers used to grasp the epithelial elaiophors of malpighs (Simpson et al. 1990, Machado et al. 2002). Instead of being a regular source of energy, the nectaries in *Monttea* are suggested as a stimulator by taste to stretch the proboscis and turn the head upwards and intensify the contact with anthers (Sérsic &

Cocucci 1999). All oil-collecting bees registered in *Monttea* collect also nectar (Sérsic & Cocucci 1999).

In northern Argentina *Arhysoceble* aff. *huberi* (Ducke, 1908) pollinates *B. spinosus* (Vogel & Cocucci 1995), while in a Chaco vegetation area in Brazil *Centris hyptidoides* and *Caenonomada* spp perform this task (Martins et al., 2013.). The flower visitors of the non-oil-producing *Basistemon* are unknown. We assume, however, that they are pollen collectors such as Halictini and Meliponini bees, because, considering the floral morphology of these flowers, pollen is probably the only resource they offer. In *Monttea* (Simpson et al. 1990) and *Angelonia* (Vogel & Machado 1991, Machado et al. 2002) these pollen collectors make illegitimate visits and they rarely or never act as pollinators.

The only one brief study reported interactions between *M. perennis* and *Caenonomada bruneri* (Tapinotaspidini), an oil-collecting bee that also visits *A. salicariifolia* (Aguiar & Melo 2009). The characteristics of the interaction, however, in terms of the efficiency of flower visitors and the collecting behavior of the bees, remain totally unknown.

Concluding Remarks

Despite some advances over the last 20 years, knowledge of the biological aspects of oil-producing Plantaginaceae species and of interactions between these species and oil-collecting bees can still be greatly improved. Due to the rarity of most species, for many of them their basic aspects are completely unknown. Even for the best-known genus, *Angelonia*, only three papers investigating ten of the almost 30 species of the group are available in the literature. Some aspects of these interactions, such as the morphological evolution of the oil sacs, the presence of calluses in the corolla and the pollination of non-oil-producing species of the *Angelonia* clade, should be investigated in order to clarify the evolution of mutualism between oil-bees and oil-flowers. Besides, other topics, as the chemistry of the oil-production, the role of the shifts to pollen or nectar as a reward in the reproduction of those plants is still completely unknown. It is important to mention that most species of the cited genera occur in highly endangered ecosystems in South America, and it is possible that many will become extinct without any further information being collected.

Acknowledgements

We would like to thank Antonio J. C. Aguiar, Vinicius Castro Souza and the two anonymous reviewers for their valuable comments and insights. We also give our thanks to Gabriel A. Rezende for kindly accepting our invitation to make illustrations of *A. eryostachis* and *B. silvaticus* flowers; to Gabriel A. R. de Melo and Mariana Taniguchi for allowing us to use the photographs of respectively *Monopera perennis* and *Monthea aphylla*; and to Projeto Taxonline for allowing to use their Stereo Microscopes and *Automontage* software. Finally, we thank FAPESP for their financial support and CNPq for the scholarship they granted to the first author.

References

AGUIAR, A.J.C. 2007. Tapinotaspidini. In Catalogue of bees in the Neotropical Region (J.S. Moure, D. Urban & G.A.R. Melo, orgs.). Sociedade Brasileira de Entomologia, Curitiba, p.608-632.

AGUIAR, A.J.C. & MELO, G.A.R. 2007. Taxonomic revision, phylogenetic analysis, and biogeography of the bee genus *Tropidopedia* Moure (Hymenoptera, Apidae, Tapinotaspidini). Zool. J. Linnean Soc. 151:511-554. http://dx.doi.org/10.1111/j.1096-3642.2007.00328.x

AGUIAR, A.J.C. & MELO, G.A.R. 2009. Notes on oil sources for the bee genus *Caenonomada* (Hymenoptera, Apidae, Tapinotaspidini). Rev. Bras. Entomol. 53:154-156. http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262009000100033

ALBACH, D.C., MEUDT, H.M. & OXELMAN, B. 2005. Piecing together the "new" Plantaginaceae. Am. J. Bot. 92(2):297-315. http://dx.doi.org/10.3732/ajb.92.2.297

ALVES-DOS-SANTOS, I. 1999. Abelhas e plantas melíferas da Mata Atlântica, restingas e dunas do litoral norte do estado do Rio Grande do Sul. Rev. Bras. Entomol. 43(3-4):191-223.

ALVES-DOS-SANTOS, I. NAXARA, S.R.C. & PATRICIO, E. F. 2006. Notes on the morphology of *Tetrapedia diversipes* Klug 1810 (Tetrapediini, Apidae), an oil collecting bee. Braz. J. Morphol. Scie. 23:425-430.

ALVES-DOS-SANTOS, I., GAGLIANONE, M.C. & MACHADO, I.C. 2007. História natural das abelhas coletoras de óleo. Oecol. Bras. 11(4):544-557. http://dx.doi.org/10.4257/oeco.2007.1104.06

BARRINGER, K 1981. A revision of *Angelonia* (Scrophulariaceae). PhD Dissertation, University of Connecticut.

BARRINGER, K. 1983. *Monopera*, a new genus of Scrophulariaceae from South America. Brittonia 35(2):111-114. http://dx.doi.org/10.2307/2805946

BARRINGER, K. 1985. Revision of the genus *Basistemon* (Scrophulariaceae). Syst. Bot. 10:125-133. http://dx.doi.org/10.2307/2418338

BUCHMANN, S. 1987. The ecology of oil flowers and their bees. Ann. Rev. Ecol. Syst. 18:343-369. http://dx.doi.org/10.1146/annurev.es.18.110187.002015

BUCHMANN, S.L. & BUCHMANN, M.D. 1981. Anthecology of *Mouriri myrtiloides* (Melastomataceae, Memecylae), an oil flower in Panama. Biotropica 13(2):7-24. http://dx.doi.org/10.2307/2388066

CANE, J.H., EICKWORT, G.C., WESLEY, F.R. & SPIELHOLZ, J. 1983. Foraging, grooming and mate-seeking behaviors of *Macropis nuda* (Hymenoptera, Melittidae) and use of *Lysimachia ciliata* (Primulaceae) oils in larval provisions and cell linings. Am. Midland Natural. 110:257-264. http://dx.doi.org/10.2307/2425267

CAPPELLARI, S.C., HARTER-MARQUES, B., AUMEIER, P., & ENGELS, W. 2009. *Mecardonia tenella* (Plantaginaceae) attracts oil-, perfume-, and pollen-gathering bees in Southern Brazil. Biotropica 41(6):721-729. http://dx.doi.org/.1111/j.1744-7429.2009.00529.x

CAPPELLARI, S.C., MELO, G.A.R., AGUIAR, A.J.C. & NEFF, J.L. 2011. Floral oil collection by male *Tetrapedia* bees (Hymenoptera: Apidae: Tetrapediini). Apidologie 43:39-50. http://dx.doi.org/10.1007/s13592-011-0072-2

CARDINAL, S., STRAKA, J. & DANFORTH, B.N. 2010. Comprehensive phylogeny of apid bees reveals the evolutionary origins and antiquity of cleptoparasitism. Proc. Nat. Acad. Scie. 107:16207-16211. http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1006299107

COCUCCI, A.A. 1991. Pollination biology of *Nierembergia* (Solanaceae). Plant. Syst. Evol. 174:17-35. http://dx.doi.org/10.1007/BF00937691

COCUCCI, A.A., SÉRSIC, A. & ROIG-ALSINA, A. 2000. Oil-collecting structures in Tapinotaspidini: their diversity, function and probable origin. Mitt. Munch. Ent. Ges. 90:51-74.

COCUCCI, A.A. & VOGEL, S. 2001. Oil-producing flowers of *Sisyrinchium* species (Iridaceae) and their pollinators in southern South America. Flora 196:26-46.

DIVA-GIS. 2011. DIVA-GIS [Online]. Website last modified on June 17, 2011. http://diva-gis.org/ (último acesso em 08/2012).

GONÇALVES, R.B. & MELO, G.A.R. 2005. A comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apidae s. l.) em uma área restrita de campo natural no Parque Estadual de Vila Velha, Paraná: diversidade, fenologia e fontes florais de alimento. Rev. Bras. Entomol. 49:557-571. http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262005000400017

MACHADO, I.C., VOGEL, S. & LOPES, A.V. 2002. Pollination of *Angelonia cornigera* Hook. (Scrophulariaceae) by long-legged, oil collecting bees in NE Brazil. Plant Biol. 4(3):352-359. http://dx.doi.org/10.1055/s-2002-32325

MARTINS, A.C., AGUIAR, A.J.C. & ALVES-DOS-SANTOS, I. 2013. Interactions between oil-collecting bees and seven species of Plantaginaceae. Flora 208(7):401-411. http://dx.doi.org/10.1016/j.flora.2013.07.001

MELO, G.A.R. & GONCALVES, R.B. 2005. Higher-level bee classifications (Hymenoptera, Apoidea, Apidae sensu lato). Rev. Bras. Zool. 22(1):153-159. http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752005000100017

MICHENER, C.D. 2007. The bees of the world. Johns Hopkins University Press, Baltimore, London.

MICKELIUNAS, L., PANSARIN, E. & SAZIMA, M. 2006. Biologia floral, melitofilia e influência dos bezouros Curculionidae no sucesso reprodutivo de *Grobya amherstiae* (Orchidaceae: Cyrtopodiinae). Rev. Bras. Bot. 29(2):251-258. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042006000200006

MOLAU, U. 1988. Schophulariaceae part I: Calceolariae. Flora Neotrop. 47:1-108.

MOURE, J.S., URBAN, D. & MELO, G.A.R. (orgs). 2012. Catalogue of the bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region - online version. http://www.moure.cria.org.br/catalogue (último acesso em 21/08/2012).

NEFF, J. & SIMPSON, B. 1981. Oil-collecting structures in the Anthophoridae (Hymenoptera): morphology, function, and use in systematics. J. Kansas Ent. Soc. 54(1):95-123.

OLIVEIRA, R. & SCHLINDWEIN, C. 2009. Searching for a manageable pollinator for acerola orchards: the solitary oil-collecting bee *Centris analis* (Hymenoptera: Apidae: Centridini). J. Econ. Entomol. 102(1):265-273. http://dx.doi.org/10.1603/029.102.0136

OLSON, D.M. & DINERSTEIN, E. 2002. The global 200: Priority ecoregions for global conservation. Ann. Missouri Bot. Gard. 89(2):199-224. http://dx.doi.org/10.2307/3298564

OLMSTEAD, R.G., DE PAMPHILIS, C.W., WOLFE, A.D., YOUNG, N.D., ELISONS, W.J. & REEVES, P.A. 2001. Disintegration of the Scrophulariaceae. Am. J. Bot. 88(2):348-361. http://dx.doi.org/10.2307/2657024

OXELMAN, B., KORNHALL, P., OLMSTEAD, R.G. & BREMER, B. 2005. Further disintegration of Scrophulariaceae. Taxon 54(2):411-425. http://dx.doi.org/10.2307/25065369

RASMUSSEN, C. 1999. Coevolution of the oil bee-*Calceolaria* system in the Andes of Peru. Dissertation, University of Aarhus.

RENNER, S.S. & SCHAEFER, H. 2010. The evolution and loss of oil-offering flowers: new insights from dated phylogenies for angiosperms and bees. Phil. Trans. R. Soc. B 365:423-435. http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2009.0229

ROIG-ALSINA, A. 1997. A generic study of the bees of the tribe Tapinotaspidini, with notes on the evolution of their oil-collecting structures. Mitt. Münchner Entomol. Ges. 87:3-21.

ROIG-ALSINA, A. & MICHENER, C.D. 1993. Studies of the phylogeny and classification of long-tongued bees (Hymenoptera: Apoidea). Univ. Kansas Sci. Bull. 55(4-5):123-173.

SÉRSIC, A. & COCUCCI, A.A. 1999. An unusual kind of nectary in the oil flowers of *Monttea*: its structure and function. Flora 194:393-404.

SIMPSON, B.B. & NEFF, J.L. 1981. Floral Rewards: Alternatives to Pollen and Nectar Author. Ann. Missouri Bot Gard 68(2):301-322. http://dx.doi.org/10.2307/2398800

SIMPSON, B.B. 1989. Krameriaceae. Flora Neot. 49:1-108.

SIMPSON, B.B., NEFF, J.L. & SEIGLER, D. 1977. *Krameria*, free-fatty acids and oil-collecting bees. Nature 267:150-151. http://dx.doi.org/10.1038/267150a0

SIMPSON, B.B., NEFF, J.L. & DIERINGER, G. 1990. The production of floral oil by *Monttea* (Scrophulariaceae) and the function of tarsal pads in *Centris* bees. Plant Syst. Evol. 173:209-222. http://dx.doi.org/10.1007/BF00940864

SINGER, R.B. & COCUCCI, A.A. 1999. Pollination mechanisms in four sympatric southern Brazilian Epidendroideae orchids. Lindleyana 14:47-56.

SOUZA, V.C. & GIULIETTI, A.M. 2009. Levantamento das espécies de Scrophulariaceae *sensu lato* nativas do Brasil. Pesq. Bot. 60:7-228.

STEINER. K. & WHITEHEAD, V.B. 1990: Pollinator adaptation to oil-secreting flowers: *Rediviva* and *Diascia*. Evol. 44:1701-1707. http://dx.doi.org/10.2307/2409348

STEVENS, P.F. 2012. Angiosperm Phylogeny Website. http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/. Accessed in 8 August 2013.

TADEY, M. 2011. Reproductive biology of *Monttea aphylla* (Scrophulariaceae). Austral. J. Botany 59:713-718. http://dx.doi.org/10.1071/BT10282

TANIGUCHI, M. 2010. Morfologia funcional das estruturas envolvidas na coleta e transporte de óleo floral por fêmeas do gênero *Centris* Fabricius, 1804 (Hymenoptera, Apidae: Centridini). Dissertação de mestrado, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto.

TEIXEIRA, L.A.G. & MACHADO, I.C. 2000. Sistema de polinização e reprodução em *Byrsonima sericea* DC (Malpighiaceae). Acta Bot. Bras. 14(3):347-357. http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062000000300011

VIVALLO, F. & MELO, G.A.R. 2009. Taxonomy and geographic distribution of the species of *Centris* of the *hyptidis* group (Hymenoptera: Apidae: Centridini), with a description of a new species from Central Brazil. Zootaxa 207(5):33-44.

VOGEL, S. & COCUCCI, A. 1995. Pollination of *Basistemon* (Scrophulariaceae) by oil-collcting bees in Argentina. Flora 190:353-363.

VOGEL, S. 1969. Flowers offering fatty oil instead of nectar. In Abstracts XI International Botanical Congress. Seattle, p.229.

VOGEL, S. 1974. Ölblumen und ölsammelnde bienen. Tropische subtropische Pflanzenwelt 7. Steiner, Wiesbaden, p.267.

VOGEL, S. 1986. Ölblumen und ölsammelnde bienen - Zweite Folge: *Lysimachia* und *Macropis*. Trop Subtrop Pflanzenwelt 54. Steiner, Wiesbaden, 168p.

VOGEL, S. 1990. Ölblumen und ölsammelnde bienen - Dritte Folge. *Momordica*, *Thladianta* und die Ctenoplectridae. Trop Subtrop Pflanzenwelt 73. Steiner, Wiesbaden, 186p.

VOGEL, S. & MACHADO, I.C. 1991. Pollination of four sympatric species of *Angelonia* (Scrophulariaceae) by oil-collecting bees in NE Brazil Plant Syst. Evol. 178:153-178.

Received 09/11/2012
Revised 08/21/2013
Accepted 10/28/2013

First record of herbivory of the invasive macrophyte *Hedychium coronarium* J. König (Zingiberaceae)

Wagner Antonio Chiba de Castro[1,2,3], Marcel Loyo Moitas[1,2], Gabriela Monteiro Lobato[1],

Marcela Bianchessi da Cunha-Santino[1,2] & Dalva Maria da Silva Matos[1,2]

[1]Departament of Hydrobiology, Federal University of São Carlos – UFSCar,
CP 676, CEP 13565-905 São Carlos, SP, Brazil
[2]Graduate Program in Ecology and Natural Resources,
Federal University of São Carlos – UFSCar, CP 676, 13565-905, São Carlos, SP, Brazil
[3]Corresponding author: Wagner Antonio Chiba de Castro, e-mail: wagner.chiba@hotmail.com

CHIBA, W.A.C., MOITAS, M.L., LOBATO, G.M., CUNHA-SANTINO, M.B. & SILVA-MATOS, D.M. **First record of herbivory of the invasive macrophyte Hedychium coronarium J. König (Zingiberaceae)**. Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/en/abstract?short-communication+bn00913042013

Abstract: Invasive species can cause structural and functional changes in their non-native habitats, such as changes in the trophic chain. We describe ramet herbivory of butterfly ginger, an aggressive aquatic weed in Brazil, by capybaras in a floodplain area of a Cerrado reserve. This is the first record of herbivory of *H. coronarium* in invaded areas. Capybaras could be using the butterfly ginger as habitat and as a food resource, which could cause changes in apparent competition between these invasive and native macrophytes.
Keywords: *butterfly ginger, aquatic weed, capybaras.*

CHIBA, W.A.C., MOITAS, M.L., LOBATO, G.M., CUNHA-SANTINO, M.B. & SILVA-MATOS, D.M. **Primeiro registro de herbivora da macrófita invasora Hedychium coronarium J. König (Zingiberaceae)**. Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/pt/abstract?short-communication+bn00913042013

Resumo: Espécies invasoras podem causar alterações estruturais e funcionais nos ecossistemas invadidos, tais como alterações na cadeia trófica. Neste trabalho, descrevemos o primeiro registro de herbivoria de rametas de lírio-do-brejo, erva daninha aquática agressiva no Brasil, por capivaras em uma área de várzea de uma reserva de Cerrado. Este é o primeiro registro de herbivoria de rametas de *H. coronarium* em áreas invadidas. As capivaras desta região podem estar se utilizando dos bancos de lírio-do-brejo como habitat e como recurso alimentar, o que poderia ocasionar alterações na competição aparente entre esta invasora e as macrófitas nativas.
Palavras-chave: *lírio-do-brejo, erva daninha aquática, capivaras.*

A species is considered invasive when it acquires a competitive advantage, in addition to the disappearance of natural obstacles to spread, allowing its rapid dispersal and dominance in a new habitat (Valery et al. 2008). This dominance causes structural and functional changes in these ecosystems (Mack & D'Antonio 1998). Currently, biological invasion is considered the second biggest cause of global biodiversity loss (Wilcove et al. 1998, McGeoch et al. 2010). Changes in ecological processes, for example in food webs, are important impacts of invasive species (Vitousek 1990, Mack et al. 2000).

Aquatic macrophytes are among the most important global invasives, threatening biodiversity and ecosystem processes in aquatic environments (Pieterse & Murphy 1990, Santamaria 2002). They spread rapidly, are able to grow and reproduce in sub-optimal conditions such as under intense competition (Spencer & Bowes 1990) and exhibit rapid metabolism and large biomass in eutrophic ecosystems (Pieterse & Murphy 1990). In Brazil, *Hedychium coronarium* J. König, Zingiberaceae, is an aggressive weed, invading floodplains, lake shores, streams and drainage channels, where it establishes dense populations (Couto & Cordeiro 2005, Lorenzi 1991). It can reach up to 2.0 m tall, and is commonly named butterfly ginger (Macedo 1997, Santos et al. 2005, Instituto… 2012). It is native in tropical Asia and widely used for ornamental purposes (Kissmann & Groth 1991). Due to its rapid growth and dispersal, it is considered an important weed that replaces the native vegetation (Santos et al. 2005). Our objective is to describe the first record of herbivory of these invasive macrophyte by capybara (*Hydrochoerus hydrochaeris* Linnaeus 1766)

From October 2011 to April 2013, we followed every two months a population of *H. coronarium* in 20 plots of 0.5 m^2 located a floodplain area of ca. 0.8 ha, within the forest reserve of the Federal University of São Carlos (21° 58' 15.00" S and 47° 53' 16.45" W). Each ramet of *H. coronarium* found was measured and marked with numbered tags to evaluate the population dynamics. From June to August 2012, we found in 7 plots grazed ramets associated with the disappearance or fragmentation of numbered plastic tags (Figure 1). Grazed ramets were all smaller than 25 cm height. No adult ramets were damaged or had tags missing or broken. In these plots, we found footprints and feces of *H. hydrochaeris*, a very common herbivore in this region. The fragments of the tags showed signs of *H. hydrochaeris* dental activity. *H. hydrochaeris* is a wild herbivore and the largest Brazilian rodent. Adults consume approximately 3 kg/day of fresh forage. Capybaras are selective grazers, and choose plants with high protein content (González-Jiménez 1978). According to Ferraz et al. (2007), capybaras are commonly found in large banks of *H. coronarium*, using them only as shelter from predators. Although rhizomes of these species have high quality nutritional content (Clippel et al. 2008), no signs of herbivory were observed, such as impressions of dental activity or revolving the sediments near the plants. The preference for *H. coronarium* ramets in early stages of development suggests that these plants have greater palatability and fewer secondary compounds than adult ramets (Bowers & Stamp 1993).

The preferential herbivory of new ramets of *H. coronarium* could be attributed to a lower availability of other resources during the winter, when capybaras can present more opportunistic behavior than in periods of high resource abundance, as in spring (Borges & Colares 2007). This is the first record of *H. coronarium* herbivory by capybaras and also the first record of herbivory of this macrophyte outside its native range. This record reinforces the need for further studies on the relationship between herbivory and invasive plants. Besides using the stands of *H. coronarium* as habitat (Ferraz et al.

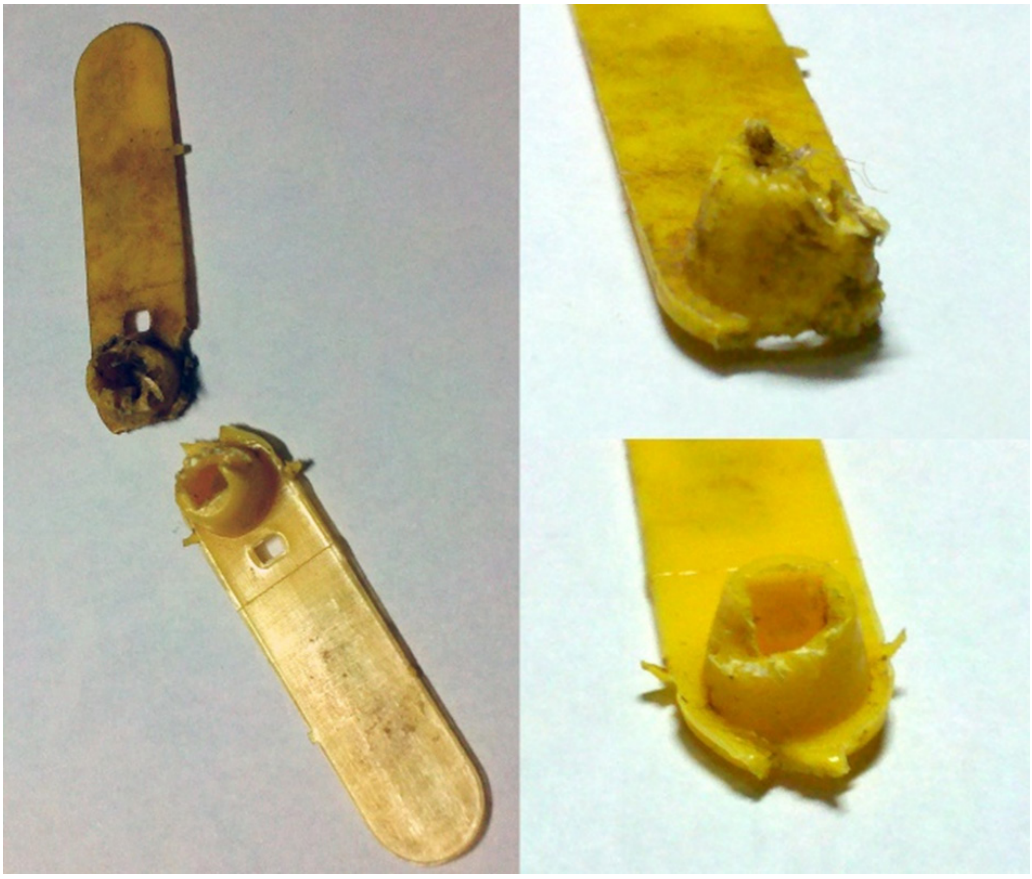


Figure 1. Numbered plastic tags bitten by capybara.

2007) we observed that capybaras can also feed on them. This could affect the competitive capacity and also the apparent competition (Dangremond et al. 2010) between these invasive and native macrophytes. In this case, *H. coronarium* could benefit capybaras by offering favorable habitat protecting them from predators and adverse microclimatic situations besides serving as abundant food resource. These benefits would provide changes in the abundance and / or distribution of populations of capybara. As a result, these changes in capybara populations could change the rate of predation on, and also affect the population dynamics of, native species used primarily as its resource (Holt 1977, Holt & Kotler 1987). Thus, these could ultimately allow the expansion of *H. coronarium*.

Acknowledgements

We thanks the National Council of Technological and Scientific Development (CNPq), and São Paulo Research Foundation (FAPESP) process number 2012/09485-4, at scientific support in the form of a scholarship to the first author. We thank prof. Dr. Michael Begon for suggestions that improved the quality of our work.

References

BORGES, L.V. & COLARES, I.G. 2007. Feeding Habits of Capybaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*, Linnaeus 1766), in the Ecological Reserve of Taim (ESEC -Taim) - South of Brazil. Braz. Arch. Biol. Technol. 50(3):409-416. http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132007000300007

BOWERS, M.D. & STAMP, N.E. 1993. Effects of plant age, genotype, and herbivory on Plantago performance and chemistry. Ecology 74:1778-1791. http://dx.doi.org/10.2307/1939936

CLIPPEL, J.K., CARMO, H.N.C., NASCIMENTO, L.C.Z. & CUZZUOL, G.R.F. 2008. Análise química em órgãos de reserva de algumas herbáceas e arbóreas ocorrentes na flora do Espírito Santo, Brasil. Acta Bot. Bras. 22(4):1057-1067. http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062008000400016

COUTO, O.S. & CORDEIRO, R.M.S. 2005. Manual de reconhecimento de espécies vegetais da restinga do Estado de São Paulo. Centro de Editoração da Secretaria do Meio Ambiente, Departamento Estadual de Proteção de recursos Naturais, São Paulo.

DANGREMOND, E.M., PARDINI, E.A. & KNIGHT, T.M. 2010. Apparent competition with an invasive plant hastens the extinction of an endangered lupine. Ecology 91:2261-2271. http://dx.doi.org/10.1890/09-0418.1

FERRAZ, K.M.P.M.B., FERRAZ, S.F.B., MOREIRA, J.R., COUTO, H.T.Z. & VERDADE, L.M. 2007. Capybara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) distribution in agroecosystems: a cross-scale habitat analysis. J. Biogeog. 34(2):223-230. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01568.x

GONZÁLEZ-JIMÉNEZ, E. 1978. Digestive physiology and feeding of capybara (*Hydrochaeris hydrochaeris*). In Handbook series in nutrition and food (M. Recheigl, ed.). CRC Press. Cleveland. Sept. 9(1):163-177.

INSTITUTO HÓRUS DE DESENVOLVIMENTO E CONSERVAÇÃO AMBIENTAL. Espécies Exóticas Invasoras: Fichas técnicas. http://www.institutohorus.org.br/index.php?modulo=inf_ficha_hedychium_coronarium (último acesso em 01/09/2012).

HOLT, R.D. 1977. Consumption, apparent competition, and the structure of prey communities. Theor. Popul. Biol. 12:197-229. http://dx.doi.org/10.1016/0040-5809(77)90042-9

HOLT, R.D. & KOTLER, B.P. 1987. Short-term apparent competition. Am. Nat. 130:412-430. http://dx.doi.org/10.1086/284718

KISSMANN, K.G. & GROTH, D. 1991. Plantas infestantes e nocivas. Basf Brasileira, São Paulo, p.590-593.

LORENZI, H. 1991. Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais. 2. ed. Instituto Plantarum, Nova Odessa.

MACEDO, J.F. 1997. O gênero *Hedychium* Koening (Zingiberaceae) no Estado de Minas Gerais. Daphne 7(2):27-31.

MACK, R.N., SIMBERLOFF, D., LONSDALE, W.M., EVANS, H., CLOUT, M. & BAZZAZ, F. 2000. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences and control. Ecol. Appl. 10:689-710.

MACK, M.C. & D'ANTONIO, C.M. 1998. Impacts of biological invasions on disturbance regimes. Trends Ecol. Evol. 13(5):195-198. http://dx.doi.org/10.1016/S0169-5347(97)01286-X

McGEOCH, M.A., BUTCHART, S.H.M., SPEAR, D., MARAIS, E., KLEYNHANS, E.J., SYMES, A., CHANSON, J. & HOFFMANN, M. 2010. Global indicators of biological invasion: species numbers, biodiversity impact and policy responses. Divers. Distrib. 16(1):95-108. http://dx.doi.org/10.1111/j.1472-4642.2009.00633.x

SANTOS, S.B., PEDRALLI, G. & MEYER, S.T. 2005. Aspectos da fenologia e ecologia de *Hedychium coronarium* (Zingiberaceae) na estação ecológica do Tripuí, Ouro Preto-MG. Planta Daninha 23(2):175-80. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582005000200002

PIETERSE, A.H. & MURPHY, K.J. 1990. Aquatic Weeds. The Ecology and management of Nuisance Aquatic Vegetation. Oxford Science Publications, Oxford.

SANTAMARIA, L. 2002. Why are most aquatic plants widely distrited? Dispersal, clonal growth and small-scale heterogeneity in a stressful environment. Acta Oecol. 23:137-154. http://dx.doi.org/10.1016/S1146-609X(02)01146-3

SPENCER, W. & BOWES, G. 1990. Ecophysiology of the world's most troublesome aquatic weeds. In Aquatic weeds. The ecology and management of nuisance aquatic vegetation (A.H.Pieterse & K.J. Murphy, ed.). Oxford Science Publications, New York, p.40-51.

VALERY, L., FRITZ, H., LEFEUVRE, J.C. & SIMBERLOFF, D. 2008. In search of a real definition of the biological invasion phenomenon itself. Biol. Invas. 10:1345-1351. http://dx.doi.org/10.1007/s10530-007-9209-7

VITOUSEK, P.M. 1990. Biological invasions and ecosystem processes: towards an integration of population biology and ecosystem studies. Oikos 57(1):7-13. http://dx.doi.org/10.2307/3565731

WILCOVE, D.S., ROTHSTEIN, D., DUBROW, J., PHILLIPS, A. & LOSOS, E. 1998. Quantifying threats to imperiled species in the United States. BioScience 48:607-615. http://dx.doi.org/10.2307/1313420

Received 06/18/2013
Revised 09/03/2013
Accepted 10/18/2013

Bees (Hymenoptera: Apoidea) and flowers in natural forest patches of southern Pantanal

***Samuel Boff*[1,3,4]*, Andréa Cardoso Araujo*[2] *& Arnildo Pott*[2]**

[1]Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, Cidade Universitária, CP 549, CEP 79070-900, Campo Grande, MS, Brazil
[2]Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, CP 549, CEP 79070-900, Campo Grande, MS, Brazil. http://www-nt.ufms.br/
[3]Institute for General Zoology, Martin Luther Universität Halle-Wittenberg, Hoher Weg 8, D-06120 Halle (Saale), Germany. http://www.uni-halle.de/
[4]Corresponding author: Samuel Boff, e-mail: samboff@gmail.com

BOFF, S., ARAUJO, A.C. & POTT, A. **Bees (Hymenoptera: Apoidea) and flowers of natural forest patches of southern Pantanal.** Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/en/abstract?article+bn00813042013

Abstract: This is the first systematic survey of bees in the Pantanal wetland, Brazil. We recorded bee species and their floral resources within grassland and natural forest edge habitats in the Pantanal. Surveys were conducted during two to four-days per month, for a total of 12 months. Overall, we recorded 56 bee species visiting a total of 63 flowering plants. Asteraceae and Fabaceae presented the highest number of visited species, however *Hyptis suaveolens* (Lamiaceae) was the plant most visited by different bee species (18). The most generalist native bee was *Trigona fuscipennis* visiting a total of 17 flowering plant species. *Apis mellifera* , an exotic bee, visited 27 species. We also report the overlap (37.5%) in the use of floral resources between the exotic bee *Apis mellifera* and native bee species. Our updated bee checklist here presented includes 10 new records for the State of Mato Grosso do Sul. These data will support management strategies targeting the conservation of plant-pollinator interactions in the Pantanal ecosystem.
Keywords: *bees, floral visitors, forest fragments, surveys.*

BOFF, S., ARAUJO, A.C. & POTT, A. **Abelhas (Hymenoptera: Apoidea) e flores em fragmentos florestais naturais do Pantanal sul.** Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/pt/abstract?article+bn00813042013

Resumo: Esta é a primeira amostragem sistemática de abelhas realizada no Pantanal, Brasil. Nós coletamos espécies de abelhas bem como as plantas que utilizaram como recurso floral em áreas de pastagens naturais e bordas de áreas florestadas. As coletas foram conduzidas durante dois a quatro dias a cada mês, durante 12 meses. Foram registradas 56 espécies de abelhas visitando um total de 63 espécies de plantas. As famílias Asteraceae e Fabaceae apresentaram o maior numero de espécies visitadas, entretanto *Hyptis suaveolens* (Lamiaceae) foi a espécie visitada pelo maior número de espécies diferentes de abelhas (18). A abelha nativa mais generalista encontrada foi *Trigona fuscipennis* , que visitou 17 espécies de plantas. *Apis mellifera* , uma espécie exótica, visitou 27 espécies. Reportamos também a sobreposição (37,5%) no uso de recursos florais entre *A. mellifera* e espécies de abelhas nativas. A listagem de abelhas aqui apresentada inclui 10 espécies ainda não mencionadas para o estado de Mato Grosso do Sul. Esses dados apoiarão estratégias de manejo focadas na conservação das interações entre plantas e polinizadores no ecossistema Pantanal.
Palavras-chave: *abelhas, visitantes florais, fragmentos florestais, inventários.*

Introduction

The Brazilian Pantanal, which primarily lies in the state of Mato Grosso do Sul in south-western Brazil, is the largest floodplain on Earth, covering ca. 140000 Km² (Silva & Abdon 1998) and encompassing a high diversity of habitats (Nunes da Cunha & Junk 2001). Of the ca. 2000 plant species recorded in this region, few are endemic and the other are typically species with wide geographic distributions (Pott & Pott 1994, Pott et al. 2011) common to the surrounding ecosystems: Amazonia, Cerrado and Chaco (Prance & Schaller 1982, Ratter et al. 1988, Pott & Pott 1994, Nunes da Cunha & Junk 2001). Furthermore, community dynamics within the Pantanal are dominated by annual hydro-climatic fluctuations (Agência... 2004).

In Brazil, studies on bee fauna have been conducted across a diversity of habitats: the Atlantic Forest (Wilms et al. 1996, Alves-dos-Santos 1999, Ramalho, 2004), the Cerrado (Pedro & Camargo 1991, Silveira & Campos 1995, Viana et al. 1997, Andena et al. 2005), the Caatinga (Carvalho & Marchini 1999, Zanella 2000, Zanella & Martins 2003, Lorenzon et al. 2003, Aguiar & Zanella 2005), in sand dunes (Alves-dos-Santos 1999, Viana & Kleinert 2005), in the southern grasslands (Schlindwein 1998, Alves-dos-Santos 1999, Gonçalves & Melo 2005, Gonçalves et al. 2009) and in transitional areas of the Cerrado-Amazonia (Santos et al. 2004). Most of these records are concentrated in the eastern part of the country. Therefore, systematics surveys of the bee community including some areas in the Amazon rainforest and the Pantanal wetland are almost unknown (Freitas et al. 2009).

Surveys of species, mainly in areas of little taxonomic knowledge, are essential as baseline data on local biodiversity and species distribution for conservation management (Pinheiro-Machado et al. 2002). Furthermore, bee faunal data or native floral resources for bees are lacking for the State of Mato Grosso do Sul. An exception is a single study (Aoki & Sigrist 2006), carried out through rapid assessment, which highlights the scarcity of knowledge on the bee fauna in the Mato Grosso do Sul.

In relation to interactions among bees and plants in the Pantanal region, we found only one study, a report on the interactions of the exotic bee *Apis mellifera* Linnaeus 1758, with plants whose flowers make up its pollen diet (Boff et al. 2011). Despite floristic surveys recording a high richness of melittophilous plants in the Pantanal (Pott & Pott 1986, Araujo & Sazima 2003), and preliminary reports of bee visitation for some plant species (Pott & Pott 1994), no systematic surveys of bee pollinators and their forage plants have been conducted in this region.

Bees play an integral role in maintaining the sexual reproduction and genetic diversity of native and agricultural plant species through pollination services (Kevan & Imperatriz-Fonseca 2002). The accelerating losses of natural habitats in the State of Mato Grosso do Sul, including the Pantanal, are primarily driven by this region`s harboring one of the largest herds of beef cattle in Brazil and thousands kilometers are used mainly for soybean crop (Harris et al. 2005). Given the key role bee pollinators play in wild and agricultural ecosystems (Kevan & Phillips 2001, Kevan & Imperatriz-Fonseca 2002, Murray et al. 2009), we present a list of plant species visited by bees and species of bees occurring in natural forest patches in the Brazilian Pantanal wetland. This is the first reported survey of bees from Southern Pantanal, representing new records of some species for the state of Mato Grosso do Sul.

Material and Methods

The study was carried out over 12 months (September 2006 to August 2007), in the Miranda and Abobral sub-regions, Corumbá, Mato Grosso do Sul, Brazil. This area presents tropical sub-humid climate type Aw (Köppen 1948). Annual rainfall in 2006 was 1162 mm, and in 2007 it was 927 mm (data from Meteorological station from São Bento ranch). There are two well defined seasons: the rainy season (October to March) and the dry season (April to September), with a mean annual temperature of 26 °C.

Data were gathered in ten natural forest patches at São Bento ranch (19° 34' 36" S, 57° 01' 08" W). The forest islets are natural patches of forest vegetation presenting circular or elliptic shapes, lying 1 to 3 m above the surrounding floodable grasslands (Figure 1). These areas remain dry during the high water periods of the Pantanal, and can be viewed as refuges, where plant species intolerant to inundation can grow (Oliveira-Filho & Martins 1991). Vegetation is primarily composed of riparian forest and Chaco species at the edges, and species typical of semi-deciduous and deciduous forests in the center (Prance & Schaller 1982). The São Bento ranch is a private propriety where the main activity is cattle ranching. Forest habitats are restricted to these islets and to the riparian forest of the Abobral River, which crosses the ranch.

The studied forest islets are inserted in a matrix of herbaceous/shrubby species (mainly *Sebastiania hispida* (Mart.) Pax ex Engl.) that grow in the seasonally flooded grasslands (Figure 2). For most of the year this matrix, which is typically non-managed grassland, serves as a natural pasture for cattle on ranches in the Pantanal. As natural pasture areas extend up to the edges of forest islets, many plants consumed by cattle are less abundant, so favoring occurrence of non-grazed pioneer and ruderal plant species. Nevertheless, some forage species, such as *Bidens gardneri* Baker (Asteraceae), regrow and flower afterwards, or like *Licania parvifolia* Huber (Chrysobalanaceae) and *Helicteres guazumaefolia* (Malvaceae), stay partially out of reach of cows around the forest islets, thus not being consumed by them.

We collected bees and flowers at the edges of the forest islets through two to four - day expeditions per month. Due to access difficulties during the flooding period, when the road access and some areas around of the studied islets remained flooded, some of the chosen forest islets could not be sampled every month. As a result, two forest islets were sampled for 12 months (September/2006-August/2007), another two islets for four months (September to December/2006), other two only during three months (September



Figure 1. Studied natural patch of forest vegetation (forest islet). Vegetation of fragments is primarily composed of riparian forest and Chaco species at the edges, and species typical of deciduous and semi-deciduous forests in its central portion, São Bento ranch, Pantanal, Brazil.

to November/2006) and four forest islets for eight months (January to August/2007) (Figure 3).

We established four permanent plots along the edge of each forest islet. All plots were 20 m long and 5 m wide (100 m²). The plots were oriented according to the compass points, i.e., one in the North position of the forest islets, one on the East, one on the West and another in the South, adding to 400 m^2 sampling area on each forest islet. In each plot, all flowering species whose flowers stayed up to 3m high were monthly recorded and assorted by habit.

Focal observations were made between 08:00 h and 17:00 h. The method used to survey bees in our study differs from the survey sampling described by Sakagami et al. (1967). Here, the bees were qualitatively recorded by one sampler, inside the same plot where plants were monthly monitored regarding to their flowering phenology. Bees were surveyed by focal observation of 10 minutes per flowering individual for each flowering species, inside a given plot or, in case of species occurring in patches, the same amount of time was spent observing flowers in the patch. The collection effort (CE) was calculated based on the formula,



Figure 2. The studied forest islets are inserted in a matrix mainly composed by herbaceous and shrubby species that grow in the seasonally flooded grasslands in the Pantanal, Brazil.

$CE = \sum nfs] \times 10 \div 60$, where the sum of the total number of flowering species (nfs) per plot of a given forest islet, was multiplied by the duration of focal observation (10 min) and divided by 60 to transform the collection effort into hours. We recorded the identity of the visitor and, when possible the collected resources, plus its role as a possible pollinator. A bee was considered a potential pollinator (*PP*) if it was observed contacting the flower`s reproductive structures during the visit. We used a conservative method to designate a species as *PP* considering data just when the visitor was collected. After data recording, bees (except *Apis mellifera*, given its easy identification in the field) were collected with an insect net and put in a killing jar with ethyl acetate.

The collected botanical material was placed in the Herbarium CGMS at the Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. The bee specimens were placed in the Laboratory of Zoology, in the same institution and in the personal collection of Dr. Sebastião Laroca who, in collaboration with Dr. Danuncia Urban (both from Universidade Federal do Paraná), identified the bee species. Data referring to the geographic distribution of the bee species in the studied region were compiled from Aoki & Sigrist (2006) and Moure`s Bee Catalogue, online version (Moure et al. 2008).

Results

We recorded 187 flowering species, of which 63 species, belonging to 26 plant families, were recorded as being visited by native and exotic bees *Apis mellifera*. Asteraceae and Fabaceae presented the highest number of visited species, with eight and seven species, respectively, followed by Malvaceae and Rubiaceae (five species each) and Lamiaceae and Verbenaceae (four and three species, respectively). Concerning plant habit, most species visited by bees were herbs (52%), followed by trees (19%), shrubs (13%), liana (9%) and sub-shrubs (6%). A mean of 22 (± 5.65) visited plant species was recorded per month. The lowest number of blooming plants was recorded in March (10), compared to the highest number recorded in November and December (28 each month). The plants visited by the highest number of bee species were ruderal, such as *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. (18 species), *Centrosema brasilianum* (L.) Benth. (seven species), *Sphagneticola brachycarpa* Pruski (six

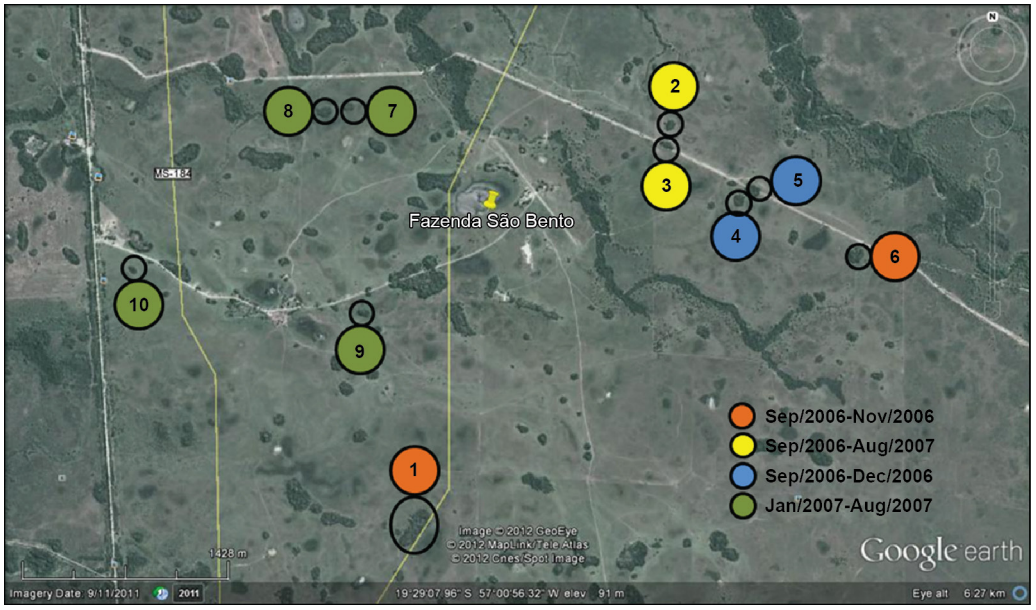


Figure 3. Location of the studied areas at São Bento ranch, southern Pantanal, Brazil. Data collection was conducted between September 2006 and August 2007. The highlighted areas show sampling periods for each islet. Image: modified from Google Earth 2011.

Table 1. Visited plant species, flowering period observed (F.P.O.), families and species of bees visitor during study in the Pantanal, Brazil. Plants are also classified according to the type of floral resource (r) searched as: nectar (N), pollen (P), oil (O) and mixed (P+N or P+O). Floral visitors are sorted into potential pollinator (po) or plunderer (pl), and when it was not possible to identify its potential role in pollination, no comments were added . NC=Number of bee specimens collected. (*first record of the bee species for Mato Grosso do Sul).

Plant family	Species	F.P.O.	Habit	Bee family	Species	r	po	pl	NC
Amaranthaceae	*Pfaffia glomerata* (Spreng.) Pedersen	Jan-July	Herb	Apidae	*Bombus pauloensis* Friese 1913		X		1
Apocynaceae	*Thevetia bicornuta* Muell. Arg.	Nov-Feb	Shrub	Apidae	*Ceratina morrensis* Strand, 1910	N			1
				Apidae	*Bombus pauloensis*	N	X		1
Arecaceae	*Attalea phalerata* Mart. ex Spreng.	Sept	Tree	Apidae	*Trigona fuscipennis* Friese, 1900	P	X		1
Asteraceae	*Bidens gardneri* Baker	Feb/May-Aug	Herb	Apidae	*Bombus pauloensis*	N			1
	Centratherum punctatum Cass.	Dec/Apr	Herb		*Apis mellifera*				
	Chromolaena odorata (L.) R.M. King & H. Rob.	Nov-Feb/May-June	Shrub	Apidae	*Bombus pauloensis*	N		X	2
	Conyza bonariensis (L.) Cronq.	Dec-Feb	Herb	Apidae	*Apis mellifera*				
				Apidae	*Trigona fuscipennis*	P			6
				Apidae	*Tetragonisca angustula* Latreille, 1811	P+N			3
				Halictidae	*Dialictus* sp.				1
				Halictidae	**Dialictus ypirangensis* (Schrottky, 1910)				1
				Megachilidae	*Coelioxys vidua* Smith. F (1854)	P	X		1
	Lepidaploa remotiflora (Rich.) H. Rob.	Feb/Apr	Herb	Apidae	*Apis mellifera*				
	Porophyllum lanceolatum DC.	May-June	Herb	Apidae	*Trigona fuscipennis*				1
	Praxelis clematidea R.M. King & H. Rob.	Sept-Feb/May-Aug	Herb	Halictidae	*Augochloropsis* sp.1				1
				Megachilidae	*Megachile* sp.1	N			1
				Apidae	*Apis mellifera*				
				Apidae	*Bombus pauloensis*	N			1
				Apidae	*Trigona fuscipennis*	P			1
	Sphagneticola brachycarpa (Baker) Pruski	Sept-Jan	Herb	Apidae	*Apis mellifera*				
				Apidae	*Ceratina* sp.1	N			2
				Apidae	*Nannotrigona testaceicornis* (Lepeletier, 1836)	N			1
				Apidae	*Ceratina morrensis*	N	X		1
				Halictidae	*Augochlora* sp.1	N			1
				Megachilidae	**Coelioxys pampeana* Holmberg, 1887	N			1
	Stilpnopappus pantanalensis H. Rob	Dec/Apr	Herb	Apidae	*Apis mellifera*				
	Vernonanthura brasiliana (L.) H. Rob.	Jul-Sept	Herb	Apidae	*Apis mellifera*				
				Apidae	*Bombus pauloensis*				1
				Megachilidae	**Larocanthidium nigritulum* Urban, 1997				1
Bignoniaceae	*Fridericea florida* (DC.) L.G. Lohmann	Oct/ May-Jun	Tree	Apidae	*Ceratina morrensis*			X	1
				Apidae	*Xylocopa* sp.	N	X		4
Chrysobalanaceae	*Couepia uiti* (Mart. Et Zucc.) Bth.	Sept/Nov-Jan	Tree	Apidae	*Paratrigona lineata* Lepeletier, 1836	P		X	1

Table 1. Continued...

Plant family	Species	F.P.O.	Habit	Bee family	Species	r	po	pl	NC
	Licania parviflora (Sag.) Fritsch	Nov-Jan	Tree	Apidae	*Apis mellifera*	N	X		
				Apidae	*Bombus pauloensis*	P			1
				Apidae	*Tetragonisca angustula*	P			1
				Apidae	*Trigona fuscipennis*				1
Combretaceae	*Combretum laxum* Jacq.	Jun-Aug	Liana	Apidae	*Tetragonisca angustula*	P			1
Commelinaceae	*Commelina erecta* L.	Oct-Feb/Apr-Aug	Herb	Apidae	*Apis mellifera*				
				Apidae	*Dasyhalonia* sp.	P	X		1
				Apidae	*Trigona fuscipennis*	P			1
Convolvulaceae	*Aniseia cernua Moric.*	Mar	Liana	Megachilidae	*Pseudocentron* sp.2	N			1
	Ipomoea cordatotriloba Dennst.	Sept/Nov	Herb	Apidae	*Ceratina morrensis*	N			1
	Ipomoea rubens Choisy	Oct-Feb/Jul-Aug	Liana	Apidae	*Ceratina morrensis*	P+N			1
	Indetermined			Megachilidae	*Megachile* sp.1	N			
Erythroxylaceae	*Erythroxylum anguifugum* Mart.	Oct/Apr/Aug	Tree	Apidae	*Ceratina* sp. 1				1
				Apidae	*Apis mellifera*				
Euphorbiaceae	*Croton glandulosus* (L.) M. Arg.	Oct-Dec/May-Aug	Herb	Apidae	*Apis mellifera*	P			
				Apidae	*Nannotrigona testaceicornis*	P			1
				Apidae	*Trigona spinipes* Fabricius, 1793	P			1
				Apidae	*Trigona fuscipennis*	P			1
	Sebastiana hispida (Mart.) Pax ex Engl.	Sept-Aug	Herb	Apidae	*Trigona fuscipennis*	P			2
					Bombus pauloensis	P			1
			Sub-shrub	Apidae	*Bombus pauloensis*	P			
Fabaceae				Megachilidae	*Megachile* sp.	N	X		1
	Aeschynomene histrix Poir.	Sept-Feb		Apidae	*Exomalopsis analis* Spinola, 1853	N	X		1
	Canavalia mattogrossensis (Barb. Rodr.) Malme	May-Jun	Liana	Apidae	*Trigona fuscipennis*				1
	Centrosema brasilianum (L.) Benth.	Sept-Feb/May-Aug	Liana	Apidae	*Ceratina morrensis*				2
				Apidae	**Centris lutea* Friese, 1899	N			1
				Apidae	**Centris xanthocnemis* Perty, 1833	N			1
				Apidae	*Centris* sp. 2	N			1
				Apidae	*Bombus pauloensis*	N			3
				Apidae	**Centris aenea* Lepeletier, 1841	N			1
				Halictidae	*Augochloropsis **aff.** cleopatra*				1
	Crotalaria micans Link.	Sept/Dec-Jan/July	Herb	Megachilidae	*Megachile* sp. 1	N			1
				Megachilidae	*Megachile orba* Schrottky, 1913	N			1
				Apidae	*Trigona fuscipennis*	N			1
				Apidae	*Xylocopa* sp. 1	N			1
				Apidae	**Xylocopa frontalis* (Olivier, 1789)	N			1
	Indigofera lespedezioides Kunth	Sept-Feb/Apr-June/Aug	Herb	Apidae	*Centris aenea*	N			1
	Inga vera Kunth	Sept-Oct/ Apr-June	Tree	Apidae	*Trigona fuscipennis*	N+P			6
				Apidae	*Bombus* sp.	N			
				Apidae	*Xylocopa* sp.	N			

Table 1. Continued...

Plant family	Species	F.P.O.	Habit	Bee family	Species	r	po	pl	NC
	Senna occidentalis (L.) Link	Apr-May	Sub-shrub	Apidae	*Trigona fuscipennis*	P		X	1
				Apidae	*Xylocopa ordinaria* Smith, 1874	P	X		1
	Senna splendida (Vogel) H.S. Irwin & Barneby	Apr-May	Herb	Apidae	*Xylocopa frontalis*	P	X		2
				Apidae	*Trigona fuscipennis*	P		X	2
				Apidae	*Xylocopa ordinaria*	P	X		1
					**Centris fuscata*	P			2
			Herb	Apidae	*Apis mellifera*				
Lamiaceae	*Hyptis brevipes* Baker	Oct-Nov/Jan-Feb/ June		Apidae	*Centris fuscata*	P			?
				Halictidae	*Augochloropsis* ***aff.*** *deianira*				1
	Hyptis suaveolens (L.) Poit.	Sept-Aug	Sub-shrub	Apidae	*Apis mellifera*	N			
				Megachilidae	*Coelioxys pampeana*				1
				Megachilidae	*Coelioxys* sp.				1
				Apidae	*Ceratina morrensis*				4
				Apidae	*Bombus pauloensis*	N			12
				Megachilidae	*Larocanthidium nigritulum*	N			1
				Megachilidae	*Megachile paulistana* Schrottky, 1902	N			1
				Halictidae	*Augochloropsis* sp. 3				1
				Apidae	*Nannotrigona testaceicornis*	N+P			1
				Megachilidae	*Megachile* sp.	N			1
				Megachilidae	*Coelioxys pirata* Holmberg, E. L. (1884)	N			2
				Halictidae	*Agapostemon* sp. 1				1
				Megachilidae	*Coelioxys vidua*	N			1
				Apidae	*Ceratinula* sp.				1
				Megachilidae	*Coelioxys* sp. 2	N			1
				Halictidae	*Augochlora* sp. 1				1
				Megachilidae	*Coelioxys* sp. 1	N			1
				Apidae	*Centris sp.* 1	N			1
				Apidae	*Tetragonisca angustula*	N+P			1
	Marsypianthes chamaedrys (Vahl) Kuntze	Feb/Apr	Herb	Megachilidae	*Coelioxys vidua*				
	Vitex cymosa Bertero ex Spreng.	Sept-Oct	Tree	Apidae	*Apis mellifera*	N			
				Apidae	**Centris spilopoda*	N	X		1
				Apidae	*Trigona fuscipennis*	P			1
Lythraceae	*Adenaria floribunda* Kunth	Oct-Apr	Shrub	Apidae	*Apis mellifera*				
				Halictidae	*Augochloropsis* ***aff.*** *deianira*	P+N			1
				Colletidae	*Hylaeus* sp. 1				1
				Apidae	*Trigona fuscipennis*			X	2
				Apidae	*Tetragonisca angustula*	P		X	3
				Apidae	*Nannotrigona testaceicornis*				1
Malpighiaceae	*Byrsonima orbignyana A.* Juss.	Sept-Dec	Tree	Halictidae	*Augochloropsis* sp. 2	P	X		1
				Apidae	*Alepidosceles* ***aff.*** *imitatrix*	O+P	X		1
				Apidae	*Tetragonisca angustula*	P			5
				Apidae	*Trigona fuscipennis*	P			1
				Apidae	*Plebeia* sp. 1	P			

Table 1. Continued...

Plant family	Species	F.P.O.	Habit	Bee family	Species	r	po	pl	NC
Malvaceae	*Helicteres guazumaefolia* H.B.K.	Sept-Nov/Jan-Apr/ June/Aug	Shrub	Apidae	*Trigona fuscipennis*	N			1
	Melochia graminifolia A.St. Hil.	Feb/Apr	Herb	Apidae	*Apis mellifera*				
	Melochia parvifolia Kunth	Oct-Nov/Feb-Aug	Shrub	Apidae	*Apis mellifera*	N			
				Apidae	*Bombus pauloensis*				3
	Melochia simplex A. St. Hil	Annual	Herb	Apidae	*Apis mellifera*				
				Apidae	*Bombus pauloensis*	N	X		1
	Melochia villosa (Mill.) Fawc. & Rendle	Sept/Nov/Feb-Aug	Sub-shrub	Apidae	*Apis mellifera*				
				Apidae	*Ceratina* sp. 1	N			1
				Apidae	**Ceratina chloris* (Fabricius, 1804)				1
				Apidae	*Ceratina morrensis*	N			1
				Apidae	*Xylocopa ordinaria*	N			1
	Sida santaremensis Monteiro	Annual	Herb	Apidae	*Apis mellifera*	N			
				Andrenidae	*Anthrenoides* sp. 1				1
	Sida viarum A. St.-Hil.	Oct	Herb	Apidae	*Apis mellifera*				
				Apidae	*Centris spilopoda* Moure, 1969	N			1
Onagraceae	*Ludwigia tomentosa* (Cambess.) H. Hara	Dec-Jan/Apr-May	Herb	Apidae	*Ceratina morrensis*	N			1
Plantaginaceae	*Bacopa australis* V.C. Souza	Apr	Herb	Halictidae	*Dialictus* sp. 1	P+N			1
	Scoparia montevidensis (Spreng.) R.E.Fr.		Herb	Apidae	*Apis mellifera*	P			
Portulacaceae	*Portulaca pilosa* D. Legrand	Oct/Jan-Feb/May-June	Herb	Halictidae	*Dialictus* sp. 1				1
				Apidae	*Ceratina morrensis*	P			1
				Apidae	*Alepidosceles imitatrix* (Schrottky, 1909)				1
Rubiaceae	*Borreria eryngioides* Cham. & Schltdl	Out-Dec	Herb	Apidae	*Apis mellifera*				
	Chomelia pohliana Müll. Arg.	Nov-Dec	Shrub	Apidae	*Tetragonisca angustula*	P		X	1
	Psychotria carthagenensis Jacq.	Out-Feb	Shrub	Megachilidae	*Megachile paulistana*			X	1
	Richardia grandiflora (Cham. & Schltdl.) Steud.	Nov-Feb/May-Aug		Apidae	*Apis mellifera*	P+N			
			Herb	Apidae	*Ceratina morrensis*	P	X		1
				Apidae	*Bombus pauloensis*	N			1
				Apidae	*Ceratina* sp. 1	N+P			1
	Staëlia thymoides Cham. et Schltdl.	Sept-Nov/May-Aug	Herb	Apidae	*Apis mellifera*				
				Megachilidae	*Megachile aetheria* Mitchell, 1930	N			1
				Apidae	*Ceratina* sp. 1	N			1
				Megachilidae	*Coelioxys **aff.** otomita*	N			1
	Tocoyena formosa (Cham. & Schltdl.) K. Schum.	Dec-Jan/Apr	Shrub	Apidae	*Trigona fuscipennis*	N		X	2

Table 1. Continued...

Plant family	Species	F.P.O.	Habit	Bee family	Species	r	po	pl	NC
		Apr/June	Tree						1
Rutaceae	*Zanthoxylum rigidum* Humb. & Bonpl. ex Willd.			Apidae	*Trigona fuscipennis*				
		Dec/Feb/Apr-May							2
Salicaceae	*Casearia aculeata* Jacq.			Halictidae	*Augochloropsis* sp. 1	P+N			
			Tree	Halictidae	*Augochloropsis* sp. 2	P+N			2
				Halictidae	*Augochloropsis* sp. 3	P+N			1
Sapindaceae	*Paullinia pinnata* D.R. Simpson	Sept-Oct/Jan/Mar	Liana	Apidae	*Ceratina morrensis*	N			1
Solanaceae	*Solanum viarum* Dunal	Sept-Apr	Herb	Halictidae	*Augochloropsis* sp. 1	P	X		1
				Apidae	*Centris flavifrons* (Fabricius, 1775)	P	X		1
					Xylocopa frontalis	P	X		1
					Bombus pauloensis	P	X		4
				Megachilidae	*Megachile paulistana*	P	X		1
Verbenaceae	*Lantana canescens* Kunth	Dec/Feb	Herb	Apidae	*Ceratina* sp.1	N			1
					Trigona fuscipennis	P			1
	Lippia alba (Mill.) N.E.Br. ex Britton & P. Wilson	Annual	Herb		*Apis mellifera*				
	Stachytarpheta cayennensis(Rich.) Vahl	Sept-Feb/July	Herb	Apidae	*Apis mellifera*				
				Apidae	*Bombus pauloensis*	N			5
Vochysiaceae	*Vochysia divergens* Pohl	Aug-Oct	Tree	Apidae	*Apis mellifera*				

species), *Crotalaria micans* Link and *Solanum viarum* Dunal (five species each), and pioneer species, such as *Adenaria floribunda* Kunth and *Byrsonima cydoniifolia* A. Juss (five species each). The other flowering species were visited by one to four species of bees (Table 1).

We recorded 188 native bees from 55 species representing 27 genera and five families, plus the exotic feral honeybee (*Apis mellifera*) visiting flowers at the edge of the surveyed forest islets (Table 1) in a total of 306.72 hours of collection effort (Table 2). Native bee species belonged mainly to Apidae (54, 54%), followed by Megachilidae (*ca.* 25, 45%), Halictidae (*ca*. 16, 36%), Colletidae and Andrenidae with only 1,81% each. We recorded the presence of 10 species not yet cited for Mato Grosso do Sul. These species are mainly solitary bees and the most are specialized oil foragers from the tribe Centridini: *Centris aenea* Lepeletier, 1841, *C. flavifrons* (Fabricius, 1775), *C. fuscata* Lepeletier, 1841, *C. lutea* Friese, 1899, *C. spilopoda* Moure 1969, *C. xanthocnemis* Perty 1833, *C.* sp. 1 and *C.* sp. 2 (Table 1).

The native bees that visited the greatest diversity of plant species were *Trigona fuscipennis* Friese 1900 (19 species), *Bombus pauloensis* Friese 1913 (14 species), *Ceratina morrensis* Strand 1910 (12 species) and *Tetragonisca angustula* Latreille, 1811 (seven species). The other bee species visited between one and four flowering species (Table 1).

Amongst the species of plants visited by the native bees, 21 were also visited by *Apis mellifera* (37.5 % overlapping). The feral honeybee was also an exclusive visitor of seven other species, summing to 27 species, approximately 51% of the plants that were visited by native bees. Asteraceae and Malvaceae were the families with the highest number of species visited by *A. mellifera* (seven and five, respectively). Despite the fact that bees were only qualitatively recorded, we noted that *A. mellifera* was in general more common than the other bee species inside the plots, and was recorded throughout the sampling period.

In 25% (33/132) of the recorded interactions, we observed the behavior of the bees on the flowers. In 23 interactions the bees acted as potential pollinators, considering that they contacted the reproductive structures of the flower at the moment of the visit. However, in the 10 remaining interactions the bees just plundered the resource (Inouye 1980). The amounts of each interaction varied among plant/visitor species (Table 1).

Table 2. The number of species, specimens and collection effort in the studied areas. MS=Number of months sampled, SS=number of specimens sampled, HCE= Hours of collection effort. A=Jan, B=Feb, C=Mar, D=Apr, E=May, F=June, G=July, H=Aug, I=Sept, J=Oct, K=Nov and L=Dec.

Islet forest	MS	Species	SS	HCE
1	3(I-K)	7	16	14
2	12(I-H)	17	37	46.34
3	12(I-H)	16	36	50
4	4(I-L)	12	28	21.5
5	4(I-L)	7	13	23.84
6	3(I-K)	5	6	13.6
7	8(A-H)	14	17	38.34
8	8(A-H)	11	17	38.34
9	8 (A-H)	9	10	31.66
10	8 (A-H)	5	6	29.10
Total			188	306.72

Discussion

In the studied plots, Asteraceae and Fabaceae were the dominant families containing most of the species utilized as a resource by bees; similar to data recorded in Cerrado vegetation (Pedro & Camargo 1991, Andena et al. 2005). These findings confirm the status of these plant families as important sources of forage for wild bees in these forest islets, as already suggested by the analysis of the pollen diet of *Apis mellifera* in the same region (Boff et al. 2011). The predominance of herbaceous species in the edge of the forest islets was already

reported in previous studies (Pott & Pott 1986, Araujo & Sazima 2003), but may have been a consequence of only sampling flora up to 3m in height. Despite the high number of flowering species in the studied islets (n = 187) and the predominance of melittophilous species (Araujo & Sazima 2003), the number of plant species visited by bees species, around 35% (n = 64) was lower than reported by previous studies in other Brazilian habitats, such as a transition areas such as the Cerrado-Amazonia in the North (Santos et al. 2004), and in the Southern grasslands (Gonçalves et al. 2009, Pedro & Camargo 1991, Silveira & Campos 1995).

Native bees visited less than 30% of the total of blooming species recorded. However, bee surveying was restricted to the selected plots in this study. Other studies that employed more traditional surveying methodologies, with sampling not restricted to plots, reported a higher number of specimens and species (*e.g.* Pedro & Camargo 1991, Alves-dos-Santos 1999, Gonçalves et al. 2009). In a rapid assessment at different habitats in the Cerrado, in Mato Grosso do Sul, Aoki & Sigrist (2006) reported 113 bee species in 170 hours of collection effort. Although the collection effort (in hours) was less than used in this study, Aoki & Sigrist (2006) reported twice the number of species recorded here, primarily due to the number of people collecting (eight) in the rapid assessment study. Beyond that in that report surveys were focused solely on the rainy period.

Additionally, the number of open flowers, or floral display, could also affect the abundance and diversity of species observed in this study (Ohashi & Yahara 2001). Within the studied areas, and excluding some trees species (*e.g*. *Vochysia divergens* Pohl*, Vitex cymosa* Bertero ex Spreng., *Licania parviflora*) and the herbaceous *Hyptis suaveolens* and *Richardia grandiflora* (Cham. & Schltdl.) Steud., there was a lack of conspicuous floral display, which may have decreased the attractiveness of the forest islets to bees in this area. During surveys in an area with a large floral display of *Byrsonima cydoniifolia* and *Couepia uiti* Benth*,* we observed a lot of individuals from 15 species of Centridini outside the focal plots. Meanwhile, when observing flora of the same species in conditions of lower floral display inside the studied plots, the bees from this tribe were completely absent.

We recorded many ruderal plant species surrounding the forest islets, potentially as a consequence of the annual flooding in the surrounding fields, which eliminates flood-intolerant species. In addition, farmers usually manage the pastures for cattle use and these animals selectively graze the plants at the edges of the forest islets. We observed a high diversity of bee species visiting flowers of ruderal species, *e.g*. *H. suaveolens*, in support of previous studies conducted in different habitats (Lorenzon et al. 2003, Fernando César Vieira Zanella, unpublished data). *Hyptis suaveolens* may potentially be an important floral resource for the studied bee fauna, because it represents a persistent source of pollen and nectar throughout the year for a wide spectrum of bee species (18 in this study). Other abundant ruderal plants recorded were: *Borreria eryngioides* Cham. & Schltdl., *Conyza bonariensis* (L.) Cronquist, *Sphagneticola brachycarpa*, and mainly *Richardia grandiflora*; but these species were primarily visited by honeybees.

Bees of the families Apidae, Megachilidae and Halictidae composed, in this order, the highest species richness of bees in this study, similar to reported in other neotropical biogeographical regions such as Cerrado, Caatinga and Amazonia (Silveira & Campos 1995, Carvalho & Bego 1996, Viana 1999, Santos et al. 2004.) Studies carried out in Southern Brazil report that species richness of Halictidae is higher than the reported for other areas in Brazil (Barbola & Laroca 1993, Alves-dos-Santos 1999, Gonçalves et al. 2009), although one study carried out in Rio Grande do Sul reported the Apidae as being the most diverse family (Truylio & Harter-Marques 2007).

According to the number of visited plant species, the most generalist bees in this study were the species from Apidae, *Apis mellifera* and *Trigona fuscipennis*. This result is similar to the observations in areas of Cerrado in São Paulo, where *T. spinipes* (Fabricius, 1793) and *A. mellifera* were reported as the most generalist bees (Pedro & Camargo 1991, Andena et al. 2005). In general, many individuals of these social bees concentrate their forage on several floral resources (Roubik 1989, Kerr et al. 2001). In contrast, non-social bees are usually restricted to a lower diversity of plant species (Michener 2007), as recorded in the present study for solitary Apidae like: *Centris* species, *Exomalopsis analis* Spinola 1853 and other non-social species from the Halictidae and Megachilidae.

In this study we documented 10 new records of bee species for Mato Grosso do Sul, compared to both Aoki & Sigrist (2006) and the currently available species list for this region (Moure et al. 2008). This highlights the lack of knowledge about plant-visitors interactions in this state (Pinheiro-Machado et al. 2002, Freitas et al. 2009), and why species with wide distribution in Brazil such as *Centris aenea*, *C. fuscata* and *C. lutea* were not previously recorded in Mato Grosso do Sul. As this is the first systematic survey of the native bee fauna in the Pantanal region, future studies in other habitats, as well as extending surveys to larger areas of forest islets, will certainly add more species to the Pantanal checklist.

The Africanized *Apis mellifera* was the only floral visitor recorded in seven flowering species and utilized more than 38% of species visited by native bees. This overlap in flower visitation has been reported in areas of Cerrado in the State São Paulo (Pedro & Camargo 1991), and to a lesser extent in arid areas in northeastern Brazil (Zanella & Martins 2003). Plenty of studies show evidences that *Apis mellifera* affects the reproductive success of different plant species (Gross & Mackay 1998, Hansen et al. 2002, Carmo et al. 2004) as well as the diversity and abundance of communities of native bees through resource competition (Roubik 1980, 2009, Roubik & Villanueva-Gutiérrez 2009).

Although this study provides baseline data for bees and their floral resources in the Pantanal wetland, and bee biogeography within Brazil, new studies are still needed for the region. Therefore, given the high conservation value of the Pantanal, in terms of its habitat diversity and of pollinator richness, quantitative surveys of new areas and habitats should be conducted to extend our knowledge on bee species and the pollination services they provide in this region.

Acknowledgements

We thank the ranch owners for permission access to the study area; Dr. Sebastião Laroca and Dr. Danúnia Urban for identifying the bees; A. Neves, C. Lehn, L. Romero, M. Sazan and W. Guimarães for their assistance in field work. Thank to Dr. Tomás Murray for suggestions on the manuscript and English revision. To CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), Fundect (Fundação de Apoio e Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Gross do Sul) and CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-Programa Ciência sem Fronteiras) provided grants to S. Boff, CNPq and CAPES provided grants to A. Pott; UFMS (Universidade Federal de Mato Grosso do Sul) provided logistical support.

References

AGUIAR, C.M.L. & ZANELLA, F.C.V. 2005. Estrutura da comunidade de abelhas (Hymenoptera: Apoidea: Apiformis) de uma área na margem do domínio da Caatinga (Itatim, BA). Neotrop. Entomol. 34(1):15-24. http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2005000100003

ALVES-DOS-SANTOS, I. 1999. Abelhas e plantas melíferas da Mata Atlântica, restinga e dunas do litoral Norte do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Rev. Bras. Entomol. 43 (3-4):191-223.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. 2004. Implementação de práticas de gerenciamento integrado de bacia hidrográfica para o Pantanal e a Bacia do Alto Paraguai: programas de ações estratégicas para o gerenciamento integrado do pantanal e bacia do Alto Paraguai. Athalaia Gráfica e Editora, Brasília, 513p. GEF. Relatório final.

ANDENA, S.R., BEGO, R.S. & MECHI, M.R. 2005. A comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) de uma área de cerrado (Corumbataí, SP) e suas visitas às flores. Rev. Bras. Zôo. Ciên. 7(1):55-91.

AOKI, C. & SIGRIST, M.R. 2006. Inventário dos visitantes florais no Complexo Aporé-Sucuriú In Biodiversidade do Complexo Aporé-Sucuriú: subsídios à conservação e manejo do bioma Cerrado (T.C.S. Pagotto & P. R. Souza, eds.). UFMS, Campo Grande, p.143-162. PMid:16404227.

ARAUJO, A.C. & SAZIMA, M. 2003. The assemblage of flowers visited by hummingbirds in the "capões" of Southern Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brazil. Flora 198(6):427-435. http://dx.doi.org/10.1078/0367-2530-00116

BARBOLA, I.F. & LAROCA, S. 1993. A comunidade de Apoidea (Hymenoptera) da Reserva Passa Dois (Lapa, Paraná, Brasil):Diversidade, abundância relativa e atividade sazonal. Acta Bio. Paranaense. 22(1-4):91-113.

BOFF, S., LUZ, C.F., ARAÚJO, A.C. & POTT, A. 2011. Pollen analysis reveals plants foraged by africanized honeybees in the Southern Pantanal, Brazil. Neotrop. Entomol. 40(1):47-54. PMid:21437482. http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2011000100007

CARMO, R. M., FRANCESCHINELLI, E. V. & SILVEIRA, F. A. 2004. Introduced honeybees (*Apis mellifera*) reduce pollination success without affecting the floral resource taken by native pollinators. Biotropica. 36(3):371-376.

CARVALHO, A.M.C. & BEGO, L.R. 1996. Studies on Apoidea fauna of cerrado vegetation at the Panga Ecological Reserve, Uberlândia, MG, Brazil. Rev. Bras. Entomol. 40(2):147-156.

CARVALHO, C.A.L. & MARCHINI, L.C. 1999. Plantas visitadas por *Apis mellifera* L. no vale do rio Paraguaçu, Município de Castro Alves, Bahia. Rev. Bras. Bot. 22(2):333-338. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84041999000500016

FREITAS, B.M., IMPERATRIZ-FONSECA, V.L., MEDINA, L.M. & KLEINERT, A.M.P. 2009. Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. Apidologie 40(3):332-346. http://dx.doi.org/10.1051/apido/2009012

GONÇALVES, R.B. & MELO, G.A.R. 2005. A comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apidae s. I.) em uma área restrita de campo natural no Parque Estadual de Vila Velha, Paraná: diversidade, fenologia e fontes florais de alimento. Rev. Bras. Entomol. 49(4):557-571. http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262005000400017

GONÇALVES, R.B., MELO, G.A.R. & AGUIAR, A.J.C. 2009. A assembléia de abelhas (Hymenoptera, Apidae) de uma área restrita de campos naturais do Parque Estadual de Vila Velha, Paraná e comparações com áreas de campos e cerrado. Pap. Avulsos Zool. 49(14):163-181.

GROSS, C.L. & MACKAY D. 1998. Honeybees reduce fitness in the pioneer shrub *Melastoma affine* (Melastomataceae). Bio. Conserv. 86(2):169-178 http://dx.doi.org/10.1016/S0006-3207(98)00010-X

HARRIS, M.B., ARCANGELO, C., PINTO, E.C.T., CAMARGO, G., RAMOS NETO, M.B. & SILVA, S.M. 2005. Estimativas de perda da área natural da Bacia do Alto Paraguai e Pantanal Brasileiro. Conservação Internacional, Campo Grande. Relatório técnico não publicado.

HANSEN, D.M., OLESEN, J.M. & JONES, C.G. 2002. Trees, birds and bees in Mauritius: exploitative competition between introduced honey bees and endemic nectarivorous birds? J. Biogeogr. 29(5-6):721-734. http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2699.2002.00720.x

INOUYE, D.W. 1980. The terminology of floral larceny. Ecology 61(5):1251-1253. http://dx.doi.org/10.2307/1936841

KERR, E.W., CARVALHO, G.A., SILVA, A.C. & ASSIS, M.G.P. 2001. Aspectos pouco mencionados da biodiversidade Amazônica. Parcerias Estrat. 6(12):21-41.

KEVAN, P.G. & IMPERATRIZ-FONSECA, V.L., eds. 2002. Pollination bees: the conservation link between agriculture and nature. Ministry of Environment, Brasilia, 313p.

KEVAN, P.G. & PHILLIPS, T.P. 2001. The economic impacts of pollinator declines: An approach to assessing the consequences. Conserv. Ecol. 5:8. http://www.consecol.org/vol5/iss1/art8/

KÖPPEN, W. 1948. Climatologia. Fondo de Cultura Economica. Buenos Aires. Trad. de Grundriss zu Klimakunde, 1923.

LORENZON, M.C.A., MANTRAGOLO, C.A.R. & SCHOEREDER, J.H. 2003. Flora visitada pelas abelhas Eussociais (Hymenoptera, Apidae) na Serra da Capivara, em Caatinga do Sul do Piauí. Neotrop. Entomol. 32(1):27-36. http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2003000100004

MICHENER, C.D. 2007. The bees of the world. Baltimore. 2nd ed. The Johns Hopkins University Press, 913p.

MOURE, J.S., MELO, G.A.R. & DALMOLIN, A. 2008. Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region Eletronic. http://www.moure.cria.org.br/catalogue. (último acesso em 03/03/2011).

MURRAY, T.E., KUHLMANN, M. & POTTS, S.G. 2009. Conservation Ecology of bees: populations, species and communities. Apidologie 40(3):211-236. http://dx.doi.org/10.1051/apido/2009015

NUNES DA CUNHA, C. & JUNK, W.J. 2001. Distribution of wood plant communities along the flood gradient in the Pantanal of Poconé, Mato Grosso, Brazil. Int. J. Ecol. Environ. Sci. 27(2):63-70.

OHASHI, K. & YAHARA, T. 2001. Behavioural responses of pollinators to variation in floral display size and their influence on the evolution of floral traits (L. Chittka & J.D. Thomson, eds.). Cognitive ecology of pollination. Cambridge University Press, p.274-296

OLIVEIRA-FILHO, A.T. & MARTINS, F.R. 1991. Comparative study of five Cerrado areas in southern Mato Grosso, Brazil. Edinb. J.Bot. 48(3):307-332. http://dx.doi.org/10.1017/S0960428600003036

PEDRO, S.R.M. & CAMARGO, J.M.F. 1991. Interactions on floral resources between the africanized honey bee *Apis mellifera* L and the native bee community (Hymenoptera: Apoidea) in a natural "Cerrado" ecosystem in southwest Brazil. Apidologie 22(4):397-415. http://dx.doi.org/10.1051/apido:19910405

PINHEIRO-MACHADO, C., ALVES-DOS-SANTOS, I., IMPERATRIZ-FONSECA, V.L., KLEINERT, A.M.P. & SILVEIRA, F.A. 2002. Brazilian bee surveys: State of knowledge, conservation and sustainable use. In Pollinating Bees - The conservation link between agriculture and nature (P. Kevan & V.L. Imperatriz-Fonseca eds.). Ministry of Environment, Brasília, p.115-129

POTT, A. & POTT, V.J. 1986. Inventário da flora apícola do Pantanal em Mato Grosso do Sul. Embrapa CPAP, Pesquisa em Andamento 3. http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/PA03.pdf.

POTT, A. & POTT, V.J. 1994. Plantas do Pantanal. Embrapa, Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal & Embrapa Serviço de Produção, Brasília, 320p.

POTT, A., OLIVIEIRA, A.K.M., DAMASCENO-JUNIOR, G.A. & SILVA, J.S.V. 2011. Plant diversity of the Pantanal. Braz. J. Biol. 71(1):265-273. PMid:21537599.

PRANCE, G.T. & SCHALLER, G.B. 1982. Preliminary study of some vegetation types of the Pantanal, Mato Grosso, Brazil. Brittonia 34(2):228-251. http://dx.doi.org/10.2307/2806383

RAMALHO, M. 2004. Stingless bees and mass flowering trees in the canopy of Atlantic Forest: a tight relationship. Acta Bot. Bras. 18(1):37-47. http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062004000100005

RATTER, J.A., POTT, A., VALI, J.P., CUNHA, C.N. & HARIDASAN, M. 1988. Observations on wood vegetation types in the Pantanal and at Corumbá, Brazil. Notes R.B.G. Edinb. 45(3):503-525.

ROUBIK, D.W. 1980. Foraging behavior of competing africanized honeybees and stingless bees. Ecology. 61(4):836-845. http://dx.doi.org/10.2307/1936754

ROUBIK, D.W. 1989. Ecology and natural history of tropical bees. Cambridge University Press, Cambridge, 514p. http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511574641

ROUBIK, D.W. & VILLANUEVA-GUTIÉRREZ, R. 2009. Invasive africanized honey bee impact on native solitary bees: a pollen resource and trap nest analysis. Biol. J. Linn Soc. 98(1):152-160. http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8312.2009.01275.x

ROUBIK, D.W. 2009. Ecological impact on native bees by the invasive africanized honey bee, abejas cleptoparasitas, con énfasis en las abejas hospederas colectoras de aceites (Hymenoptera: Apoidea). Acta Biol. Colomb. 14(2):115-124.

SAKAGAMI S.F., LAROCA, S. & MOURE, J.S. 1967. Wild bees biocenotics in São José dos Pinhais (PR), South Brazil: Preliminary Report. Jour. Fac. Sci. Hokkaido Uni., Ser. VI, Zool. 16(2):253-91.

SANTOS, F.V., CARVALHO, C.A.L. & SILVA, R.F. 2004. Diversidade de abelhas em uma área de transição Cerrado-Amazônia. Acta Amazôn. 34(2):319-328. http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672004000200018

SCHLINDWEIN, C. 1998. Frequent oligolecty characterizing a diverse bee-plant community in a xerophytic bushland of subtropical Brazil. Stud. Neotrop. Fauna Environ. 33(1):46-59. http://dx.doi.org/10.1076/snfe.33.1.46.2168

SILVA, J.S.V. & ABDON, M.M. 1998. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões. Pesqui. Agropecu. Bras. 33(Número especial):1703-1711.

SILVEIRA, F.A. & CAMPOS, M.J.O. 1995. A melissofauna de Corumbataí (SP) e Paraopeba (MG):uma análise da biogeografia das abelhas do cerrado brasileiro (Hymenoptera: Apoidea). Rev. Bras. Entomol. 39(2):371-401.

TRUYLIO, B. & HARTER-MARQUES, B. 2007. A comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em áreas florestais do Parque Estadual de Itapuã (Viamão, RS):diversidade, abundância relativa e atividade sazonal. Iheringea, Séries Zoologia 97(4):392-399. http://dx.doi.org/10.1590/S0073-47212007000400006

VIANA, B.F., KLEINERT, A.M.P. & IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. 1997. Abundance and flower visits of bees in a Cerrado of Bahia, Tropical Brazil. Stud. Neotrop. Fauna Environ. 32(4):212-219.

VIANA, B.F. 1999. A comunidade de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) das dunas interiores do Rio São Francisco, Bahia, Brasil. Neotrop. Entomol. 28(4):635-645.

VIANA, B.F. & KLEINERT, A.M.P. 2005. A community of flower-visiting bees (Hymenoptera: Apoidea) in the coastal sand dunes of northeastern Brasil. Biota Neotrop. http://www.biotaneotropica.org.br/v5n2/pt/fullpaper?bn00305022005+en

ZANELLA, F.C.V. 2000. The bees of the Caatinga (Hymenoptera, Apoidea, Apiformes):A species list and comparative notes regarding their distribution. Apidologie 31(5):579-592. http://dx.doi.org/10.1051/apido:2000148

ZANELLA, F.C.V. & MARTINS, C.F. 2003. Abelhas da Caatinga: Biogeografia, ecologia e conservação In Ecologia e Conservação da Caatinga (I.R. Leal, Tabarelli, R. M. & Silva, J.M.C. eds.). Editora Universitária da UFPE, Recife, p.75-134 .

WILMS, W., IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. & ENGELS W. 1996. Resource partitioning between highly eusocial bees and possible impact of the introduced africanized honey bee on native stingless bees in the Brazilian Atlantic Rainforest. Stud. Neotrop. Fauna Environ. 31(3-4):37-51. http://dx.doi.org/10.1076/snfe.31.3.137.13336

Received 04/29/2013
Revised 09/05/2013
Accepted 10/16/2013

Occupancy of different types of forest habitats by tyrant flycatchers (Passeriformes: Tyrannidae)

Gabriel Lima Medina Rosa[1,4], Luiz dos Anjos[2] & Maurício Osvaldo Moura[3]

[1]Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas, Departamento de Biologia Animal e Vegetal – BAV, Universidade Estadual de Londrina – UEL, Rod. Celso Garcia Cid, PR 445 Km 480, Campus Universitário, CP 6001, CEP 86051-970, Londrina, PR, Brasil. www.uel.br
[2]Departamento de Biologia Animal e Vegetal – BAV, Universidade Estadual de Londrina – UEL, Rod. Celso Garcia Cid, PR 445 Km 480, Campus Universitário, CP 6001, CEP 86051-970, Londrina, PR, Brasil. www.uel.br
[3]Departamento de Zoologia, Centro Politécnico, Universidade Federal do Paraná – UFPR, CP 1920, CEP 81531-980, Curitiba, PR, Brasil. www.ufpr.br
[4]Corresponding author: Gabriel Lima Medina Rosa, e-mail: g_rosa_bio@hotmail.com

ROSA, G.L.M., ANJOS, L. & MOURA, M.O. **Occupancy of different types of forest habitats by tyrant flycatchers (Passeriformes: Tyrannidae)**. Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/en/abstract?article+bn03513042013

Abstract: The abundance distribution of the tyrant flycatchers (Tyrannidae family) was evaluated in three main forest habitats of Mata dos Godoy State Park (PEMG), north of the state of Paraná. We conducted point counts and from the collected data we calculated the Index of Point Abundance (I. P. A.) of each species in the habitats of interior of mature forest (FLI), slope forest (FLE) and reforestation (REF). Among the 22 recorded species, eight occurred in all habitats, while other eight occurred in two habitats and six were exclusive of one habitat. Among the 16 recorded species in more than one habitat, 10 were more abundant in only one. On the contrary to our expectation and despite the clear habitat segregation among species, the abundance distribution was not significantly influenced by the foraging strategies. Maybe, phylogenetic relationships could better explain the found pattern. Some partially frugivorous species were present in REF and FLI. Those species could be considered as potential ecological restoration agents and thus to promote seed dispersal among habitats. Indeed, the greater similarity of tyrant flycatchers abundance distribution in FLI and REF indicates that these two habitats could be part of the same gradient. FLE, however, can be considered a separated habitat by its abundance of bamboo clusters and the six tyrant flycatcher species which are commonly associated with this vegetation type.
Keywords: *habitat, foraging, abundance, distribution, frugivory.*

ROSA, G.L.M., ANJOS, L. & MOURA, M.O. **Ocupação de diferentes tipos de habitat florestal por tiranídeos (Passeriformes: Tyrannidae)**. Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/pt/abstract?article+bn03513042013

Resumo: Nós avaliamos a distribuição da abundância de papa-moscas (família Tyrannidae) nos três principais habitats florestais do Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG), norte do Paraná. Conduzimos amostragens por pontos de escuta e, por meio dos dados coletados, foi calculado o Índice Pontual de Abundância (I. P. A.) de cada espécie nos habitats de interior de floresta madura (FLI), floresta de encosta (FLE) e reflorestamento (REF). Das 22 espécies registradas, oito ocorreram em todos os habitats, 8 ocorreram apenas dois e seis foram exclusivas de apenas um habitat. Das 16 espécies registradas em mais de um habitat, 10 foram mais abundantes em apenas um. Ao contrário do esperado e apesar da clara segregação de espécies entre habitats, a distribuição da abundância não foi influenciada significativamente pelas estratégias de forrageamento. Algumas espécies são parcialmente frugívoras e foram registradas em FLI e REF, podendo ser consideradas como potenciais agentes de restauração ecológica promovendo a dispersão de sementes entre habitats. A maior similaridade entre a abundância das espécies de tiranídeos em FLI e REF indica que estes habitats podem fazer parte do mesmo gradiente. FLE, em contrapartida, pode ser considerado um habitat distinto pela marcante presença de agregados de bambu e as seis espécies de tiranídeos comumente associados a este tipo de vegetação.
Palavras-chave: *habitat, forrageamento, abundância, distribuição, frugivoria.*

Introduction

Tyrannidae, which is about 430 species, is commonly the family with the highest local richness in several Neotropical ecosystems (Sick 1997, Fitzpatrick et al. 2004). Although some species include fruits in their diet, the Tyrannidae family is primarily insectivorous with an impressive evolutive radiation in foraging strategies. Those foraging strategies are frequently associated with morphological modifications, which increase the efficiency in arthropod capture. Patterns of foraging strategies and morphological adaptations have been the subject of classical studies, as Fitzpatrick (1980, 1985) and Fitzpatrick et al. (2004). The habitat occupancy of Tyrannidae species, known as tyrant flycatchers, should be closely related to the foraging strategy, since efficiency capturing arthropods varies according to phytophysionomy, as for example the density of the foliage (Fitzpatrick 1980). Therefore, forest areas with variations in their phytophysionomy would select different foraging strategies, which could drive to particular flycatchers' assemblies.

In the present study it was evaluated similarities in flycatcher assemblies in different forest habitats that occur in a Reserve in the north of the state of Paraná, Mata dos Godoy State Park (PEMG). Birds were previously study in that Reserve, which allowed to distinguish two basic types of forest (see Anjos et al. 2007): a riparian forest strongly influenced by sloped terrain, called slope forest (FLE) in this study, and an upland forest, called interior of mature forest (FLI) in this study. FLI is dominated by typical semi-deciduous forest, a type of Atlantic Forest covering that extends from southern and southeastern Brazil to northeastern Argentina. In addition, it was included a 30 years restored (REF) area, as a third habitat, adjacent to that Reserve. We argue that the flycatchers occupy differently those forest areas.

One important aspect of the tyrant flycatchers diet, which is mainly composed by arthropods, is the addition of fruit items by some species that, consequently, act as seed dispersal agents (Howe & De Steven 1979, Fitzpatrick et al. 2004, Brum et al. 2012). In PEMG, some species might be acting as restoration agents when occupying both habitats, the mature forest and the restoration area. We expect to identify which species are potentially restoration agents among tyrant flycatchers.

Therefore, in this study we investigated the habitat occupancy of 22 tyrant flycatcher species that were previously recorded in PEMG (Anjos 2006). We foresee that tyrant flycatchers have different occupancy tendencies in the forest areas of the PEMG, and these tendencies are strongly associated with the foraging strategies used by each species. We also hope to evaluate in particular the occupancy of the frugivorous flycatchers in the restored area due to their potential importance in seed dispersal.

Material and Methods

1. Study Area

Mata dos Godoy State Park (PEMG), 23° 27' S and 51° 15' W, with 656 ha, (Figure 1), is mostly covered by seasonal semi-deciduous forest, forest ecosystem that belongs to the Atlantic Forest Biome (Ribeiro et al. 2009). Beyond the high biotic integrity, there are also corridors that link this Reserve to other well-conserved forest fragments, totalizing near 2,000 ha of continuous forest (Silveira 2006, Anjos et al. 2009). The birds in this Reserve have been studied for several years (Anjos et al. 1997, 2007, Anjos 2001, 2006, 2007). Two original types of habitats have been differentiated at PEMG: one at the north portion, called "plateau", considered as interior of interior of mature forest (FLI) in this study, and another in the southern portion, called "slope area", named slope forest (FLE) in this study. Bird communities have shown to be different among those habitat types (Anjos et al. 2007, Santana & Anjos 2010).

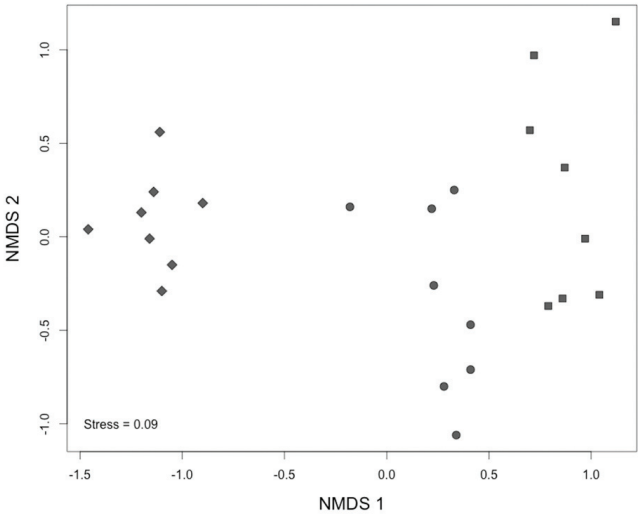


Figure 1. Map of detailed Mata dos Godoy State Park (PEMG) sampling points in the areas: interior of mature forest (FLI), slope forest (FLE) and reforestation (REF). The reforestation limits are represented as a smooth line (northeastern portion of PEMG) and the other habitats by the thick line.

So, in the present study we evaluated the occupancy of tyrant flycatchers in three habitat types: interior of mature forest (FLI), a slope forest (FLE) and a reforestation (REF). FLI is an older growth vegetation area, 200 m apart from the continuous forest edge. Thereby, FLI is not supposed to show border effect, considering recent evaluations from Laurance & Vansconcelos (2009), which consider 200 m as the limit to the edge effect in birds. In FLI the lower growth vegetation is relatively scarce in relation to the medium and high growth vegetations (Figure 1). The dominant species, constituting a dense higher growth vegetation in FLI are *Aspidosperma polyneuron* Müll.Arg. (Apocynaceae), *Euterpe edulis* Martius (Arecaceae), *Croton floribundus* Spreng. (Euphorbiaceae), *Trichilia claussenii* C.DC. (Maliaceae), *Sloanea monosperma* Vell. (Elaeocarpaceae), *Cabralea canjerana* (Vell) Mart. (Meliaceae), and *Ficus glabra* Vell. (Moraceae). Because of the low light incidence in the medium growth and still lower in understory, both strata are sparser, composed mainly by bushes and small trees, as *Eugenia verrucosa* D. Legrand (Myrtaceae) and *Sorocea bonplandii* (Baill.) W.C. Burger, Lanjouw & Boer (Moraceae) (Soares-Silva & Barroso 1992, Bianchini et al. 2001, Silveira 2006). For quantitative data see Appendix A.

As FLI, the habitat type FLE is more than 200 m far from the continuous forest edges, dominating the southern portion of PEMG, along the Ribeirão dos Apertados course. In FLE the slope terrain (20-40°) provides certain features that lead Santana & Anjos (2010) to classify it as a slope forest. This slope turns impossible to most of the higher growth vegetation of FLI to colonize it successfully, turning common the clearing formation by tree falls. Tree species that successfully colonize this slope area are *Chrysophyllum gonocarpum* (Mart.; Eichler) (Sapotaceae) and *Campomanesia xanthocarpha* Berg (Myrtaceae). In the low and medium growth vegetation, the dominant species are *Parapiptadenia rigida* (Benth.) (Fabaceae), *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez (Lauraceae), *Lonchocarpus muehlbergianus* Hassl. (Fabaceae) e *Cabralea canjerana* (Vell) Mart. (Meliaceae). Areas, where clearings are formed, have a fostering on the development of bamboo clusters, *Chusquea sp*. (Poaceae), and

the herbaceous *Celtis iguanaea* (Jacq.) Sarg. (Ulmaceae) (Silveira 1993, Bianchini et al. 2001). For quantitative data see Appendix A.

The reforestation (REF), with about 21 ha in area, was made only with native species. REF is dominated by medium growth species equally distant from one another as a consequence of the standardized planting (Figure 1). Despite the lack of quantitative data on density, coverage and dominance, it is known that it is happening a slow colonization process by the native species *Croton floribundus* Spreng. (Euphorbiaceae), *Tabernaemontana catharinensis* DC. (Apocynaceae), *Alchornea triplinervea* (Spreng.) Müll.Arg. (Euphorbiaceae), *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan (Fabaceae) and *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae) (Silveira 2006). However, the understory vegetation is still dominated by Grass, probably because of direct sunlight penetration to the level of the understory during the dry season, which slows down the colonization process by typical plant species from FLI (Silveira 2006).

2. *Sampling Methods*

Point counts (Blondel et al. 1970, Bibby et al. 1992) were performed in all the habitat types. In order to apply the point count method, we plotted ten points separated by 100 m along trails. The counts were made by visual aid such as 8×50 binoculars and auditory contacts aid as a digital sound recorder. We called a "sampled habitat" the set of all ten points sampled along a trail. In total, three sites were sampled. Although point counts do not consider differences in detectability or allow calculating actual densities for each species, we believe they are useful as an index to detect significant differences in abundance among populations within species, as well as among different forest types and thus those data provide relevant information to our hypotheses (Bibby et al. 1992). Considering that previous studies showed that four days performing point counts are enough to detect more than 90% of the known local bird species richness (Anjos 2007), we performed 10 days per sampled habitat. The point counts were performed in 10 mornings, equally distributed among the dry and humid seasons. Points along the trails were sampled randomizing the first point at each morning. The samples were made in the early morning when vocal activities of diurnal birds begin. We sampled for five minutes at each point, with 15 minutes standardized interval to move between points. Earlier studies, which applied point counts or evaluated microhabitats of birds in the PEMG (e.g. Anjos 2001, 2007, Poletto et al. 2004), indicate that most species only can be heard up to 40-50 m from the observer and some species were detected up to 70-80 m. However, the radius for detection at each point was estimated to be 30 m to improve visual species detection and identification. Moreover, in a single sampling point, it was counted as one contact each pair or flock. Precaution was taken to avoid counting the same pair or group more than once, particularly for highly mobile species. The point counts were performed by one observer with previous knowledge of the avifauna in the sampled area.

3. *Data analysis procedures and Additional Comments.*

Tello et al. (2009) suggested modifications in the Parvorder Tyrannida Wetmore & Miller, 1926. Among these changes, it is the allocation of some species belonging to the family Tyrannidae Vigors, 1825 in the family Rhynchocychlidae Berlepsch, 1907. However, in the present study we considered the American Ornithologists Union (AOU; Remsen Junior et al. 2013). The tyrant flycatchers foraging strategies was described and studied by Fitzpatrick (1980, 1985). According to the habitat characteristics, where each foraging strategy described by Fitzpatrick (1980, 1985) are more likely to succeed, the species studied could be grouped in three main classes. The first species group catches its prey in or near to the ground (ground foragers) or branches or leaves as they walk or climb in the foraging strata (perch-gleaners); there are several morphological features of different species that allow them to use this foraging technique e.g. short wings, long tarsus and a narrow bill. The second species group uses upward strikes, without hovering or chasing its prey. There are particular adaptations of these species that use this technique, such as wide bills surrounded by bristles, short tail and round shaped wings. Finally, the third species group catches its prey during the flight (aerial-hawkers, aerial-salliers and hover-gleaners); with long wings, short and wide bills which are morphological features of species that uses this technique. All recorded species could be associated with at least one of those groups. But, in some cases, different species could frequently use more than one strategy, being associated to two or even all groups, in the case of generalists.

The field data allowed us to calculate Index of Point Abundance (I.P.A.) for each species. I.P.A. was calculated according to the expression: $I.P.A. = Nci/Nta$. In which *Nci* is the number of contacts with the species and *Nta* is the total number of the sampling points. The Significance of the I.P.A. values for each species in different habitats was evaluated using G test (Fowler & Cohen 1995). Because of the values of I.P.A. which are frequently below zero, we multiplied them by 100 and considered α=0.01, as recommended by Aleixo (2001).

The relationship between the assembly composition and the sample habitats was individualized in a reduced space composed by two first axis in a non-metric multidimensional scaling analysis (NMDS). The NMDS was constructed with a matrix of dissimilarity among the sample areas based on a Bray-Curtis Index (Legendre & Legendre 1998).

To answer if there are differences in assembly compositions as function of the sample areas (REF, FLI e FLEN) it was used a two-factor similarity analysis (ANOSIM, Clarke 1993, Legendre & Legendre 1998). The ANOSIM tests if the dissimilarities in the assembly composition are larger between groups than inside the groups (Clarke 1993). The ANOSIM values, quantified by the R index, varies between –1 a +1, being close to zero when there is an indication of effect absence (Clarke 1993). The associated probability is generated by resample (Clarke 1993). To access the relative contribution of each species to the assembly composition was used a percent similarity analysis (SIMPER; Clarke 1993).

Results

A total of 42 species of tyrant flycatchers were recorded in the present study. 20 species were not presented on the point count (Appendix B). Among the 22 species recorded in the sampling points, 8 occurred in three habitats, eight occurred in two habitats and six were exclusive from one habitat. Among the 16 species that occurred in more than one habitat, 10 species had I.P.A. value higher in a single one ($p>0.01$; Table 1).

The assembly ordination by the NMDS analysis produced a good fit (0.09 stress; Figure 2). The sampling area position in function of the dissimilarities in the I.P.A., in relation to the two axis of the NMDS analysis which indicates significant variation of the communities among habitats (Table 2). The variation occurs in a gradient where FLI is placed as an intermediate between FLE and REF. The most dissimilar among the communities is FLE, considering the overlapping of FLI and REF (Table 2). Unexpectedly, it was not found an association between foraging strategy and habitat choice, despite the clear assembly ordination among the habitats (Table 3, Figure 2).

The ordination test (Table 2) indicated significant difference between the species and the sampled habitats ($R=0.97$; $P<0.001$). Regarding the spatial variation, all the three tested groups (FLE,

Table 1. Values of the Index of Point Abundance (I. P. A.) of each species registered in the habitats of interior of mature forest (FLI), slope forest (FLE) and reforestation (REF). Different cell colors indicate significant difference in the I.P.A. values, darker in higher values. Presented in the table are the p values to the G Test for each species in the distinct habitats.

Species	I.P.A.			p values (G Test)			Foraging Class		
Tyrannidae	REF	INT	ENC	FLI x REF	FLI x FLE	REF x FLE	I	II	III
Myiopagis caniceps (Swainson, 1835)*	0.75	1.2	0.5	p<0.01	p<0.01	p>0.01			x
Myiopagis viridicata (Vieillot, 1817)*	0.38	0.2	-	p>0.01	-	-			x
Camptostoma obsoletum (Temminck, 1824)	0.38	-	-	-	-	-	x		x
Corythopis delalandi (Lesson, 1830)	1.63	1.6	-	p>0.01	-	-	x	x	
Phylloscartes ventralis (Temminck, 1824)	0.38	2.5	-	p<0.01	-	-		x	x
Phylloscartes paulista Ihering & Ihering, 1907	0.25	0.1	-	p<0.01	-	-		x	x
Leptopogon amaurocephalus Tschudi, 1846 *	0.13	0.9	1.11	p<0.01	p<0.01	p<0.01		x	x
Myiornis auricularis (Vieillot, 1818)	-	-	0.2	-	-	-		x	
Hemitriccus diops (Temminck, 1822)	-	0.2	1.25	p>0.01	p<0.01	p<0.01	x	x	
Hemitriccus obsoletus (Miranda-Ribeiro, 1906)	0.13	0.1	0.75	p>0.01	p<0.01	p<0.01	x	x	
Hemitriccus nidipendulus (WIED, 1831)	-	0.1	0.75	-	p<0.01	-	x	x	
Poecilotriccus plumbeiceps (Lafresnaye, 1846)	-	-	2.75	-	-	-		x	x
Todirostrum cinereum (Linnaeus, 1766)	0.25	-	0.25	p>0.01	-	-	x	x	
Tolmomyias sulphurescens (Spix, 1825)*	0.25	2	1.25	p<0.01	p<0.01	p<0.01	x	x	x
Platyrinchus mystaceus Vieillot, 1818	-	0.1	0.25	-	p<0.01	-		x	x
Pitangus sulphuratus (Linnaeus, 1766)*	0.13	-	-	-	-	-	x		x
Myiodynastes maculatus (Statius Muller, 1776)*	1.25	2	-	p<0.01	-	-		x	x
Megarynchus pitangua (Linnaeus, 1766)*	1.13	1.1	0.5	p>0.01	p>0.01	p>0.01		x	x
Empidonomus varius (Vieillot, 1818)*	-	0.2	-	-	-	-	x		x
Sirystes sibilator (Vieillot, 1818)*	0.88	1.6	0.25	p<0.01	p<0.01	p<0.01			x
Myiarchus swainsoni Cabanis & Heine, 1859*	0.13	0.7	-	p<0.01	-	-			x
Myiarchus ferox (Gmelin, 1789)*	0.25	-	-	-	-	-		x	x

*species that includes fruit in its diet.

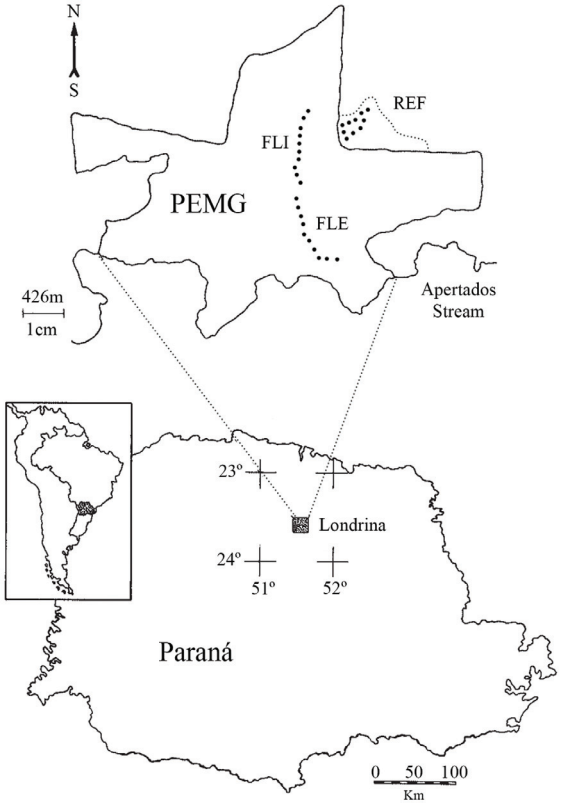


Figure 2. Graphic ordination of the species according to its abundance in the sampled habitats plotted in the NMDS first two-axis space. The groups are: interior of mature forest (FLI; circle), slope forest (FLE; diamond) and reforestation (REF; square).

FLI and REF) were different in the pair wise comparisons (all with p=0.01).

The mean dissimilarity (in percent) between the communities is 66.6% ± 15.2% (Table 3). The lowest percent difference occurs between REF and FLI (50.25%), as the difference between FLI and FLE is intermediate (69.32%) and between REF and FLE is the highest (80.28%).

Three of the four species are responsible for the mean of 50% of dissimilarity between sampled habitats (Table 2). The dissimilarity produced between REF and FLI is about 50%, in general, by the abundance difference of *Tolmomyias sulphurescens* (Spix, 1825), *Phylloscartes ventralis* (Temminck, 1824) and *Sirystes sibilator* (Vieillot, 1818). The differences between FLI and FLE (about 70%) and REF and FLE (about 80%) are produced mainly by species that were present in just one sampled area, most with preference for FLE. The differences related to FLE are the results from *Poecilotriccus plumbeiceps* (Lafresnaye, 1846) and *Hemitriccus diops* (Temminck, 1822) presence.

Discussion

Despite of our expectation and the clear habitat segregation of the recorded species, we found a weak association between foraging strategy and habitat occupancy. The found habitat choice was best associated with the case of bamboo specialists, present almost exclusively in FLE. In addition, it brought light to what could be a group of potential restoration agents, in the case of partially frugivorous species. Indeed, some recorded species were present both in FLI and in REF.

The foraging strategies used by tyrant flycatcher species can be directly related to the prey capture efficiency in a particular substrate, and habitat type (Fitzpatrick 1980, 1985). However, our data do not

Table 2. Species contribution in the mean dissimilarity among the possible pair wise combinations in the three sampled habitats: interior of mature forest (FLI), slope forest (FLE) and reforestation (REF).

Species	Mean Ab.	Mean Ab.	Mean Diss.	Contribution %	Cumulative (Percent)
REF e FLI					
Tolmomyias sulphurescens	2.38	19.88	9.69	19.27	19.27
Phylloscartes ventralis	3.63	24.25	7.92	15.76	35.03
Sirystes sibilator	8.75	16	4.96	9.87	44.91
Leptopogon amaurocephalus	1.38	9.13	3.82	7.61	52.51
Corythopis delalandi	16.5	15.25	3.48	6.93	59.44
Megarhynchus pitangua	11.25	10.88	2.95	5.87	65.31
Myiodynastes maculatus	12.88	20.38	2.91	5.79	71.11
Myiopagis caniceps	7.5	12	2.59	5.16	76.26
Camptostoma obsoletum	3.88	0	1.88	3.74	80
Myiarchus swansoni	1.25	6.88	1.74	3.45	83.45
Myiopagis viridicata	3.88	2	1.23	2.45	85.9
Hemitriccus diops	0	2	1.15	2.28	88.18
Todirostrum cinereum	2.88	0	1.09	2.18	90.36
REF e FLE					
Poecilotriccus plumbeiceps	0	27.38	16.01	19.94	19.94
Corythopis delalandi	16.5	0	9.49	11.82	31.76
Hemitriccus diops	0	12.25	7.05	8.78	40.54
Tolmomyias sulphurescens	2.38	13.13	6.89	8.58	49.12
Leptopogon amaurocephalus	1.38	11.13	5.94	7.4	56.52
Myiodynastes maculatus	12.88	0	5.53	6.89	63.41
Hemitriccus nidipedulus	0	7.5	3.96	4.93	68.34
Sirystes sibilator	8.75	2.5	3.38	4.21	72.56
Hemitriccus obsoletus	1.25	7.5	3.27	4.07	76.63
Megarhynchus pitangua	11.25	5.13	3.21	4	80.63
Camptostoma obsoletum	3.88	0	2.16	2.7	83.33
Phylloscartes ventralis	3.63	0	2.06	2.56	85.89
Myiopagis viridicata	3.88	0	1.93	2.4	88.29
Myiopagis caniceps	7.5	5	1.91	2.38	90.67
FLI e FLE					
Poecilotriccus plumbeiceps	0	27.38	12.18	17.57	17.57
Phylloscartes ventralis	24.25	0	8.85	12.77	30.34
Corythopis delalandi	15.25	0	6.86	9.89	40.22
Myiodynastes maculatus	20.38	0	6.24	9	49.23
Sirystes sibilator	16	2.5	5.91	8.52	57.75
Tolmomyias sulphurescens	19.88	13.13	4.53	6.54	64.29
Hemitriccus diops	2	12.25	4.51	6.5	70.79
Myiopagis caniceps	12	5	3.45	4.98	75.76
Megarhynchus pitangua	10.88	5.13	2.67	3.85	79.62
Hemitriccus obsoletus	1	7.5	2.66	3.84	83.46
Hemitriccus nidipedulus	1	7.5	2.63	3.79	87.25
Myiarchus swansoni	6.88	0	2.1	3.04	90.29

Table 3. Values of the pair wise comparisons of the ANOSIM analysis, indicating the R value, the associated probability (P), the number of permutations and the number of observations where the random value is higher than the calculated (N); and percent values of dissimilarity (SIMPER). For comparisons among sampled habitats, the groups are: interior of mature forest (FLI), slope forest (FLE) and reforestation (REF).

Groups	R	P (%)	Permutation	N	SIMPER (%)
REF e INT	0.938	1.2	81	1	50.25
REF e FLE	0.948	1.2	81	1	80.28
FLI e FLE	1	1.2	81	1	69.32

show this relationship so clearly. Regarding the foraging strategy classification, it made grouping strategies according to its efficiency in substrate (Fitzpatrick 1980, 1985), it is possible that we gathered in the same group strategies that could explain different habitat choices. Regarding to the possible similarity between habitats, maybe their differences are not deep enough to further distinct foraging strategies. So, some information on habitat description should be useful. Even a possible evaluation of arthropod availability among strata and habitat could be betters predictor of insectivore abundance. In addition, Brum et al. (2012) found that Tyrannidae habitat distribution is strongly affected by phylogenetic relationships, since there is relatively high niche conservatism.

Partially frugivorous species of Tyrannidae could be important to seed dispersal if they are common in both FLI and REF. Our data suggest that this pattern is real. FLI and FLE reached high similarity and they could consider the two habitats as part of the same gradient. The species *Myiopagis caniceps* (Swainson, 1835), *Myiopagis viridicata* (Vieillot, 1817), *Leptopogon amaurocephalus* Tschudi, 1846, *Tolmomyias sulphurescens*, *Myiodynastes maculatus* (Statius Muller, 1776), *Megarhynchus pitangua* (Linnaeus, 1766), *Empidonomus varius* (Vieillot, 1818), *Sirystes sibilator* (Vieillot, 1818) and *Myiarchus swainsoni* Cabanis & Heine, 1859 use both habitats, being considered together, with another frugivorous species of the bird community, as agents of ecological restoration in REF. The highest similarity between FLI and REF assemblies, regarding FLE, indicates that despite the considerable alteration level of REF (Silveira 2006), both seems to be part of the same gradient of conditions and resources in an analogous way to what could be observed as edge and interior gradient.

Also, it is noteworthy that Brum et al. (2012) found that habitat variables that are known influenced by fruit availability are related to frugivorous tyrant flycatchers, but this relation is phylogenetically biased, suggesting niche conservatism among clades (sensu Pillar & Duarte 2010).

Microhabitat variables, as light intensity distribution was showed to play an important role in the distribution of forest interior species, especially those with preferences for low-light conditions (Patten & Smith-Patten 2012). For those species, a light-intense environment can act as a behavioral barrier, inhibiting non-migratory movements through ecotones or habitat matrixes (Harris & Reed 2002). According to Harris & Reed (2002), habitat specialists, understory birds, tropical species, solitary, and non-migrant species are more likely to be inhibited by behavioral barriers than its opposite equivalents. Maybe, the effects of light intensity can be stronger in FLI and FLE than in REF assemblies, given that in FLI and FLE there is a proportionally higher number of species that have dense vegetation as one of their requirements, regardless of the strata they occupy (Fitzpatrick et al. 2004).

The dissimilarity of FLE reflects, as expected, particularities of this habitat, and the presence of bamboo clusters (*Chusquea sp.*). It was confirmed the importance of bamboo clusters to *Hemitriccus diops*, *Hemitriccus obsoletus* (Miranda-Ribeiro, 1906), *Hemitriccus nidipendulus* (Wied, 1831), *Platyrhynchus mystaceus* Vieillot, 1818, *Poecilotriccus plumbeiceps* and *Myiornis auricularis* (Vieillot, 1818), species that are known to show various levels of specialization to this microhabitat (Santana & Anjos 2010).

Our data is important for conservation. Firstly, the fact that FLI and FLE support different bird composition, both should be maintained. Secondly, REF has lower importance as source to FLE's assembly than to the FLI's. Therefore, FLE seems more vulnerable to disturbance and should have high conservation concern by regarding it as a habitat with conditions and resources different enough to be suitable to a significantly different tyrant flycatcher assembly.

Acknowledgements

Financial support for this study was obtained from Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), by Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC). We thank Instituto Ambiental do Paraná (IAP) for the permissions to conduct the research in the PEMG. In addition, especially to Santos-Júnior P. C. A., Zaiden T., Boesing A. L., Bochio G. M. and Arakaki B. R. for helping in the work field, and to Kurozawa M. F. for helping in the language revision.

References

ALEIXO, A. 2001. Conservação da avifauna da Floresta Atlântica: efeitos da fragmentação e a importância de florestas secundárias. In Ornitologia e Conservação – Da Ciência às estratégias. (J.L.B. Albuquerque, J.F. Cândido Junio, F.C. Straube & Roos A.L., eds). Unisul, Tubarão, p.199-206.

ANJOS, L. 2001. Bird communities in five Atlantic Forest fragments in Southern Brazil. Ornitol. Neotrop. 12:11-17.

ANJOS, L. 2006. Bird Species Sensitivity in a Fragmented Landscape of the Atlantic Forest in Southern Brazil. Biotropica. 38(2):229-234. http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7429.2006.00122.x

ANJOS, L. 2007. A eficiência do método de amostragem por pontos de escuta na avaliação da riqueza de aves. Rev. Bras. Ornitol. 15(12):239-243.

ANJOS, L, SCHUCHMANN, K.L. & BERNDT, R. 1997. Avifaunal composition, species richness, and status in the Tibagi river basin, Paraná State, southern Brazil. Ornitol. Neotrop. 8(2):145-173.

ANJOS, L., VOLPATO, G.H., LOPES, E.V., SERAFINI, P.P., POLETTO, F. & ALEIXO, A. 2007. The importance of riparian forest for the maintenance of bird species richness in an Atlantic Forest remnant, southern Brazil. Rev. Bras. Zool. 24(4):1078-1086. http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752007000400027

ANJOS, L., BOCHIO, G.M., CAMPOS, J.V., McCRATE, G.B. & PALOMINO, F. 2009. Sobre o uso de níveis de sensibilidade de aves à fragmentação florestal na avaliação da Integridade Biótica: um estudo de caso no norte do Estado do Paraná, sul do Brasil. Rev. Bras. Ornitol. 17(1):28-36.

BIANCHINI, E., PIMENTA, J.A. & SANTOS, F.A.M. 2001. Spatial and temporal variation in the canopy cover in a tropical semi-deciduous forest. Braz. Arch. Biol. Technol. 44:269-276. http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132001000300008

BIBBY, C.J., BURGESS, N.D. & HILL, D.A. 1992. Bird Census Techniques. British Trust for Ornithology and the Royal Society for the Protection of Birds.

BLONDEL, J., FERRY, C. & FROCHOT, B. 1970. La méthode des indices ponctuels d'abundance (I.P.A.) ou des relevés d'avifaune par ''stations d'écoute''. Alauda. 38:55-71.

BRUM, F.T., KINDEL, A., HARTZ, S.M. & DUARTE, L.D.S. 2012. Spatial and phylogenetic structure drive frugivory in Tyrannidae birds across the range of Brazilian Araucaria forests. Oikos. 121(6):1-8. http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0706.2011.19978.x

CLARKE, K.R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. Aust J Ecol. 18:117-143. http://dx.doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x

FITZPATRICK, J.W. 1980. Foraging behavior of Neotropical Flycatchers. Condor. 82(1): 43-57. http://dx.doi.org/10.2307/1366784

FITZPATRICK, J.W. 1985. Form, foraging behavior, and adaptative radiation in the Tyrannidae. In Neotropical Ornithology. (P.A. Buckley, M.S. Foster, E.S. Morton, R.S. Ridgely & F.G. Buckley, eds.) American Ornithologist's Union. Ornithological Monographs, Washington, 36:447-470.

FITZPATRICK, J., BATES, J., BOSTWICK, K., CABALLERO, I., CLOCK, B., FARNSWORTH, A., HOSNER, P., JOSEPH, L., LANGHAM, G., LEBBIN, D., MOBLEY, J., ROBBINS, M., SCHOLES, E., TELLO, J., WALTHER, B. & ZIMMER K. 2004. Family Tyrannidae. In Handbook of the Birds of the World. (J. Del Hoyo, A. Elliot, & D. Christie, eds.). Lynx Editions, v.9, p.170-463.

FOWLER, J. & COHEN, L. 1995. Statistics for ornithologists. 2nd ed. British Trust for Ornithology, Norfolk.

HARRIS, R.J. & REED, M. 2002. Behavioral barriers to non-migratory movements of birds. Ann. Zool. Fennici. 39:275-290.

HOWE, H.F. & DE STEVEN, D. 1979. Fruit production, migrant bird visitation, and seed dispersal of Guarea glabra in Panama. Oecologia. 39(2):185-196. http://dx.doi.org/10.1007/BF00348067

LAURANCE, W. & VASCONCELOS, H. 2009. Conseqüências ecológicas da Fragmentação Florestal na Amazônia. Oecol. Bras. 13(3):434-451. http://dx.doi.org/10.4257/oeco.2009.1303.03

LEGENDRE, P. & LEGENDRE, L. 1998. Numerical ecology. 2nd ed. Elsevier, Amsterdam.

PATTEN, M.A. & SMITH-PATTEN, B.D. 2012. Testing the microclimate hypothesis: Light environment and population trends of Neotropical birds. Biol. Conserv. 155:85-93. http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2012.06.004

PILLAR, V.D. & DUARTE L.S. 2010. A framework for metacommunity analysis of phylogenetic structure. Ecol. Lett. 13:587-596. PMid:20337699. http://dx.doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01456.x

POLETTO, F., ANJOS, L., LOPES, E.V., VOLPATO, G.H., SERAFINI, P.P. & FAVARO, F.L. 2004. Caracterização do microhabitat e vulnerabilidade de cinco espécies de arapaçus (Aves: Dendrocolaptidae) em um fragmento florestal do norte do estado do Paraná, sul do Brasil. Rev. Bras. Ornitol. 12:86-96.

REMSEN JUNIOR, J.V., CADENA, C.D., JARAMILLO, A., NORES, M., PACHECO, J.F., PÉREZ-EMÁN, J., ROBBINS, M.B., STILES, F.G., STOTZ, D.F. & ZIMMER, K.J. 2013. A classification of the bird species of South America. American Ornithologists' Union: http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.html (último acesso em 20/05/2013).

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

SANTANA, C.R. & ANJOS, L. 2010. Associação de aves a agrupamentos de bambu na porção sul da Mata Atlântica, Londrina, Estado do Paraná, Brasil. Biota Neotrop. 10(2): http://www.biotaneotropica.org.br/v10n2/en/abstract?article+bn00510022010 (último acesso em 21/05/2013).

SICK, H. 1997. Ornitologia Brasileira. Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro.

SILVEIRA, M. 1993. Estrutura vegetacional em uma topossequência no Parque Estadual "Mata dos Godoy". Tese de mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SILVEIRA, M. 2006. A vegetação do Parque Estadual Mata dos Godoy. In Ecologia do Parque Estadual Mata dos Godoy. (J.M.D. Torezan, org). Itedes, Londrina, p.19-27.

SOARES-SILVA, L.H. & BARROSO, G.M. 1992. Fitossociologia do estrato arbóreo da floresta na porção norte do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina-PR, Brasil. In Congresso da Sociedade Botânica de São Paulo. Sociedade Botânica de São Paulo, São Paulo, 8:101-112.

TELLO, J.G., MOYLE, R.G., MARCHESE, D.J. & CRACRAFT, J. 2009. Phylogeny and phylogenetic classification of the tyrant flycatchers,cotingas, manakins, and their allies (Aves: Tyrannides). Cladistics. 25:429-467. http://dx.doi.org/10.1111/j.1096-0031.2009.00254.x

Received 07/15/2013
Revised 11/27/2013
Accepted 12/03/2013

Appendix A. Table with values of relative density (DR), relative dominance (DoR), coverage value (VC) and relative frequency (FR) the four most representative species of FLI and FLE.

Species	DR	DoR	FR	VC
FLI*				
Aspidosperma polyneuron Müll.Arg.	5.72	22.81	3.65	22.85
Euterpe edulis Martius	9.74	3.71	3.04	13.45
Croton floribundus Spreng.	5.22	7.4	3.04	12.65
Trichilia claussenii C.DC.	9.81	1.84	3.34	11.65
FLE**				
Parapiptadenia rigida (Benth.)	0.76	22.97	1.11	28.73
Nectandra megapotamica (Spreng.)	7.63	6.78	5.19	14.42
Lonchocarpus muehlbergianus Hassl.	6.62	4.87	5.93	11.49
Cabralea canjerana (Vell)	7.38	4.21	5.19	11.58

*Soares-Silva & Barroso (1992), **Silveira (1993).

Appendix B. List of species of the family Tyrannidae recorded in the intervals or outside the radius of the point counts.

Elaenia flavogaster (REF), *Elaenia parvirostris* (REF), *Elaenia obscura* (REF), *Serpophaga subcristata* (REF), *Capsiempis flaveola* (REF), *Euscarthmus meloryphus* (REF), *Pogonotriccus eximius* (REF, FLI, FLE), *Mionectes rufiventris* (FLI, FLE), *Myiophobus fasciatus* (REF), *Lathrotriccus euleri* (REF, FLE), *Cnemotriccus fuscatus* (REF, FLI), *Contopus cinereus* (FLI), *Pyrocephalus rubinus* (REF), *Arundinicola leucocephala* (FLE), *Legatus leucophaius* (REF), *Myiozetettes similis* (REF), *Conopias trivirgatus* (REF), *Griseotyrannus aurantioatrocristatus* (FLI), *Tyrannus melancholicus* (REF) and *Attila phoenicurus* (FLI).

Aquatic oligochaetes associated with bryophytes in an Atlantic Forest stream

Luciana Falci Theza Rodrigues[1,2], Lucas Deziderio Santana[1] & Roberto da Gama Alves[1]

[1]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
[2]Corresponding author: Luciana Falci Theza Rodrigues, e-mail: biofalci@hotmail.com

RODRIGUES, L.F.T., SANTANA, L.D. & ALVES, R.G. **Aquatic oligochaetes associated with bryophytes in an Atlantic Forest stream.** Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/en/abstract?short-communication+bn01113042013

Abstract: There are few reports in the literature about the colonization of benthic macroinvertebrates on bryophytes. The aim of the present study was to analyzed the oligochaetes established on bryophytes adhered to stones in a first-order stream. The collections were carried out in an Atlantic Forest fragment area during the dry and rainy seasons. We identified 15 taxa from a total of 422 oligochaetes specimens, of which the most abundant were *Pristina* sp.1, Enchytraeidae and *Pristina jenkinae*. Unlike other habitats, where the abundance of macroinvertebrates tends to be greater in the dry season, we did not find any significant differences in the abundance, richness, composition and diversity between the two periods. The results of this study indicate that bryophytes are possible areas of refuge for oligochaetes in periods of faster water flow.
Keywords: *lotic environments, preserved areas, mosses, hepatics, Naididae.*

RODRIGUES, L.F.T., SANTANA, L.D. & ALVES, R.G. **Oligoquetas aquáticos associados a briófitas em um córrego de Mata Atlântica.** Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/pt/abstract?short-communication+bn01113042013

Resumo: Existem poucos registros na literatura sobre a colonização de macroinvertebrados bentônicos em briófitas. O presente estudo teve como objetivo analisar a fauna de oligoquetas em briófitas aderidas a pedras em um córrego de primeira ordem. As coletas foram realizadas em um fragmento de Mata Atlântica durante os períodos seco e chuvoso. Foram identificados 15 taxa de um total de 422 espécimes de oligoquetas, sendo os mais abundantes *Pristina* sp.1, Enchytraeidae e *Pristina jenkinae*. Ao contrário de outros habitats, onde a abundância de macroinvertebrados tende a ser maior no período de estiagem, diferenças significativas na abundância, riqueza, composição e diversidade não foram observadas em relação aos dois períodos. Os resultados do presente estudo indicam que as briófitas são possíveis áreas de refúgio para os oligoquetas em período de maior corrente.
Palavras-chave: *ambientes lóticos, áreas preservadas, musgos, hepáticas, Naididae.*

Introduction

Bryophytes are plants frequently found in lotic ecosystems associated with rocky substrates (Heino & Korsu 2008). Their architecture allows them to retain different fractions of organic detritus (Habdija et al. 2004), providing favorable conditions for colonization by various groups of invertebrates, including the oligochaetes, especially the Enchytraeidae (Glime 2007) and Naididae (Gorni & Alves 2007). As a result, these invertebrates can reach densities on bryophytes up to two times greater than on other substrates, such as gravel streambeds (Suren 1992, Linhart et al. 2002). Baturina (2007, 2012) studying Oligochaeta on various substrates in streams and reservoirs found higher densities in stones covered by bryophytes in streams.

An extensive literature exists on the presence of oligochaetes in boglands, where the dominant vegetation is composed of *Sphagnum* L., being *Cognettia sphagnetorum* (Vejdovský, 1877) and other Enchytraeidae the most abundant and important invertebrates in these habitats (Standen & Latter 1977, Dózsa-Farkas 1990, Carrera et al. 2011). However, studies of oligochaetes living in bryophytes of running waters are relatively scarce in the literature.

The studies of Vlčková et al. (2002) and Habdija et al. (2004), for example, carried out in streams in temperate regions, although including oligochaetes in the fauna composition analyzed, only considered them at the class or family level. In Brazil, Gorni & Alves (2007) and Rosa et al. (2011, 2013) report, respectively, the presence of species of Naididae, benthic invertebrates and larvae of Chironomidae (Diptera) associated with bryophytes in lotic environments in the southeastern region of the country. The aim of the present study was to identify the aquatic oligochaetes associated with the bryophytes adhered to stones in a first-order stream in southeastern Brazil.

Material and Methods

The study was carried out in the Poço D'Anta Municipal Biological Reserve (21° 44' 23"-21° 45' 52" S and 43° 18' 29"-43° 19' 10" W), a fragment of the Atlantic Forest located in the municipality of Juiz de Fora, Minas Gerais state. The specific environment studied is a shallow first-order stream whose bed is composed mainly of sand containing a large quantity of leaf litter and stones of different sizes. It is located at an altitude of 850 m between the coordinates 21° 44' 36"-21° 44' 31" S and 43° 18' 51" - 43° 18' 53" W.

The samples were collected in the months of July, August and September 2007 (dry season) and January, February and March 2008 (rainy season). In a segment approximately 100 m long of the stream, each month we collected 400 mL of bryophytes (two pots of 200 mL) adhered to different stones (1-2 cm above the water surface) by scraping with a spatula. The bryophytes were composed of two families of mosses (Pilotrichaceae Kindb. and Hypnaceae Schimp.) and one family of hepatics (Geocalycaceae H.Klinggr.).

The plant material collected was fixed in 4% formaldehyde, washed in running water using a 0.21 mm sieve and sorted under a stereoscopic microscope to separate the fauna. The organisms found were preserved in alcohol 70° GL and identified according to the taxonomic criteria adopted by Righi (1984), Brinkhurst & Marchese (1989) and Erséus et al. (2008). The average current speed was obtained using the float method (Martinelli & Krusche 2007). The rainfall and air temperature data were obtained from the Climatology and Environmental Analysis Laboratory of Juiz de Fora Federal University.

The faunal structure was analyzed by the abundance, richness and diversity (Shannon's index). The data were checked for homogeneity of the variances (Levene test) and normality (Shapiro-Wilk) and submitted to the T-test for significant differences between the dry and rainy seasons, using the Statistica 7 program (Statsoft 2004). To verify differences in the faunal composition between the two seasons, analysis of similarity (Anosim) was performed with the R program (R Development Core Team 2011). Simple linear regression was used to test the relation between the dependent variables (abundance and richness) and the explanatory variable (water speed), also using the Statistica7 program. For this analysis, the data were transformed into log (x + 1). It is accepted $p < 0.05$ for all statistical tests.

Results

The average monthly rainfall was greater in the rainy season (Figure 1), causing a significant increase (df= 5; Z= 2.930; p= 0.003) in the water speed. The air temperature, precipitation, water velocity and water depth values are reported in Table 1.

Oligochaetes (422 specimens) belonging to the Naididae and Enchytraeidae families and the superorder Megadrili were found associated with the bryophytes (Table 2). Among the species found, the most abundant were *Pristina* sp.1 (29.38%) and *Pristina jenkinae* (18.95%). The Enchytraeidae accounted for 30% of the fauna.

The abundance and richness observed did not differ between the two collection periods (df= 10; t= –0.250; p= 0.807 and df= 10; t= –0.691; p= 0.505, respectively) (Figure 2). There also was no difference in the composition (df= 10; Anosim R= –0.032; p= 0.605) and diversity (df= 10; t= 0.696; p= 0.501) of the oligochaetes fauna between the two seasons. The results of the regression analysis indicated that there was no cause and effect relationship between water velocity and abundance (R^2= 0.026; F= 0.108; p= 0.758) or between water velocity and taxa richness (R^2= 0.015; F= 0.064; p= 0.812) (Figure 3).

Discussion

Unlike other stream habitats, such as submersed leaf litter, where the abundance and richness of macroinvertebrates tend to be lower in the rainy season (Kikuchi & Uieda 2005, Silveira et al. 2006), the results of the present study appear to indicate that the bryophytes serve as areas of refuge when the current is strongest, an important condition for a group of organisms that does not have adaptations for fixation or anchorage. Besides refuge, the bryophytes normally retain periphyton and detritus that serve as food for invertebrates (Suren & Winterbourn 1992).

In a temperate region, Percival & Whitehead (1929) studied the fauna of macroinvertebrates in different types of substrates in streams and found that the mosses sheltered the greatest abundance of oligochaetes and that this abundance was greater in areas with slower current. On the other hand, Habdija et al. (2004) reported an increase in the density of macroinvertebrates associated with mosses with increasing water flow, besides significant differences in the composition and diversity of fauna. Baturina (2012) also found greater diversity of oligochaetes in mosses adhered to rocks in small streams with fast currents. Although the regression analysis did not

Table 1. Environmental characterization of the study area during the dry and the rainy season.

	Mean and standard deviation	
	Dry season	**Rainy season**
Air temperature (°C)	19.6 ± 1.2	21.93 ± 0.30
Precipitation (mm)	4.33 ± 3.07	316.00 ± 13.57
Water velocity (m/s)	0.07 ± 0.11	0.39 ± 0.40
Water depth (cm)	4.53 ± 0.97	6.73 ± 0.75

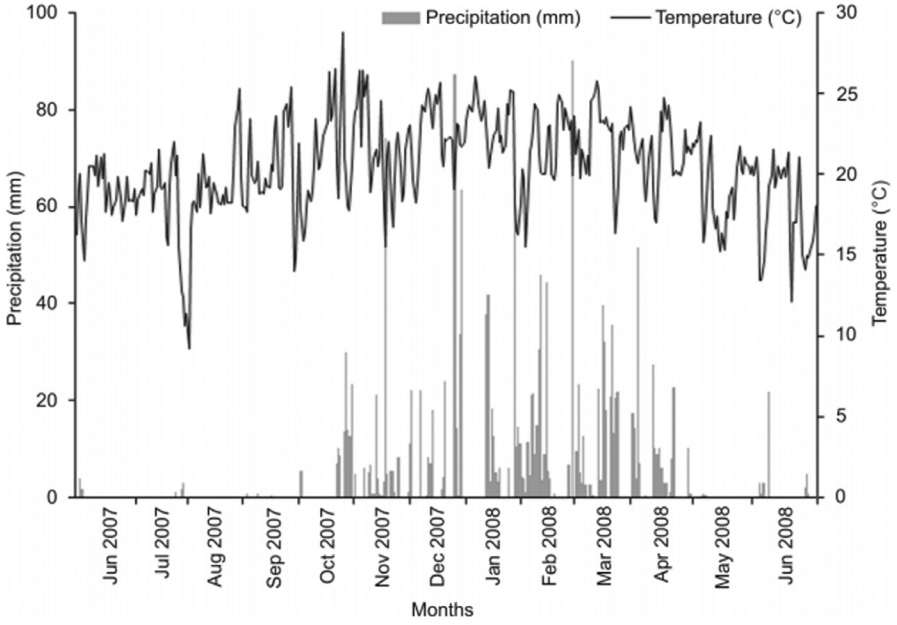


Figure 1. Monthly rainfall and average air temperature from June 2007 to June 2008 in Juiz de Fora, Brazil. The bars indicate rainfall and the lines temperature. Source: Laboratory for Climatology and Environmental Analysis, Juiz de Fora Federal University, Brazil.

Table 2. Abundance, richness and diversity of oligochaetes associated with bryophytes during the dry and the rainy season in a first-order stream in the Poço D'Anta Municipal Biological Reserve, southeastern Brazil. *The abundance values refer to the sum of the two samples collected each month.

Season	Dry			Rainy		
	July*	August*	September*	January*	February*	March*
NAIDIDAE						
Naidinae						
Nais communis Piguet, 1906	0	0	0	0	2	1
Pristininae						
Pristina aequiseta Bourne, 1891	0	0	0	0	2	1
Pristina leidyi Smith, 1896	0	0	0	0	1	0
Pristina proboscidea Beddard, 1896	0	0	0	0	1	0
Pristina sima (Marcus, 1944)	12	0	0	1	0	0
Pristina osborni (Walton, 1906)	5	0	0	0	18	2
Pristina minuta (Stephenson, 1914)	8	0	1	0	8	1
Pristina jenkinae (Stephenson, 1931)	2	0	0	2	76	0
Pristina sp.1	88	0	3	0	26	7
Pristina sp.2	4	0	0	0	1	0
Pristina sp.3	0	0	0	0	2	0
Tubificinae						
Immature tubificines	9	0	4	0	4	2
ENCHYTRAEIDAE						
Achaeta sp.	5	0	3	0	1	2
Other enchytraeids	35	3	7	1	59	11
MEGADRILI	1	0	0	0	0	0
Abundance		190			232	
Richness		10			14	
Shannon-Wiener diversity		0.963			1.087	

show any effect of water velocity on the abundance and richness of oligochaetes, Habdija et al. (2004) showed that in bryophytes the abundance increased with faster water flow, indicating that this substrate provides refuge for fauna. An increase in abundance and richness in the rainy season has also been reported for other groups of macroinvertebrates in bryophyte habitats (Rosa et al. 2011, 2013).

Enchytraeidae represented 30% of the fauna collected. Percival & Whitehead (1929) found that Enchytraeidae were frequent inhabitants of mosses in shallow areas of temperate streams. According to Johnson & Ladle (1989), probably the majority of records of Enchytraeidae in low-order streams are the result of accidental derivation from adjacent terrestrial populations, since these streams are very narrow and shallow, intensifying the interaction between the components of the water and land.

The Naididae family was the best represented, with 12 taxa. Most species of the subfamilies Naidinae and Pristininae are free swimmers (Verdonschot et al. 1982), allowing these invertebrates to colonize a variety of substrates in streams, including bryophytes.

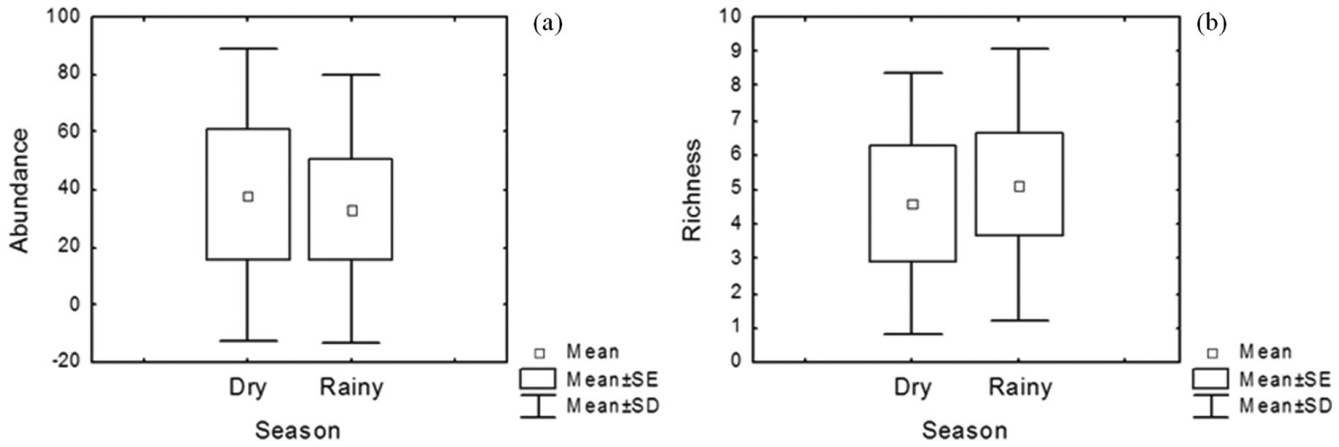


Figure 2. Abundance (a) and richness (b) of oligochaetes in the two collection periods.

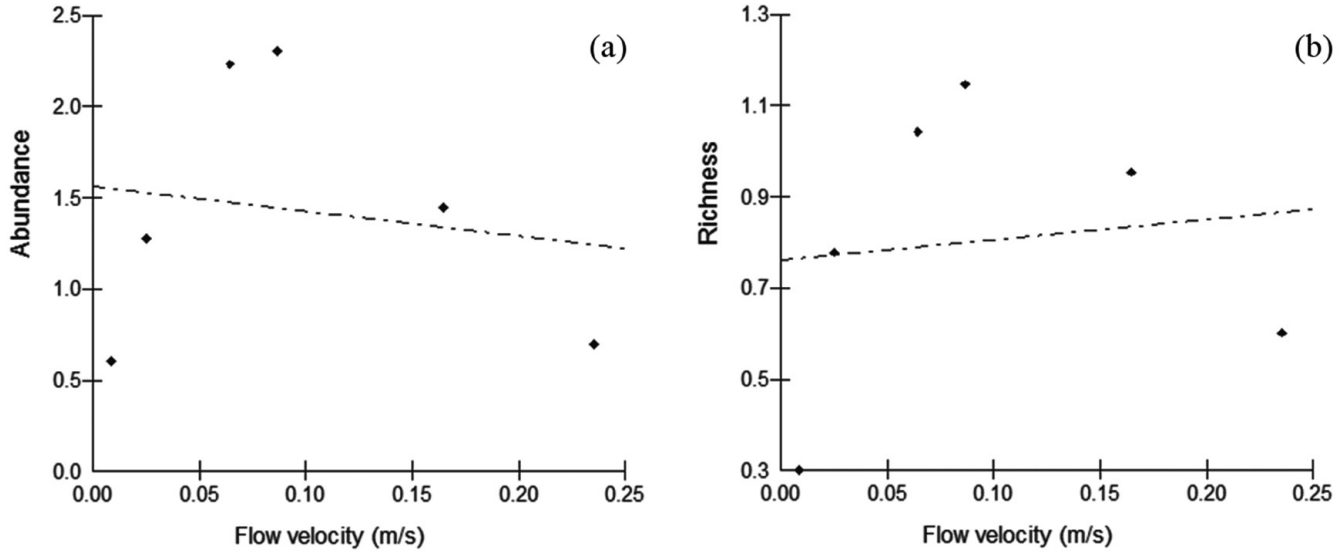


Figure 3. Effect of flow velocity on abundance (a) and richness (b) of oligochaetes associated with bryophytes in a first-order stream in the Poço D'Anta Municipal Biological Reserve, southeastern Brazil.

Baturina (2007) reported dominance of Naidinae and Pristininae (up to 70% of the oligochaetes) in bryophytes adhered to rocks in Russian streams. Naidinae and Pristininae also were the only subfamilies found by Gorni & Alves (2007) in bryophytes collected on rocky substrates of riffles. *P. jenkinae* was the most abundant species in bryophytes collected by Gorni & Alves (2007), who observed greatest abundance in the rainy season (spring). Parish (1981) observed that species such as *N. communis* and *C. diastrophus* presented peak abundance in the spring, while *P. aequiseta*, *P. leidyi* and *P. osborni* presented peaks in the autumn. However, according to Smith (1986), there is no consensus on a single and constant time period or season when Naididae are most abundant. An explanation is that besides air temperature, which increases the metabolism and stimulates asexual reproduction, promoting peaks of abundance, the availability of food and other physical and chemical parameters, such as electrical conductivity, act together for population regulation of the Naididae, resulting in a wide range of conditions favorable to peaks of abundance. The relatively short observation period (six months) in the present study, although allowing the collection of information on the numerical abundance of the species found in the two collection periods, did not allow us to detect temporal variation patterns.

The results of this study indicate that the bryophytes are important substrates for oligochaetes, offering protection against natural hydrological disturbances. The results also indicate the importance of preserved streams for maintenance of the diversity and preservation of these invertebrates.

Acknowledgments

We thank the Minas Gerais State Research Support Foundation (FAPEMIG) for the research grant and the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq) for ongoing support (process 303790/2009-1).

References

BATURINA, M. 2007. Oligochaeta of the Pechora River Basin, Russia. Acta Hydrobiol. Sinica 31(Suppl.):36-46.

BATURINA, M. 2012. Distribution and diversity of aquatic Oligochaeta in small streams of the middle taiga. Turk. J. Zool. 36(1):75-84.

BRINKHURST, R.O. & MARCHESE, M.R. 1989. Guia para la indentificación de oligoquetos acuáticos continentales de Sud y Centroamérica. Clímax, Santa Fé.

CARRERA, N., BARREAL, M. E., RODEIRO, J. & BRIONES, M.J. I. 2011. Interactive effects of temperature, soil moisture and enchytraeid activities on C losses from a peatland soil. Pedobiologia 54(5-6):291-299. http://dx.doi.org/10.1016/j.pedobi.2011.07.002

DÓZSA-FARKAS, K. 1990. New enchytraeid species from sphagnum-bogs in Hungary (Oligochaeta, Enchytraeidae). Acta Zool. Hungarica 36(3-4):265-274.

ERSÉUS, C., WETZEL, M.J. & GUSTAVSSON, L. 2008. ICZN rules-a farewell to Tubificidae (Annelida, Clitellata). Zootaxa 1744(1):66-68.

GLIME, J.M. 2007. Bryophyte Ecology. Michigan Technological University, International Association of Bryologists. Volume 2 (Chapter 4). Physiological Ecology. http://www.bryoecol.mtu.edu/ (último acesso em 14/12/2012).

GORNI, G.R. & ALVES, R.G. 2007. Naididae (Annelida, Oligochaeta) associated with bryophytes in Brotas, State of São Paulo, Brazil. Rev. Bras. Zool. 24(2):518-519. http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752007000200036

HABDIJA, I., PRIMC HABDIJA, B., MATONIČKIN, R., KUČINIC, M., RADANOVIC, I., MILIŠA, M. & MIHALJEVIC, Z. 2004. Current velocity and food supply as factors affecting the composition of macroinvertebrates in bryophyte habitats in karst running water. Biol. Bratislava 59(5):577-593.

HEINO, J. & KORSU, K. 2008. Testing species–stone area and species–bryophyte cover relationships in riverine macroinvertebrates at small scales. Freshwater Biol. 53(3):558-568. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2427.2007.01920.x

JOHNSON, P. & LADLE, M. 1989. The Enchytraeidae (Oligochaeta) of streams of Southern England. An. Limnol. 25(2):121-129. http://dx.doi.org/10.1051/limn/1989012

KIKUCHI, R.M. & UIEDA, V.S. 2005. Composição e distribuição dos macroinvertebrados em diferentes substratos de fundo de um riacho no município de Itatinga, São Paulo, Brasil. Entomol. Vect. 12(2):193-231. http://dx.doi.org/10.1590/S0328-03812005000200006

LINHART, J., VLČKOVÁ, Š. & UVÍRA, V. 2002. Bryophytes as a special mesohabitat for meiofauna in a rip-rapped channel. River Res. Appls. 18(4):321-330. http://dx.doi.org/10.1002/rra.671

MARTINELLI, L.A. & KRUSCHE, A.V. 2007. Amostragem em rios. In Amostragem em Limnologia (C.E.M. Bicudo & D.C. Bicudo, org). 2nd ed. RiMa, São Carlos, p.263-279.

PARISH, J. 1981. Reproductive ecology of Naididae (Oligochaeta). Hydrobiologia 83(1):115-123. http://dx.doi.org/10.1007/BF02187156

PERCIVAL, E. & WHITEHEAD, H. 1929. A quantitative study of the fauna of some types of stream-bed. J. Ecol. 17(2):282-314. http://dx.doi.org/10.2307/2256044

R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2011. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. http://www.R-project.org/.

RIGHI, G. 1984. Manual de identificação de invertebrados límnicos do Brasil. CNPq, Coordenação Editorial, Brasília.

ROSA, B.F.J.V., SILVA, M.V.D., OLIVEIRA, V.C., MARTINS, R.T. & ALVES, R.G. 2011. Macroinvertebrates associated with bryophyta in a first-order Atlantic Forest stream. Rev. Bras. Zool. 28(3):351-356.

ROSA, B.F.J.V., SILVA, M.V.D. & ALVES, R.G. 2013. Composition and structure of the Chironomidae (Insecta: Diptera) community associated with bryophytes in a first-order stream in the Atlantic Forest, Brazil. Neotrop. Entom. 42(1):15-21. PMid:23949708. http://dx.doi.org/10.1007/s13744-012-0086-0

SILVEIRA, M.P., BUSS, D.F., NESSIMIAN, J.L. & BAPTISTA, D.F. 2006. Spatial and temporal distribution of benthic macroinvertebrates in a southeastern Brazilian river. Braz. J. Biol. 66(2b):623-632. PMid:16906294. http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842006000400006

SMITH, M. E. 1986. Ecology of Naididae (Oligochaeta) from an alkaline bog steam: life history patterns and community structure. Hydrobiologia 133(1):79-90. http://dx.doi.org/10.1007/BF00010805

STANDEN, V. & LATTER, P.M. 1977. Distribution of a population of *Cognettia sphagnetorum* (Enchytraeidae) in relation to microhabitats in a Blanket Bog. J. Anim. Ecol. 46(1):213-229. http://dx.doi.org/10.2307/3957

STATSOFT. STATISTICA (data analysis software system). 2004. version 7. ww.statsoft.com.

SUREN, A.M. 1992. Meiofaunal communities associated with bryophytes and gravels in shaded and unshaded alpine streams in New Zealand, New. Zeal. J. Mar. Fresh. 26(1):115-125.

SUREN, A.M. & WINTERBOURN, M.J. 1992. The influence of periphyton, detritus and shelter on invertebrate colonization of aquatic bryophytes. Freshwater. Biol. 27(3):327-339. http://dx.doi.org/10.1080/00288330.1992.9516507

VERDONSCHOT, P.F.M., SMIES, M. & SEPERS, A.B.J. 1982. The distribution of aquatic oligochaetes in brackish inland waters in the SW Netherlands. Hydrobiologia 89(1):29-38. http://dx.doi.org/10.1007/BF00017535

VLČKOVÁ, S., LINHART, J. & UVÍRA, V. 2002. Permanent and temporary meiofauna of an aquatic moss *Fontinalis antipyretica*. Hedw. Acta U. Palack. Olom. 39-40(1):131-140.

Received 01/31/2013
Revised 09/17/2013
Accepted 10/23/2013

Reproduction and demographic trends of *Sula Leucogaster* at the Moleques do Sul Archipelago, Santa Catarina, Brazil

Joaquim Olinto Branco[1], Hélio Augusto Alves Fracasso[2,4] & Valéria dos Santos Moraes-Ornellas[3]

[1]Centro de Ensino em Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI, CP 360, CEP 88301-970, Itajaí, SC, Brasil
[2]Laboratório de Ecologia do Meiobentos Marinho, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo – USP, CEP 05508-120, São Paulo, SP, Brasil
[3]Laboratório de Ornitologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Ilha do Fundão, CEP 21.941-590, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
[4]Corresponding author: Hélio Augusto Alves Fracasso, e-mail: h_fracasso@yahoo.com.br

BRANCO, J.O., FRACASSO, H.A.A. & MORAES-ORNELLAS, V.S. **Reproduction and demographic trends of *Sula Leucogaster* at the Moleques do Sul Archipelago, Santa Catarina, Brazil.** Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/en/abstract?article+bn00713042013

Abstract: The Brown Booby, *Sula Leucogaster*, is one of the most common species of marine birds of the Brazilian coast and, in spite of being a viable subject for long-term studies, in Brazil there are scarce demographic descriptions of this species obtained from observations made in sets of consecutive years. This paper presents breeding information collected in monthly samples taken in the Moleques do Sul Island, Florianópolis, Santa Catarina, during a five year period. The main island was divided into three different study areas, in which adult censuses were conducted, along with counts of number of nests, eggs, chicks and incubating adults. No significant change was found in these numbers during the sampled years and the breeding season extended over the entire year, with a peak production of eggs and chicks from August to November. The flatter areas II and I were preferentially used, where a higher number of nests with two eggs were found. A certain number of individuals abandoned the colony outside the breeding season during some of the sampled years, which may be related to an alternation between abandonment and permanence, non-exclusive phenomena possibly associated with food availability and favorable environmental conditions. The long term knowledge of the demographic patterns and of occupation parameters of this Brown Bobby colony is essential for the conservation of the species and its habitats.
Keywords: *Brown Booby, reproduction, demographic parameters, Santa Catarina, Brazil.*

BRANCO, J.O., FRACASSO, H.A.A. & MORAES-ORNELLAS, V.S. **Reprodução e tendências demográficas do atobá-pardo (*Sula Leucogaster*) no Arquipélago de Moleques do Sul, Santa Catarina, Brasil.** Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?article+bn00713042013

Resumo: O atobá-pardo, *Sula Leucogaster* , é uma das espécies mais comuns de aves marinhas do litoral brasileiro e, apesar de passível a ser objeto de estudos de longo-termo, no Brasil há escassas descrições de aspectos da demografia da espécie obtidas a partir de observações realizadas em conjuntos de anos consecutivos. O presente trabalho fornece informações sobre sua reprodução coletadas em amostragens mensais realizadas na Ilha Moleques do Sul, Florianópolis, SC, em um período de cinco anos. A ilha foi subdividida em três diferentes áreas de estudo, onde foram realizados censos de adultos e contagem do número de ninhos, ovos, filhotes e adultos incubando. Verificou-se que não houve alteração significativa dos números nos anos amostrados, com a temporada reprodutiva se estendendo ao longo de todo ano e pico de postura de agosto a novembro. As áreas II e I, mais planas, foram utilizadas preferencialmente e encontrou-se maior número de ninhos com dois ovos. Houve abandono da colônia por certo número de indivíduos fora do período reprodutivo em alguns dos anos amostrados, o que pode estar relacionado a uma alternância entre abandono e permanência, fenômenos não excludentes possivelmente associados à disponibilidade de alimento e condições ambientais favoráveis. A população do atobá-pardo que nidifica na Ilha Moleques do Sul está em equilíbrio, não sofrendo alterações no contingente reprodutivo ao longo dos anos. O conhecimento dos padrões demográficos e de ocupação da colônia a longo termo é essencial para a conservação das espécies e habitats envolvidos.
Palavras-chave: *Atobá-Pardo, reprodução, parâmetros demográficos, Santa Catarina, Brasil.*

Introduction

The Brown Booby, *Sula leucogaster* (Boddaert 1783), has a geographic distribution within the tropical oceans, stretching between the latitudes of 30º N and 30° S (Marchant & Higgins 1990). This Booby is considered to be one of the most common marine bird species along the Brazilian Coast and, although Sick (1997) has estimated its population in about 5.000 individuals, currently its population is known to be much bigger. In the Currais Archipelago, Paraná, Krul (2004) observed an approximate number of 2,800 individuals, between the months of February and May. Neves (1999) cites 2,000 individuals on the Laje de Santos and Campos et al. (2004) counted 800 individuals on Castilho Island, both these colonies are located along the São Paulo Coast. Large populations of *S. leucogaster* also inhabit islands off the Rio de Janeiro Coast (Alves et al. 2004a) and the Abrolhos Archipelago, Bahia (Alves et al. 1997, 2004b). Smaller populations are recorded from the Fernando de Noronha Archipelago and the Atol das Rocas (Schulz-Neto 2004a, b), and from the São Pedro and São Paulo Archipelago (Both & Freitas 2004). In Santa Catarina, reproduction has been confirmed in the Tamboretes (Branco 2003), Baía da Babitonga (Grose et al. 2011) and Moleques do Sul Archipelago, representing the southern distribution limit of the species (Bege & Pauli 1989, Branco et al. 2005).

The Brown Booby shows easily identified sexual dimorphism, which, according to Lewis et al. (2005), extends to the differential selection of feeding sites. The females make shorter trips and are more active in defending the nests, while males are smaller and more agile, make longer trips and are best suited to provide food for the nestlings. However, Tershy & Croll (2000) concluded that females are responsible for delivering a greater proportion of food to offspring, than males. The species breeds continuously and desynchronized, although reproductive peaks are observed (Alves et al. 1997, Branco 2004). The nests are made on the ground with sticks, dry leaves, feathers and sometimes man-made material (Martins & Dias 2003, Coelho et al. 2004). Usually two eggs are laid which are incubated in alternating shifts during 42 to 45 days (Dorward, 1962, Sick 1997). This is a species that has a long life span, slow growth and low fecundity, and, is therefore, a viable subject of long-term studies (Beadell et al. 2003). In Brazil, only Branco et al. (2010) describes the demography of the species from observations made during a number of consecutive years in the Moleques do Sul Islands, Santa Catarina.

The present study provides additional information about the reproduction of the Brown Booby colony in Moleques do Sul Island. The data is analyzed to verify the occurrence of changes in population size during five years and if there is a preference for particular types of nesting substrates. Aspects of colony fidelity and demographic patterns that characterize the presence of the species on the island are discussed.

Material and Methods

Samples were taken monthly in the Moleques do Sul Islands, Florianopolis, Santa Catarina (27° 51' S, 48° 26' W) during the period from January 2002 to December 2007, except during July, 2002, 2004 and 2007 and December 2003, 2004 and 2006. The main island of the Moleques do Sul Archipelago (Figure 1) was subdivided into three different study areas of the same size (m^2), with areas I and II located on the west side and exposed mainly to NE and SE winds; and area III in the area facing the east side, under greater influence of the N and NW winds. The area I consists of a steeply inclined slope going from the high tide mark, through creeping grass and small rocky outcrops, up to the bushes. The area II is dominated by bare soil, conglomerate rocks and small bushy areas, while area III is predominantly characterized by a mixture of bare soil and rocks, surrounded by bushes and a large ravine.

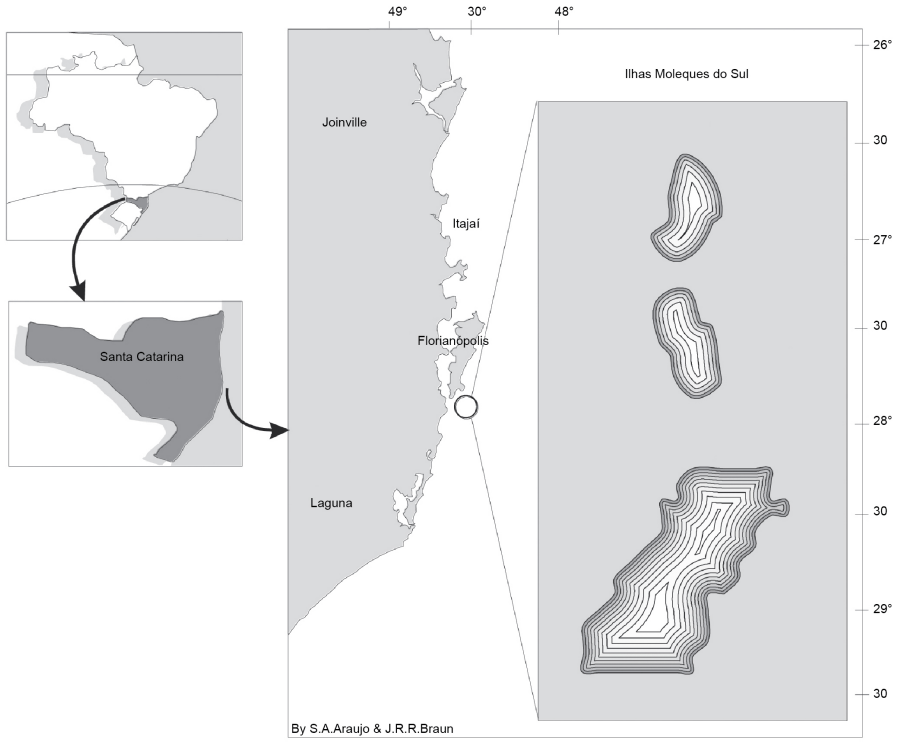


Figure 1. Map of sampling site, Moleques do Sul Island showing the main island.

Censuses of *Sula leucogaster* were conducted, including counts of the number of nests, eggs / nest, chicks and incubating adults. The nestlings were captured with hands or dip nets and classified according to their plumage, following Dorward (1962), and culmen length categories (measured by the culmen nozzle was measured from the tip to the base, Table 1). The variance of the number of nests, young and adults between years and within study areas, was examined using a fixed ANOVA (Sokal & Rohlf 1969). The homogeneity of variance was analyzed using the Kolmogorov-Smirnov test, while the Tukey-Kramer test was applied to the occurrence of different statistics ($p < 0.05$), to indicate which mean values were significantly different.

Results

Two peaks in abundance of breeding adults were observed at the site, the first in January and February, and the second from August to November, with significant differences ($F_{11, 54} = 2.631$, $p < 0.01$) between the months of January (higher) and May (lower) (Table 2). The largest total numbers of adults occurred in the 2002, 2005 and 2007 seasons, and the lowest in 2003 and 2004, with no significant difference between the sampled years ($F_{5, 66} = 0.1177$, $p < 0.05$). The number of incubating adults also showed no significant differences over the sample period during the years of study ($F_{11, 24} = 0.8920$, $p > 0.05$). However, they were significantly more abundant in areas I and II than in area III ($F_{2,33} = 23.377$, $p < 0.05$) (Figure 2).

From January to July there was a gradual decrease in the number of incubating adults, nests and chicks, increasing up to the peak in October / November (Figure 2). The reproductive season extended throughout the year and the peak production occurred between August and November with a significant difference in the number of nests ($F_{11, 47} = 9.573$, $p < 0.0001$). The contrast between the values of the peak and the period from May to July was the source of variation. No significant difference ($F_{5, 53} = 0.622$, $p > 0.05$) was observed in the total number of nests over the years, although the largest number was recorded in 2002 and the lowest in 2004 (Table 2).

The number of nests was significantly different within the months during the sampled years ($F_{11, 24} = 2.497$, $p < 0.05$) and within sampled areas ($F_{2, 33} = 4.873$, $p < 0.05$). The contrast between the higher values in area II than in area III was the cause of the variation (Figure 2). The number of young did not change significantly over the months and years ($F_{11, 24} = 1.540$, $p > 0.05$), but in 2002 and 2005 the number of young was significantly higher ($F_{5, 60} = 2.546$, $p < 0,05$) than in 2006 (Table 4). There was also a significant difference ($F_{11, 53} = 3.883$, $p < 0.001$) between the highest numbers in January and November and the lowest in June and July (Table 1 and 2), more young being found in areas II and III than in area I ($F_{2, 33} = 12.611$, $p < 0.0001$) (Figure 2).

We found that 64.3% of the nests contained two eggs and 35.5% and 0.2%, one and three eggs, respectively. A larger number of nests were concentrated in area II, followed by areas I and III, except during

Table 1. Classification of young *S. leucogaster* according to their plumage (following Dorward, 1962) and to culmen length categories.

Stage	Age (days)	General Characteristics	Culmen Length
Young I	1-13	Devoid of feathers	1.0 to 3.1 cm
Young II	14-36	Covered with white feathers	2.9 to 6.6 cm
Young III	37-60	Visible remiges and rectrices feathers	6.7 to 9.6 cm
Young IV	85-105	Completely feathered or with traces of feathers on the head, neck and flanks	8.2 to 10.2 cm
Juvenile	120	Brown feathered and able to fly	8.4 to 10.6 cm

Table 2. Monthly distribution of the total number of adults, chicks and nests of *S. leucogaster* during the 2002 to 2007 reproductive seasons, in the Moleques do Sul Islands.

Year	N	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
2002	adults	933	464	516	798	87	412	-	1525	433	526	565	490	6749
	nests	-	3	1	1	-	4	-	426	192	80	129	80	916
	chicks	171	173	117	97	181	10	-	14	51	115	204	241	1374
2003	adults	593	828	344	200	302	129	236	262	364	630	513	-	4401
	nests	-	1	4	-	-	-	90	149	166	201	175	-	786
	chicks	125	88	67	54	41	29	16	40	72	103	136	-	771
2004	adults	924	584	263	145	168	181	-	332	557	413	744	-	4311
	nests	10	5	2	2	3	2	-	30	158	124	121	-	457
	chicks	131	35	70	42	37	12	-	2	100	117	212	-	758
2005	adults	430	430	443	417	431	548	493	357	429	564	539	929	6010
	nests	-	14	15	19	16	46	167	102	130	161	125	50	845
	chicks	154	218	74	142	135	25	30	157	102	109	94	140	1380
2006	adults	965	544	218	303	233	355	252	467	398	708	433	-	4876
	nests	28	15	4	1	2	16	170	178	125	190	129	-	858
	chicks	128	86	77	59	29	14	15	41	97	55	58	-	659
2007	adults	898	703	537	385	336	605	-	565	435	600	551	155	5770
	nests	9	43	47	24	9	21	-	306	115	120	95	16	805
	chicks	146	113	131	103	65	58	-	17	95	88	138	39	993
Total	adults	4743	3553	2321	2248	1557	2230	981	3508	2616	3441	3345	1574	32117
	nests	47	81	73	47	30	89	427	1191	886	876	774	146	4667
	chicks	855	713	536	497	488	148	61	271	517	587	842	420	5935

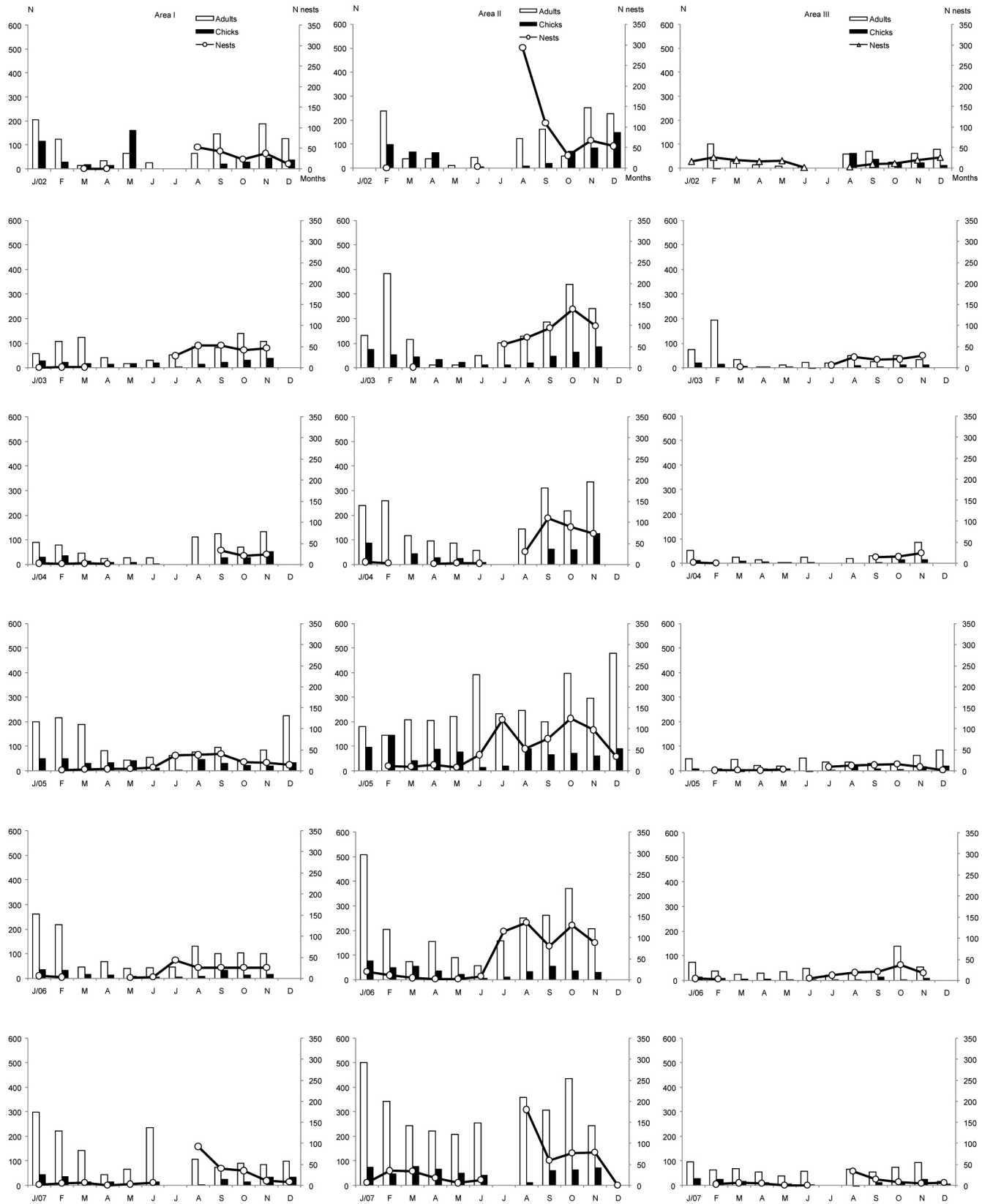


Figure 2. Monthly abundance of adults in breeding activity, nests and chicks of *S. leucogaster* in three areas during the 2002 to 2007 seasons on the Moleques do Sul Islands.

2004 and 2006 when area III had the highest concentration of nests. The number of chicks followed the same trend as the nests, with respect to number per area, where 32.1% were juveniles followed by young III (31.3%), II (15.1%), I (11.9%) and IV (9.6%), respectively (Table 3). The year 2007 was somewhat atypical for the occurrence of juveniles because chicks were not observed in January, September and October. We did not notice any numerical synchronism in the sequence of age classes during sequential months. The number of individuals which should pass from one phase to another during the period of two or three months was noticeably different than expected (Table 4).

Discussion

Despite the breeding peaks which were shown during the present study, the annual total number of adults, nests, and chicks recorded in the Moleques do Sul Islands did not change significantly. However, the years 2002 and 2005 had the largest numbers of adults, nests and chicks, which may be related to periods of favorable environmental conditions. In general, along the Brazilian Coast, the Brown Booby tends to breed continuously, although peaks of reproduction can be observed. Borsa et al. (2010) suggest that the advantages of reproductive seasonality may be the prevention of parasite epidemics and reduction of exposure to predators. On the other hand, the existence of well-defined reproduction peaks may reflect greater prey availability and more appropriate climatic conditions. In Abrolhos, Bahia, most nests with eggs occur between March and July (Alves et al. 1997), in São Paulo from May to October (Campos et al. 2004), along the Parana Coast from February to May (Krul 2004), on Baía da Babitonga, São Francisco do Sul from June to October (Grose et al. 2011) and on the Moleques do Sul Islands, as the results indicate, from August to November. It is clear that there is a predominance of peaks during the autumn and winter months, with smaller numbers of nesting adults, eggs and chicks in the summer months, with the exception of the state of Parana. The adult population average number increased 160% from a year to another (March) on a rest site in Franceses Island (ES), while the young population remained almost constant (Schuler & Pinheiro 2009).

There was a predominance of breeding activity in areas I and II, in contrast to decreased use of area III, suggesting that the winds and the proximity of shrubs and trees (substrate for predators) directly affect their occupation of the site. According to Chaves-Campos & Torres (2002), Brown Boobies may give preference to the occupation of more flat or slightly inclined areas, in the absence of interspecific competition, or for the safety of young and/or for a greater facility to fly. In Cabo Blanco, Costa Rica, the authors noted the Boobies preferred to nest in flat areas, which is corroborated by the findings from this study.

There are two hypotheses which explain the colony occupation patterns: one of them suggests that individuals defend the territories of their nests even outside the reproductive period and the other suggests that the occupation of the colonies occurs only during breeding period. On the Moleques do Sul Islands some Boobies left the colony outside the breeding season during some of the sampled years, which was evidenced by the fact that a lower number of adults were present between the months of May and July in 2002 and 2004. However, in previous research, Branco et al. (2010) observed the occurrence of site fidelity for breeding, as described by Nelson (1978), which corroborates that found by Chaves-Campos & Torres (2002) regarding the permanence of species in the colonies during non-breeding periods. On Cabo Blanco Island, Boobies are present throughout the year (Chaves-Campos & Torres 2002), while in Ascension Island they are usually absent outside the reproductive period (Dorward, 1962), as well as in islands in New Zealand (Powlesland & Powlesland 1993).

The predisposition and philopatry for emigration in *S. leucogaster* is a widely accepted fact (Beadell et al. 2003). Baumgarten et al. (2001) even consider that perhaps the low genetic variability detected in Boobies could be a consequence of endogamy resulting from the philopatric pattern of the species. However, Branco et al. (2010) recorded only 1.97% fidelity for Boobies which were marked on the Moleques do Sul Islands between June 2000 and December

Table 3. Number of nests with two and three eggs, Young I, II, III and IV and juvenile *S. leucogaster* in the three study areas during the 2002 to 2007 reproductive seasons on the Moleques do Sul Islands.

Years	Area	C1	C2	C3	TOTAL	JI	JII	JIII	JIV	Juv	TOTAL
2002	I	70	102	2	174	50	39	119	53	213	474
	II	159	401	0	560	72	116	221	51	121	581
	III	62	101	0	163	18	25	70	16	49	178
2003	I	81	135	0	216	35	31	57	19	83	225
	II	160	280	2	442	93	74	119	39	136	461
	III	29	71	0	100	16	14	13	7	29	79
2004	I	30	48	0	78	16	37	66	20	56	195
	II	108	186	2	296	40	84	168	35	106	433
	III	34	24	0	58	2	3	36	6	20	67
2005	I	61	85	0	146	23	37	47	22	109	238
	II	198	309	2	509	78	109	160	71	211	629
	III	20	32	0	52	18	11	24	8	15	76
2006	I	40	83	0	123	18	18	48	4	54	142
	II	173	311	0	484	50	40	121	28	107	346
	III	48	45	0	93	10	3	17	2	14	46
2007	I	41	93	0	134	9	19	43	26	54	151
	II	104	243	0	347	21	43	133	41	128	366
	III	16	44	0	60	2	21	33	10	27	93
	TOTAL	1434 (35,5%)	2593 (64,3%)	8 (0,2%)	4035						

Table 4. Number of nests with young I, II, III and IV and juvenile *S. leucogaster* during the 2002 to 2007 reproductive seasons on the Moleques do Sul Islands.

Years		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
	JI	14	3	0	1	0	0	-	3	32	25	13	49	140
	JII	11	43	1	0	0	0	-	1	11	63	33	17	180
2002	JIII	59	55	29	30	0	0	-	0	4	10	104	119	410
	JIV	33	35	7	15	0	0	-	0	0	5	0	25	120
	J	16	20	69	51	186	10	-	10	4	12	1	4	383
	JI	14	0	0	0	0	0	0	16	34	42	38	-	144
	JII	16	7	0	2	0	0	0	15	28	26	25	-	119
2003	JIII	34	48	22	4	0	0	0	0	2	20	59	-	189
	JIV	16	16	5	10	1	0	5	2	0	0	10	-	65
	J	41	17	40	36	40	29	9	9	8	15	4	-	248
	JI	4	1	2	0	1	1	-	0	12	11	26	-	58
	JII	10	3	0	1	2	0	-	0	62	27	19	-	124
2004	JIII	83	10	13	5	1	0	-	0	12	55	91	-	270
	JIV	16	7	5	8	2	0	-	0	0	0	23	-	61
	J	15	14	44	27	28	11	-	0	5	6	32	-	182
	JI	0	8	0	3	11	1	12	0	29	13	11	31	119
	JII	0	26	0	9	5	3	3	0	53	11	14	33	157
2005	JIII	0	54	0	24	21	4	4	0	10	55	33	26	231
	JIV	0	42	0	8	9	1	0	0	1	4	18	18	101
	J	0	72	0	86	81	16	4	0	9	18	17	32	335
	JI	11	6	2	0	0	2	1	28	0	8	20	-	78
	JII	10	10	8	1	0	1	0	3	0	16	12	-	61
2006	JIII	67	38	29	18	6	1	1	3	0	13	10	-	186
	JIV	5	12	5	3	1	1	2	0	0	0	5	-	34
	J	29	20	30	31	22	5	11	7	0	13	7	-	175
	JI	0	1	6	4	4	0	-	1	0	0	11	5	32
	JII	0	17	15	17	5	3	-	4	0	0	15	7	83
2007	JIII	0	48	35	27	19	5	-	1	0	0	66	8	209
	JIV	0	11	15	7	3	8	-	1	0	0	24	8	77
	J	0	28	37	35	32	42	-	10	0	0	14	11	209

2005. Mellink et al. (2001) showed that the Brown Boobies that were on Isla San Jorge, Gulf of California, who usually remain in the colony after the breeding season, may abandon it by interrupting the breeding season due to the influence of weather conditions. So it seems that both hypotheses, abandonment and retention, may not be mutually exclusive, which would explain the occurrence of apparent abandonment of the colony by few individuals in 2002 and 2004 and permanence in the remaining three years of this study. It is not known if the Boobies that stay in the colonies outside the breeding season continue to defend their nesting territories, because this is one aspect of this species behavior which has not been studied.

The predominance of nests with one egg, recorded in the Moleques do Sul and Tamboretes Islands by Branco (2003, 2004), does not agree with the predominance of nests with two eggs found in this study. A higher proportion of nests with two eggs was reported by Alves et al. (2004a) and Coelho et al. (2004) on islands in Rio de Janeiro. Ostrowski et al. (2005) also found a higher proportion of nests with two eggs (67.6%) on islands in Saudi Arabia. According to Drummond et al. (2003), the laying of two eggs in *S. leucogaster* is an adaptive strategy that ensures a greater chance of reproductive success for the species. The second chick to be born may be necessary to replace the senior one if it proves to be unviable or suffers predation. The presence of nests with three eggs is infrequent and may be related to intraspecific parasitism. In this case, the additional third egg may have been laid by a female stranger, not part of the couple, as pointed out by Baumgarten et al. (2001). Perhaps the predominance of nests with one egg recorded in years prior to this study by Branco (2003, 2004), may be due to variations in climate and to food availability.

The Brown Booby population, which nests on the Moleques do Sul Islands is in balance and does not undergo changes in population size during the reproductive years, indicating a favorable place for the conservation of the species. Long-term knowledge of demographic patterns and of colony occupation will enable us to monitor its life history. It will also be interesting to make an effort to develop behavioral studies to verify the presence of adults during the non-breeding period, and to compare the reproductive success between the three sub-areas.

Acknowledgments

Thanks to the Universidade do Vale do Itajai (UNIVALI) for financial support, and to the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), for a scientific productivity grant awarded to Dr Joaquim Olinto Branco. For FATMA (Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina) to the license for research and Field work. For all students that help in field work.

References

ALVES, V.S., SOARES, A.B.A., COUTO, G.S., RIBEIRO, A.B.B. & EFE, M.A. 1997. Aves do Arquipélago dos Abrolhos, Bahia, Brasil. Ararajuba 5(2): 209-218.

ALVES, V.S., SOARES, A.B.A. & COUTO, G.S. 2004a. Aves marinhas e aquáticas das ilhas do litoral do Estado do Rio de Janeiro. In Aves marinhas e insulares brasileiras: Bioecologia e conservação (J.O. Branco, ed.). Univali, Itajaí, p.83-100.

ALVES, V.S., SOARES, A.B.A., COUTO, G.S., EFE, M.A. & RIBEIRO, A.B.B. 2004b. Aves marinhas de Abrolhos. In Aves marinhas e insulares brasileiras: Bioecologia e conservação (J.O. Branco, ed.). Univali, Itajaí, p.213-232.

BAUMGARTEN, M.M., KOHLRAUSCH, A.B., MIYAKI, C.Y., FREITAS, T.R.O. & ARAÚJO, A.M. 2001. DNA fingerprinting and parentage in Masked (*Sula dactylatra*) and Brown (*S. leucogaster*) Boobies. Ornitol. Neotrop. 12:319-326.

BEADELL, J.S., SCHREIBER, E.A., SCHREIBER, R.W., SCHENK, G.A. & DOHERTY JUNIOR, P.F. 2003. Survival of Brown Boobies (*Sula leucogaster*) at Johnston Atoll: A long-term study. Auk 120:811-817. http://dx.doi.org/10.1642/0004-8038(2003)120[0811:SOBBSL]2.0.CO;2

BEGE, L.A. & PAULI, B.T. 1989. As aves nas ilhas Moleques do Sul – Santa Catarina: Aspectos da ecologia, etologia e anilhamento de aves marinhas. FATMA, Florianópolis.

BORSA, P., PANDOLFI, M., ANDRÉFOUET, S. & BRETAGNOLLE, V. 2010. Breeding avifauna of the Chesterfield Islands, Coral Sea: Current population sizes, trends, and threats. Pac. Sci. 64(2):297-314. http://dx.doi.org/10.2984/64.2.297

BOTH, R. & FREITAS, T.O.R. 2004. Aves marinhas no arquipélago de São Pedro e São Paulo. In Aves marinhas e insulares brasileiras: Bioecologia e conservação (J.O. Branco, ed.). Univali, Itajaí, p.193-212.

BRANCO, J.O. 2003. Reprodução das aves marinhas nas ilhas costeiras de Santa Catarina, Brasil. Rev. Bras. Zool. 20(4):619-623. http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752003000400010

BRANCO, J.O. 2004. Aves marinhas das ilhas de Santa Catarina. In Aves marinhas e insulares brasileiras: Bioecologia e conservação (J.O. Branco, ed.). Univali, Itajaí, p.15-36.

BRANCO, J.O., FRACASSO, H.A.A., MACHADO, I.F., BOVENDORP, M.S. & VERANI, J.R. 2005. Dieta de *Sula leucogaster* Broddaert (Sulidae, Aves) nas Ilhas Moleques do Sul, Florianópolis, SC. Rev. Bras. Zool. 22:1044-1049. http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752005000400033

BRANCO, J.O., FRACASSO, H.A.A., EFE, M.A., BOVENDORP, M.S., BERNARDES-JÚNIOR, J.J., MANOEL, F.C. & EVANGELISTA, C.L. 2010. O atobá-pardo *Sula leucogaster* (Pelecaniformes: Sulidae) no Arquipélago de Moleques do Sul, Santa Catarina, Brasil. Rev. Bras. Ornitol. 18(3):222-227.

CAMPOS, F.P., PALUDO, D., FARIA, P.J. & MARTUSCELLI, P. 2004. Aves insulares marinhas, residentes e migratórias, do litoral do Estado de São Paulo. In Aves marinhas e insulares brasileiras: Bioecologia e conservação (J.O. Branco, ed.). Univali, Itajaí, p.57-82.

CHAVES-CAMPOS, J. & TORRES, J. 2002. Distribution of nests of the Brown Booby (*Sula leucogaster*) in relation to the inclination of terrain. Ornitol. Neotrop. 13:205-208.

COELHO, E.P.; ALVES, V.S.; SOARES, A.B.A.; COUTO, G.S.; EFE, M.A.; RIBEIRO, A.B.B.; VIELLIARD, J. & GONZAGA, L.P. 2004. O Atobá-marrom (sula Leucogaster) na ilha de Cabo Frio, Arraial do Cabo, Rio de Janeiro, Brasil. In Aves marinhas e insulares brasileiras: Bioecologia e conservação (J.O. Branco, ed.). Univali, Itajaí, p. 233-254

DORWARD, D.F. 1962. Comparative biology of the white and brown booby Sula spp of Ascension. Ibis 103b:174-220.

DRUMMOND, H., RODRIGUEZ, C., VALLARINO, A., VALDERRÁBANO, C., ROGEL, G.E., & TOBÓN, E. 2003. Desperado siblings: uncontrollably agressive Junior chicks. Behav. Ecol. Sociobiol. 53:287-296.

GROSE, A.V., SCHULZE, B. & CREMER, M.J. 2011. Registro de reprodução do atobá-pardo Sula leucogaster (Suliformes: Sulidae) em estrutura artificial no estuário da baía da Babitonga, Santa Catarina, Brasil. Rev. Bras. Ornitol. 19(4):541-544

KRUL, R. 2004. Aves marinhas costeiras do Paraná. In Aves marinhas e insulares brasileiras: Bioecologia e conservação (J.O. Branco, ed.). Univali, Itajaí, p.37-56.

LEWIS, S., SCHEIBER, E.A., DAUNT, F., SCHENK, G.A., ORR, K., ADAMS, A., WANLESS, S. & HAMER, K.C. 2005. Sex-specific foraging behavior in tropical boobies: does size matter? Ibis 147:408-414. http://dx.doi.org/10.1111/j.1474-919x.2005.00428.x

MARCHANT, S. & HIGGINS, C.J. 1990. Handbook of Australian, New Zealand and Antarctic birds. v. 1. Oxford University, Melbourne.

MARTINS, F.C. & DIAS, M.M. 2003. Cuidado parental de *Sula leucogaster* (Boddaert) (Aves, Pelcaniformes, Sulidae) nas Ilhas dos Currais, Paraná, Brasil. Rev. Bras. Zool. 20(4):583-589. http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752003000400004

MELLINK, E., DOMÍNGUEZ, J. & LUÉVANO, J. 2001. Diet of eastern pacific Brown Boobies *Sula leucogaster brewsteri* on Isla San Jorge, north-eastern Golf of California, and an april comparison with diets in the middle Gulf of California. Mar. Ornithol. 29:23-28.

NELSON, J.B. 1978. The Sulidae: Gannets and Boobies. Oxford University, Oxford.

NEVES, T.S. 1999. As aves do Parque Estadual Marinho da Laje de Santos. Instituto Florestal, São Paulo.

OSTROWSKI, S., SHOBRAK, M., AL-BOUG, A., KHOJA, A. & BEDIN, E. 2005. The breeding avifauna of the Umm Al-Qamari Islands protected area, Saudi Arabia. Sandgrouse 27(1):53-62.

POWLESLAND, R.G. & POWLESLAND, M.H. 1993. Seabirds found dead on New Zealand beaches in 1991, and a review of *Morus* and *Sula* species recoveries, 1943 to 1991. Notornis 40(4):233-245.

SCHULZ-NETO, A. 2004a. Aves insulares do arquipélago de Fernando de Noronha. In Aves marinhas e insulares brasileiras: Bioecologia e conservação (J.O. Branco, ed.). Univali, Itajaí, p.147-168.

SCHULZ-NETO, A. 2004b. Aves marinhas do Atol das Rocas. In Aves marinhas e insulares brasileiras: Bioecologia e conservação (J.O. Branco, ed.). Univali, Itajaí, p.169-192.

SCHULER, L.M. & PINHEIRO, H.T. 2009. Estrutura populacional e repertório comportamental de Sula leucogaster (Sulidae) . em um sítio de repouso no sudeste do Brasil. Rev. Bras. Ornit. 17(2):96-101.

SICK, H. 1997. Ornitologia brasileira. Nova Fronteira, Rio de Janeiro.

SOKAL, R.R. & ROHLF, F.J. 1969. Biometry, the principles and practices of statistics in biological research. W. H. Freeman and Co., San Francisco, 776p.

TERSHY, B.R. & CROLL, D.A. 2000. Parental investment, adult sex ratios, and sexual selection in a socially monogamous seabird. Behav. Ecol. Sociobiol. 48:52-60. http://dx.doi.org/10.1007/s002650000182

Received 08/28/2012
Revised 08/27/2013
Accepted 10/14/2013

Jururumberus, a new genus of Orthocladiinae (Diptera: Chironomidae) from Brazil

***Humberto Fonseca Mendes*[1,3] *& Trond Andersen*[2]**

[1]*Centro de Ciências Naturais e Humanas – CCNH,Universidade Federal do ABC – UFABC, Bl. A, 638-3, Rua Santa Adélia 166, Bangu,CEP 09210-170, Santo André, SP, Brazil*
[2]*Department of Natural History, University Museum of Bergen, University of Bergen, CP 7800, N-5020 Bergen, Norway*
[3]*Corresponding author: Humberto Fonseca Mendes, e-mail: orthocladiinae@gmail.com*

MENDES, H.F., & ANDERSEN, T. ***Jururumberus*, a new genus of Orthocladiinae (Diptera: Chironomidae) from Brazil.** 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/en/abstract?article+bn01213042013

Abstract: *Jururumberus* n. gen. is erected based on the males of *J. arapuca* n. sp. from São Paulo State, in southeastern Brazil and *J. uatuma* n. sp. from the Amazonas in northern Brazil. The genus can be separated from other Orthocladiinae based on the combination of bare eyes, wing, and squama; frons U-shaped, extended ventrally; AR ≤ 0.3, antenna without apical seta; palp short, five-segmented, with sensilla clavata in subapical sensillum coeloconicum; no acrostichals; costa strongly extended; R_{4+5} ending proximal to M_{3+4}; anal point narrowly triangular with microtrichia only, sitting high on tergite IX; and virga composed of two spines.
Keywords: *Chironomidae, Orthocladiinae, Jururumberus, new genus, new species, Brazil, Neotropical region, Mata Atlântica, Amazon.*

MENDES, H.F. & ANDERSEN, T. ***Jururumberus*, um gênero novo de Orthocladiinae (Diptera: Chironomidae) do Brasil.** 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/pt/abstract?article+bn01213042013

Resumo: *Jururumberus* n. gen. é descrito baseado em machos de *J. arapuca* n. sp. do Estado de São Paulo, no sudeste brasileiro e *J. uatuma* n. sp. do Estado do Amazonas no norte brasileiro. O gênero pode ser separado dos demais Orthocladiinae com base na combinação dos seguintes caracteres: olhos, asas e *squama* nus; fronte em forma de 'U', extendido ventralmente; AR ≤ 0.3, antena sem seta apical; palpo encurtado, com cinco segmentos, com sensilas clavadas em uma sensila celocônica subapical; acrosticais ausentes; veia costal fortemente extendida; R_{4+5} terminando proximal em relação a M_{3+4}; ponta anal estreita e triangular com apenas microtríquios, situada oralmente no tergito IX; virga composta de dois espinhos.
Palavras-chave: *Chironomidae, Orthocladiinae, Jururumberus, gênero novo, espécie nova, Brasil, região Neotropical, Mata Atlântica, Amazônia.*

Introduction

In their catalog of the Neotropical and Mexican chironomids Spies & Reiss (1996) recorded seven Orthocladiinae species from Brazil; one of these, *Ichthyocladius neotropicus* Fittkau, as uncertain, a species which later has proved not to occur in Brazil (Mendes et al. 2004). Ten years later Mendes et al. (2007) listed 37 species of orthoclads, while today about 100 species are known to occur in Brazil (Mendes & Pinho 2011). Several genera are so far only recorded from Brazil, viz. *Gynocladius* Mendes, Sæther *et* Andrade-Morraye, *Iporangomberus* Mendes *et* Andersen, *Lyrocladius* Mendes *et* Andersen, *Miambera* Andersen *et* Mendes, *Maximberus* Andersen *et* Mendes, *Oleia* Andersen *et* Mendes, *Saetherocladius* Andersen *et* Mendes, *Saetherocryptus* Andersen *et* Mendes, *Saetherolabis* Andersen *et* Mendes, *Saetherops* Andersen *et* Mendes, and *Ubatubaneura* Wiedenbrug *et* Trivinho-Strixino, but a wider distribution of several of these genera is to be expected.

However, a high number of new species still await description. When collecting in Brazil many of the orthoclads encountered do not readily fit into any described genus. Several of these might be terrestrial or semi-terrestrial and the larvae and pupae might be difficult to locate. Below we describe the males of two of these species and place them in a new genus. One of these species was taken in Boracéia Biological Reserve in São Paulo State in the coastal rainforest Mata Atlântica. The other species was collected in Uatumã Biological Reserve in the Amazonas State, in the Amazonian rainforest. Both species were collected in light traps.

Material and Methods

The specimens were mounted in Canada Balsam or Euparal following the procedures outlined by Sæther (1969). The general morphology follows Sæther (1980). Measurements are given as ranges.

The types will be deposited in Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP) and in the Department of Natural History, University Museum of Bergen, University of Bergen, Bergen, Norway (ZMBN).

1. Jururumberus new genus

Type species: *Jururumberus arapuca* n. sp.

Other included species: *Jururumberus uatuma* n. sp.

Etymology: Deriving from the South American native language Tupi *yuru-ru* and *mberui*, meaning melancholic, sad and midge, mosquito, respectively, due to their gloomy facial expression. Gender of the genus name: masculine.

Diagnostic characters: The combination of bare eyes, wing, and squama; frons U-shaped, extended ventrally; AR ≤ 0.3, antenna without apical seta; palp short, five-segmented, with sensilla clavata in subapical sensillum coeloconicum; no acrostichals; costa strongly extended; R_{4+5} ending proximal to M_{3+4}; anal point narrowly triangular with microtrichia only, sitting high on tergite IX; and virga composed of two spines will separate the genus from all other orthoclads.

1.1. Description

Small sized species, wing length 0.67-0.87 mm.

Head. Eyes bare, reniform, without dorsomedian extension. Antenna with 12 flagellomeres, AR ≤ 0.30; sparsely plumed; groove beginning on segment 1; sensilla chaetica present on flagellomeres 1-3 and ultimate; without subapical seta. Palp five-segmented, short; third palpomere with 5-7 sensilla clavata in subapical sensillum coeloconicum. Temporal setae in single row, all comparatively long. Frons U-shaped, extended ventrally; frontal tubercle absent. Tentorium and stipes normal. Cibarial pump with anterior margin weakly convex. Clypeus with few setae.

Thorax. Antepronotal lobes widely separated medially, with few, weak lateral antepronotals. Acrostichals absent; dorsocentrals few, uniserial; prealars few; supraalar absent. Scutellum with few setae in single row.

Wing. Membrane without setae, with fine punctuation. Anal lobe weakly developed. Costa strongly extended; R_{2+3} running and ending midway between R_1 and R_{4+5}; R_{4+5} ending proximal to M_{3+4}; FCu distal to RM; Cu_1 slightly curved. Brachiolum with 1 seta, other veins bare. Squama bare. Sensilla campaniformia about 6 apically, 5 basally, and 2 above seta on brachiolum; 1 on RM; and 1 basally on R_1.

Leg. Tibial spurs normal, comb of hind tibia composed of 9-12 setae. Tarsal pseudospurs and sensilla chaetica absent. Pulvilli vestigial.

Abdomen. Abdominal setation reduced. Tergite I bare, tergites II-III bare or with two irregular rows of few setae, tergites IV-VIII with two irregular rows of few setae. Sternites I-II bare, sternites II-IV bare or with single median setae, sternites V-VIII with single or few setae medially in two irregular rows.

Hypopygium. Anal point narrowly triangular, sitting high on tergite IX, with microtrichia only. Tergite IX with few long setae; laterosternite IX with few setae. Apodemes well sclerotized. Phallapodeme with normal aedeagal lobe. Transverse sternapodeme straight to weakly arched, oral projections distinct. Virga consisting of 2 separate spines. Gonocoxite with well developed inferior volsella, with posterior, free lobe. Gonostylus club-shaped, covered with microtrichia and with few, weak setae; crista dorsalis present; megaseta normal.

Female, pupa and larva. Unknown.

1.2. Systematics

The new genus will key to couplet 97 in the key to the genera of the Holarctic Region (Cranston et al. 1989), but no further as the costa is strongly extended and the anal point is hardly extending beyond the posterior margin of tergite IX nor originating from the posterior margin of the tergite. In the key to the Central American Chironomidae (Spies et al. 2009) the genus will key to couplet 122, but no further as the squama is lacking setae and scutum is without a medial tuft of microtrichia.

The genus is difficult to place, but most probably it groups with *Pseudosmittia* Edwards, further discussion on the group and its Neotropical members in Andersen & Mendes (2007).

2. Jururumberus arapuca n. sp. (Figures 1-6)

Type material: Holotype male: BRAZIL, **São Paulo State,** Salesópolis, Estação Biológica Boracéia, 10.xii.2001, H.F. Mendes et al. *leg.* (MZUSP). Paratypes: 1 male, same as holotype (MZUSP); 1 male, same as holotype except 12.xii.2001, C.G. Froehlich et al. *leg.* (ZMBN).

Etymology: From Tupy *ara* and *puka* meaning respectively light and trap due to the method the type material was sampled. The name is to be regarded as a noun in apposition.

Diagnostic characters: The species is larger than *J. uatuma* n. sp., the wing length is > 0.81 mm compared to 0.67 mm in *J. uatuma* n. sp. The posterior lobe of inferior volsella is broadly rounded, while it is nearly parallel-sided in *J. uatuma* n. sp. and the crista dorsalis is long and low, while it is triangular and placed subapically in *J. uatuma* n. sp.

2.1. Description

Male (n = 2-3). Total length 1.33-1.41 mm. Wing length 817-866 µm. Total length / wing length 1.59-1.71. Wing length / length of profemur 2.94-3.23.

Coloration. Head, pedicel, thorax and abdominal segments V-VIII dark brown; legs and antennal flagellum lighter brown; abdominal segments I-IV pale brown; wings translucent.

Head (Figure 1). Antennae with 12 flagellomeres; AR 0.28-0.30; ultimate flagellomere (Figure 2) 65-67 µm long. Temporal setae 7-8 including 4 inner verticals, 2-3 outer verticals, and 1-2 postorbital. Clypeus with 5-6 setae. Tentorium, stipes, and cibarial pump as in Figure 3. Tentorium 80-87 µm long; 11-13 µm wide. Stipes 52-63 µm long. Palp segment lengths / widths (in µm): 6-8 / 8-11; 12-14 / 18-19; 25-32 / 19-22; 23-28 / 12-14; 33-37 / 7-8. Third palpomere with 5-7 sensilla clavata in subapical sensillum coeloconicum, 12-14 µm long.

Thorax. Antepronotum with 2 setae. Dorsocentrals 7-8; prealars 2-3. Scutellum with 4 setae.

Wing (Figure 4). VR 1.41-1.55. Costal extension 158-168 µm long. Brachiolum with 1 seta, remaining veins and cells bare. Squama bare.

Legs. Spur of fore tibia 25-26 µm long; spurs of mid tibia 14-15 µm and 12-14 µm long; spurs of hind tibia 38-40 µm and 15-17 µm long. Width at apex of fore tibia 18-20 µm; of mid tibia 17-21 µm; of hind tibia 28-33 µm. Comb with 11-12 setae; longest 32-36 µm long; shortest 19-21 µm long. Lengths and proportions of legs as in Table 1.

Abdomen. Strong setae on tergites I-VIII as: 0, 4-5, 6-8, 6-8, 7-11, 7-12, 6-10, 7-9. Strong setae on sternites I-VIII as: 0, 0, 0-1, 1-2, 2-6, 3-6, 7-9.

Hypopygium (Figures 12-13). Anal point covered with microtrichia; 15-22 µm long; 4-6 µm wide at base. Tergite IX with 6-8 setae; laterosternite IX with 2 setae. Transverse sternapodeme 50-53 µm long. Phallapodeme 48-50 µm long. Virga with 2 spines, longest 10-11 µm long. Gonocoxite 131-137 µm long. Inferior volsella with 7-8 µm long, 10-11 µm wide, broadly rounded lobe projecting caudad. Gonostylus 55-61 µm long, with long, low crista dorsalis, about 30 µm long, 3 µm high; megaseta 8-11 µm long. HR 2.25-2.38. HV 2.32-2.41.

2.2. Distribution and habitat

The type material was collected in light traps during an expedition to the Biological Station of Boracéia, Salesópolis municipality, São Paulo State, in the Mata Atlântica forest. This nature reserve was created in 1954 and comprises an area of 96 hectares 110 km east of São Paulo city. It is composed of both primary and secondary forests under the protection of the Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP: http://www.mz.usp.br/portugues/dci/estacao_biologica_boraceia/estacao_biologica_boraceia.html).

3. Jururumberus uatuma n. sp. (Figures 7-13)

Type material: Holotype male: BRAZIL, Amazonas State: Reserva Biológica Uatumã, Waterfall camp, 31.i.-02.ii.2008, light trap, N. Hamada *et al. leg.* (INPA).

Etymology: The species is named after the type locality. The name is to be regarded as a noun in apposition.

Diagnostic characters: See diagnostic characters for *J. arapuca* n. sp.

3.1. Description

Male (n = 1). Total length 1.28 mm. Wing length 670 µm. Total length / wing length 1.90. Wing length / length of profemur 2.73.

Coloration. Head, pedicel and abdominal segments V-VIII brown; thorax brown with slightly darker brown vitae, median anepisternum, preepisternum, scutellum and postnotum; legs and antennal flagellum lighter brown; abdominal segments I-IV pale brown; wings translucent.

Head. Antennae with 12 flagellomeres; AR 0.27; ultimate flagellomere 97 µm long. Temporal setae 8 including 5 inner verticals, 2 outer verticals, and 1 postorbital. Clypeus with 6 setae. Tentorium 82 µm long, 14 µm wide. Stipes 55 µm long. Palp segment lengths / widths (in µm): 6 / 8, 18 / 14, 30 / 22, 28 / 13, 26 / 8. Third palpomere with about 6 sensilla clavata in subapical sensillum coeloconicum, about 11 µm long.

Thorax (Figure 8). Antepronotum with 2 setae. Dorsocentrals 6; prealars 3. Scutellum with 4 setae.

Wing (Figure 7). VR 1.47. Costal extension 135 µm long. Brachiolum with 1 seta, remaining veins and cells bare. Squama bare.

Legs (Figures 9-11). Spur of fore tibia 19 µm long, spurs of mid tibia 12 µm and 11 µm long, spurs of hind tibia 36 µm and 14 µm long. Width at apex of fore tibia 18 µm, of mid tibia 21 µm, of hind tibia 26 µm. Comb with 9 setae, longest 28 µm long; shortest 18 µm long. Lengths and proportions of legs as in Table 2.

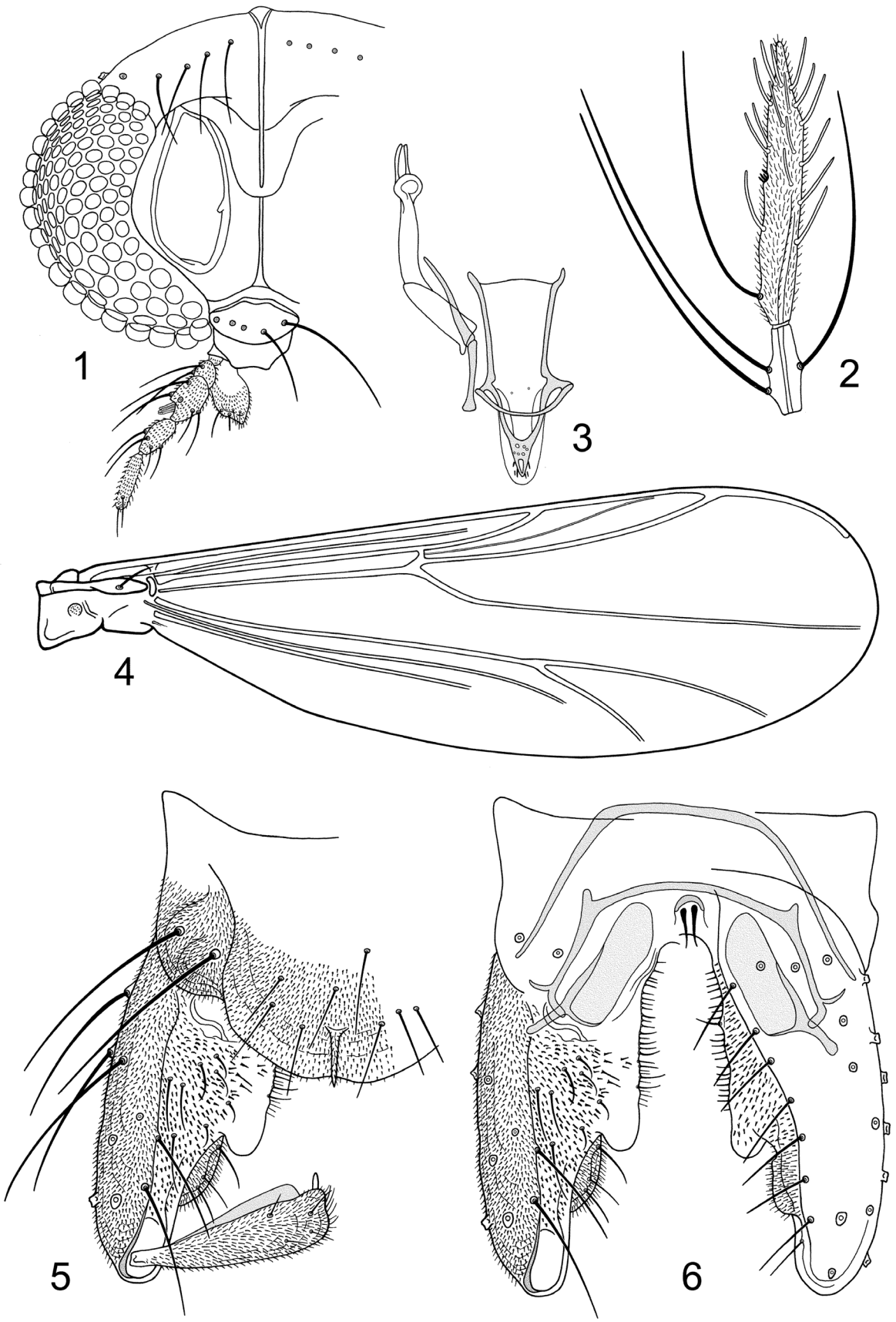
Abdomen. Strong setae on tergites I-VIII as: 0, 0, 0, 1, 5, 7, 4, 5. Strong setae on sternites I-VIII as: 0, 0, 0, 0, 1, 2, 3, 7.

Table 1. Lengths (in µm) and proportions of legs of *Jururumberus arapuca* n. gen., n. sp., male (n = 2-3).

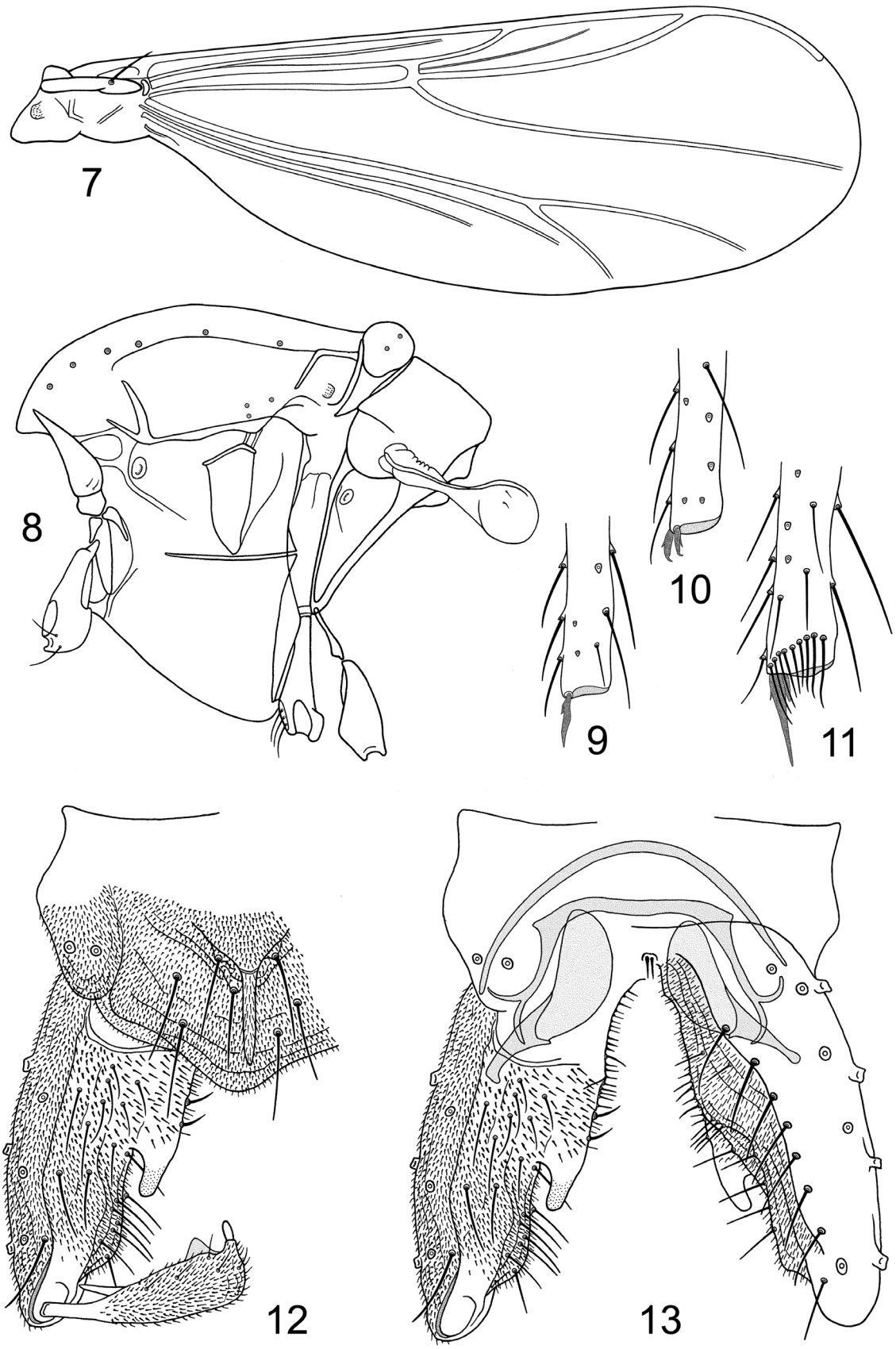
	fe	ti	ta_1	ta_2	ta_3	ta_4
p_1	292-296	328-336	200-204	84-88	56-60	36-40
p_2	356-360	332-340	148-160	60-68	44-48	31-33
p_3	320-324	332-340	192-208	80-84	96-100	35-37
	ta_5	LR	BV	SV	BR	
p_1	29-34	0.61-0.62	3.80-4.02	3.06-3.10	2.66-3.12	
p_2	27-29	0.44-0.47	4.24-5.04	4.35-4.70	2.44-3.44	
p_3	31-33	0.57-0.61	3.46-3.47	3.19-3.40	3.20-3.40	

Table 2. Lengths (in µm) and proportions of legs of *Jururumberus uatuma* n. gen., n. sp., male (n = 1).

	fe	ti	ta_1	ta_2	ta_3	ta_4	ta_5	LR	BV	SV	BR
p_1	240	276	160	56	44	28	24	0.58	4.45	3.23	2.6
p_2	296	280	120	48	40	24	20	0.43	5.27	4.80	2.2
p_3	272	284	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Figures 1-6. *Jururumberus arapuca* n. gen.; n. sp., male. 1) Head. 2) Ultimate flagellomeres of antenna. 3) Tentorium, stipes and cibarial pump. 4) Wing. 5) Hypopygium, dorsal view. 6) Hypopygium with anal point and tergite IX removed, dorsal aspect to the left and ventral aspect to the right.



Figures 7-13. *Jururumberus uatuma* n. gen.; n. sp., male. 7) Wing. 8) Thorax. 9) Apex of fore tibia. 10) Apex of mid tibia. 11) Apex of hind tibia. 12) Hypopygium, dorsal view. 13) Hypopygium with anal point and tergite IX removed, dorsal aspect to the left and ventral aspect to the right.

Hypopygium (Figures 12-13). Anal point covered with microtrichia, 22 µm long, 5 µm wide at base. Tergite IX with 7 setae including 3 sitting at base of anal point; laterosternite IX with 2 setae. Transverse sternapodeme 33 µm long. Phallapodeme 46 µm long. Virga of 2 weak spines, longest 5 µm long. Gonocoxite 104 µm long. Inferior volsella with 10 µm long, 6 µm wide, parallel-sided lobe projecting caudad. Gonostylus 43 µm long, with triangular subapical crista dorsalis, 7 µm wide, 5 µm high; megaseta 7 µm long. HR 2.42. HV 2.98.

3.2. Distribution and habitat

This species is known only from the holotype collected close to a waterfall in a federal nature reserve located in Presidente Figueiredo (REBIO Uatumã), Amazonas State, in the Amazon forest. The reserve was created in 1990 and comprises and area of 9500 hectares and has on its preservation list the Amazonian manatee, *Trichechus inunguis* (Natterer, 1883) and the freshwater sponge *Anheteromeyenia ornata* (Bonetto *et* Ezcurra de Drago,1970). This freshwater sponge is protected only in this nature reserve and deserves special attention.

Acknowledgements

We are indebted to Dr. Claudio Gilberto Froehlich, FFCLRP/USP for arranging the expedition to the type locality of *Jururumberus arapuca* gen. n., n. sp. and Dr. Neusa Hamada, INPA, for the material of *J. uatuma* n. sp. Gladys Ramirez made the slide preparations. The study was partially funded by FAPESP (11/50162-1), partially by the University Museum of Bergen.

References

ANDERSEN, T. & MENDES, H.F. 2007. Five enigmatic new orthoclad genera from Brazil (Diptera: Chironomidae, Orthocladiinae). In Contributions to the Systematics and Ecology of Aquatic Diptera – A tribute to Ole A. Sæther. (T. Andersen, ed.). The Caddis Press, Columbus, p.17-52.

CRANSTON, P.S., OLIVER, D.R. & SÆTHER, O.A. 1989. The adult males of Orthocladiinae (Diptera: Chironomidae) of the Holarctic region. Keys and diagnoses. In Chironomidae of the Holarctic region. Keys and diagnoses. Part 3. Adult males (T. Wiederholm, ed.). Ent. scand., Suppl. 34:165-352.

MENDES, H.F. & PINHO, L.C. 2011. Brazilian chironomid home page. http://sites.google.com/site/brazilianchironomids/ (último acesso em 12/06/2013)

MENDES, H. F., ANDERSEN, T. & PINHO, L.C. 2007. Taxonomic research on Brazilian Orthocladiinae (Diptera: Chironomidae) during the last decade. Entomol. Mex. 6:1173-1177.

MENDES, H.F., ANDERSEN, T. & SÆTHER, O.A. 2004. New species of *Ichthyocladius* Fittkau, a member of the *Corynoneura*-group (Diptera: Chironomidae: Orthocladiinae), with a review of the genus. Stud. Neotrop. Fauna Environ. 39:15-35. http://dx.doi.org/10.1080/01650520412331270936

SÆTHER, O.A. 1969. Some Nearctic Podonominae, Diamesinae and Orthocladiinae (Diptera: Chironomidae). Bull. Fish. Res. Board Canada 107:1-154.

SÆTHER, O.A. 1980. Glossary of Chironomid morphology terminology (Diptera: Chironomidae). Ent. Scand., Suppl. 14:1-51.

SPIES, M. & REISS, F. 1996. Catalog and bibliography of neotropical and Mexican Chironomidae (Insecta, Diptera). Spixiana, Suppl. 22:61-119.

SPIES, M., ANDERSEN, T., EPLER, J.H. & WATSON JUNIOR, C.N. 2009. Chironomidae (Non-biting midges). In Manual of Central American Diptera (B.V. Brown, A. Borkent, J.M. Cumming, D.M. Wood, N.E. Woodley & M.A. Zumbado, eds.). NRC Research Press, Ottawa, p.437-480.

Received 06/12/2012
Revised 09/12/2013
Accepted 10/25/2013

Herpetofauna do Parque Natural Municipal de Sertão, Rio Grande do Sul, Brasil

Noeli Zanella[1,4], Almir de Paula[2], Samara Arsego Guaragni[3] & Leonardo de Souza Machado[1]

[1]Instituto de Ciências biológicas, Universidade de Passo Fundo – UPF,
CP 611/631, CEP 99001-970, Passo Fundo, RS, Brasil
[2]Laboratório de Herpetologia, Departamento de Zoologia, Instituto de Biologia,
Universidade de Brasília – UnB, Campus Darcy Ribeiro, CEP 70910-900, Brasília, DF, Brasil
[3]Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências,
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 9.500,
Agronomia, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil
[4]Autor para correspondência: Noeli Zanella, e-mail: zanella@upf.br

ZANELLA, N., PAULA, A., GUARAGNI, S.A. & MACHADO, L.S. **Herpetofauna of the Parque Natural Municipal de Sertão, Rio Grande do Sul, Brazil**. Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/en/abstract?inventory+bn03113042013

Abstract: The northern part of the state of Rio Grande do Sul was extensively deforested in recent decades, and only isolated fragments of the original vegetation remain. The Parque Natural Municipal de Sertão comprises a remnant of Atlantic Rain Forest, one of the largest fragments in northern Rio Grande do Sul. This study examined the diversity of the herpetofauna, focusing on environmental distribution, seasonality and species richness. We used complementary methods of sampling such as pitfall traps, active search and occasional encounters. We recorded 23 species of frogs, nine snakes and one lizard. With respect to the relationship between amphibians and reptiles and the structural and abiotic factors of the environment, the edge of the fragment showed higher richness and increased dominance of amphibians and reptiles than the interior. The highest amphibian abundances were found when the minimum temperatures were higher and maximum temperatures were lower. The abundance of snakes was correlated with humidity, and species richness was influenced by humidity and monthly average temperature. Our results reinforce the importance of the conservation of forested areas to the maintenance of the species
Keywords: *anuran, community, conservation, reptile, faunistic inventory, diversty.*

ZANELLA, N., PAULA, A., GUARAGNI, S.A. & MACHADO, L.S. **Herpetofauna do Parque Natural Municipal de Sertão, Rio Grande do Sul, Brasil**. Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/pt/abstract?inventory+bn03113042013

Resumo: O norte do Rio Grande do Sul foi extensivamente desflorestado durante as últimas décadas e restaram somente fragmentos isolados das áreas originais. O Parque Natural Municipal de Sertão compreende um remanescente de Mata Atlântica, um dos maiores fragmentos do norte do Rio Grande do Sul. O objetivo deste estudo foi conhecer a diversidade da herpetofauna, enfocando aspectos da distribuição no ambiente, sazonalidade e riqueza de espécies. Utilizamos métodos complementares como armadilhas de interceptação e queda, procura ativa e encontros ocasionais. Registramos 23 espécies de anfíbios anuros, nove de serpentes e uma de lagarto. Encontramos relação entre os anfíbios e répteis e os fatores estruturais e abióticos do ambiente, onde a borda do fragmento apresentou maior riqueza e maior dominância de anfíbios e répteis que o interior do fragmento. As maiores abundâncias de anfíbios foram encontradas quando as temperaturas mínimas eram maiores e temperaturas máximas menores. A abundância de serpentes foi correlacionada com a umidade e a riqueza foi influenciada pela umidade e temperatura média mensal. Nossos resultados reforçam a importância da conservação de áreas florestadas para a manutenção das espécies.
Palavras chaves: *anuros, comunidades, conservação, répteis, inventário faunístico, diversidade.*

Introdução

A Mata Atlântica é um dos 34 *hotspots* mundiais de biodiversidade, abrigando mais de 8.000 espécies endêmicas (Myers et al. 2000, Mittermeier et al. 2004). O processo de fragmentação da Mata Atlântica, incluindo a Floresta Ombrófila Mista, originou a fragmentação progressiva de remanescentes de florestas naturais em pequenas manchas, isoladas por plantações ou pelo desenvolvimento industrial ou urbano. Dentre as consequências mais severas deste processo estão a alteração da riqueza e composição das espécies (Mähler Junior & Larocca 2009).

O Brasil é o país com a maior diversidade de anfíbios do planeta, com cerca de 946 espécies (Segalla et al. 2012) e o terceiro maior em riqueza de répteis, com aproximadamente 732 espécies (Bérnils & Costa 2011). Entretanto, foram registradas aproximadamente 94 espécies de anfíbios e 79 de serpentes para o Rio Grande do Sul (Universidade... 2010), sendo importante a ampliação do conhecimento do grupo.

Devido às suas características físicas e fisiológicas, anfíbios e répteis são organismos sensíveis à alterações nos hábitats e estudos de distribuição espacial e temporal das espécies tem revelado que fatores bióticos e abióticos exercem influência sobre o grupo, contribuindo para a estruturação das comunidades (Toledo et al. 2003, Moreira et al. 2008, Santos et al. 2008, Narvaes et al. 2009, Bertoluci et al. 2009, Armstrong & Conte 2010, Vasconcelos et al. 2010, Lucas & Marocco 2011, Silva et al. 2011). Embora estudos recentes de ecologia estejam contribuindo para o conhecimento dos anfíbios do Rio Grande do Sul (Both et al. 2008, Maltchik et al. 2008, Moreira et al. 2008, Santos et al. 2008), muitos aspectos permanecem com poucas informações. No norte do Rio Grande do Sul os estudos de herpetofauna em remanescentes florestais são escassos (Zanella & Cechin 2006), e por esse motivo, ampliar estudos são de extrema importância para o conhecimento da diversidade e conservação das espécies da região.

Este estudo tem por objetivo fornecer uma lista de espécies de anfíbios e répteis da região norte do Rio Grande do Sul, verificando a influência de variáveis climáticas sobre a riqueza e abundância das espécies, utilizando metodologias associadas.

Material e Métodos

1. Área de estudo

O Parque Natural Municipal de Sertão (PNMS) (28° 02' 31" S e 52° 13' 28" W), localizado no Município de Sertão, norte do estado do Rio Grande do Sul (RS), configura-se como um remanescente de Mata Atlântica (Figura 1). Possui aproximadamente 500 ha, com florestas de transição entre os pinhais dos Campos de Cima da Serra e as florestas da bacia do Uruguai. Apresenta uma vegetação mista denominada Floresta Ombrófila Mista (Quadros & Pillar 2002), contendo em seus estratos inferiores vegetação característica do Planalto e da bacia do Alto Uruguai. A região possui um gradiente de altitude que varia entre 630 a 740 m e um clima definido como subtropical úmido, com a temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C e temperaturas mínimas com média de 13,2ºC. As chuvas são bem distribuídas, com média de 1.787,8 mm por ano. A umidade do ar média é de 72% (Embrapa 2011).

Atividades econômicas têm causado a fragmentação da Floresta Ombrófila Mista, que na maioria das vezes, é substituída por pastagens, monocultivos e plantios homogêneos de espécies arbóreas exóticas (Mähler Junior & Larocca 2009). Esse processo de substituição da vegetação natural por cultivo de monoculturas tem sido observado no entorno do Parque e tem contribuído para a rápida degradação da área de estudo.

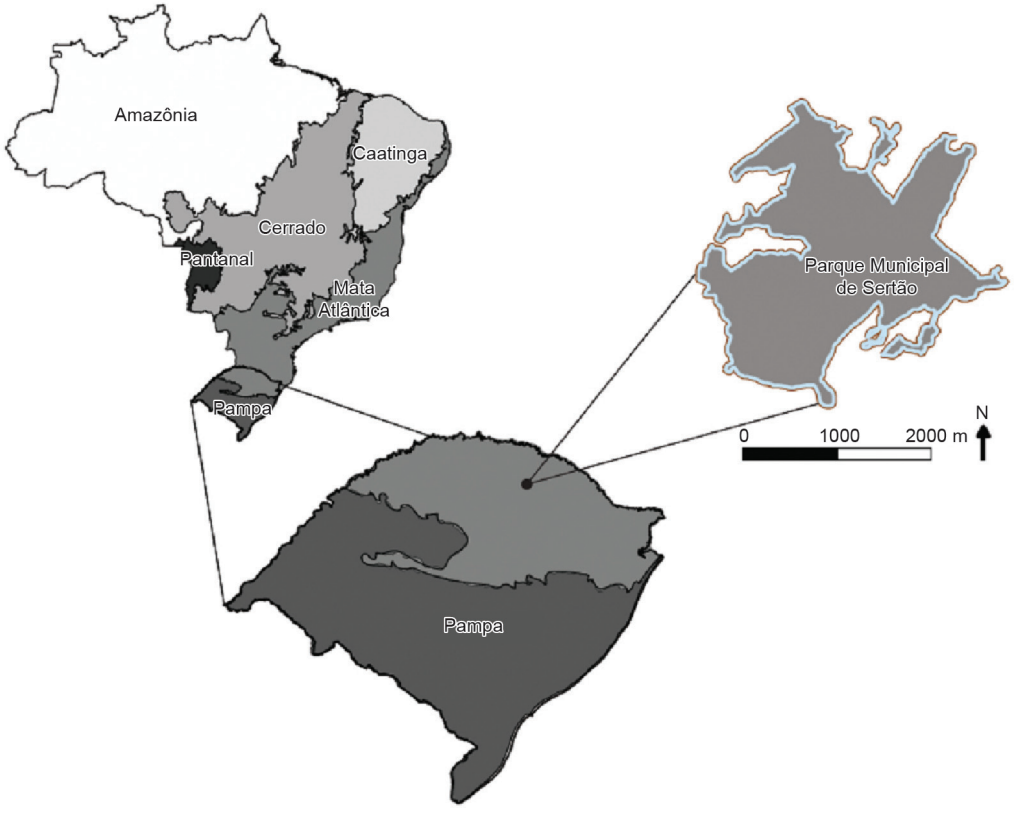


Figura 1. Localização da área de estudo, município de Sertão, Rio Grande do Sul, Brasil.

Figure 1. Location of the study area, municipality of Sertão, Rio Grande do Sul, Brazil.

2. *Amostragem da herpetofauna*

Amostramos os anfíbios e répteis entre maio de 2008 a abril de 2010 de forma sistematizada e até janeiro de 2011 com procura adicional. Utilizamos três métodos de amostragens: (1) Armadilhas de interceptação e queda (Cechin & Martins 2000) (AIQ), instaladas em quatro parcelas diferentes na área. Cada uma das parcelas era composta de oito recipientes com capacidade para 150 L, totalizando 32 recipientes enterrados, que foram dispostos em linha reta dentro da mata, com uma distância de 10 m entre si. Duas séries de armadilhas foram instaladas em área de borda de mata e duas em interior do fragmento, transpassadas por uma tela de aproximadamente 1 m de altura. As armadilhas permaneceram abertas por 24 meses (720 dias e 17.280 h) e revisadas duas a três vezes por semana. Exemplares testemunho foram coletados e depositados nas Coleções de Anfíbios e Répteis da Universidade de Passo Fundo. (2) Na procura ativa (PA), percorremos trilhas em ambientes naturais, no interior de mata, em banhados e áreas do entorno do fragmento, inspecionando tocas, troncos e pedras durante o dia e a noite e também realizamos a escuta de vocalizações para anfíbios. A equipe era composta de uma a cinco pessoas, totalizando 561 horas/observador. (3) Encontros ocasionais e equipe (EO/EE), que consistiu no encontro de anfíbios e répteis por moradores próximos ao fragmento florestal, que receberam um recipiente com formol 10% para acomodar o material coletado, e os encontros pela equipe durante o deslocamento pela mata ou áreas de entorno, quando não faziam parte de PA.

3. *Análise de dados*

Para analisar a riqueza das espécies coletadas nas armadilhas de queda, utilizamos os estimadores não-paramétricos *Bootstrap* e *Jacknife* de primeira ordem e curvas de rarefação de espécies (Colwell & Coddington 1994), com 1000 aleatorizações. Para isso, cada mês foi considerado uma unidade amostral, resultando em 24 amostras para anfíbios e répteis.

Analisamos a dominância das espécies entre os ambientes amostrados, considerando a borda (L1 e L4) e o interior do fragmento (L2 e L3), utilizando o Índice de Berger-Parker (Magurran 1988). Este índice considera a maior proporção da espécie com maior número de indivíduos. Foi utilizado o teste *t* para verificar se havia diferença na abundância de espécies entre os dois ambientes. Também utilizamos o índice de equitabilidade Hill (modificado) que se refere à distribuição da abundância das espécies em uma amostra com a finalidade de averiguar se são igualmente abundantes. Verificamos a influência das variáveis climáticas (temperaturas máxima, média e mínima mensais, pluviosidade média mensal e umidade média mensal) sobre a riqueza e abundância dos anfíbios e répteis coletados apenas nas armadilhas de queda. Para isso, realizamos uma análise de autocovariância para confirmar a independência de nossas amostragens mensais. Padronizamos as variáveis quantitativas temporais para testar a associação entre as variáveis climáticas e a riqueza e abundância de anfíbios e répteis e realizamos uma regressão múltipla por passos, com seleção manual de modelos, contendo apenas a interseção, e então verificamos se novas variáveis poderiam ser incluídas e, posteriormente, excluídas do modelo, sem perda de informação, através do teste do qui-quadrado (Tabachnick & Fidell 2007). Todas as análises foram realizadas no programa R (R Development Core Team 2011), com o nível de significância de 5%.

As variáveis climáticas foram obtidas da base de dados da Embrapa Trigo de Passo Fundo (http://www.cnpt.embrapa.br).

Resultados

Registramos 23 espécies de anuros no Parque Natural Municipal de Sertão, distribuídas em sete famílias: Brachycephalidae (n=1), Bufonidae (n=3), Cycloramphidae (n=2), Hylidae (n=8), Leiuperidae (n=4), Leptodactylidae (n=4) e Microhylidae (n=1) (Tabela 1). Armadilhas de interceptação e queda capturaram 82,6% (n=19) do total de espécies da área de estudo, procura ativa amostrou 65,2%

Tabela 1. Riqueza de espécies de anuros, metodologia aplicada e área de amostragem das espécies no Parque Natural Municipal de Sertão, no período de maio de 2008 a abril de 2010.

Table 1. Anuran species richness, applied methodology and sampling area in the Parque Natural Municipal de Sertão, from May 2008 through April 2010.

Família	Espécie	Metodologia	Interior	Borda
Brachycephalidae	*Ischnocnema henselii* (Peters, 1872)	AIQ/EO	x	x
Bufonidae	*Melanophyniscus devincenzii* Klappenbach, 1968	AIQ/EO/PA	x	x
	Rhinella henseli (A. Lutz, 1934)	AIQ	x	x
	Rhinella icterica (Spix, 1824)	AIQ/PA	x	x
Cycloramphidae	*Odontophrynus americanus* (Duméril & Bibron, 1841)	AIQ	x	x
	Proceratophrys bigibbosa (Peters, 1872)	AIQ/PA	x	x
Hylidae	*Aplastodiscus perviridis* A. Lutz, 1950	AIQ/PA	x	x
	Dendropsophus minutus (Peters, 1872)	PA		x
	Hypsiboas curupi Garcia, Faivovichi & Haddad, 2007	AIQ/PA	x	x
	Hypsiboas faber (Wied-Neuwied, 1821)	AIQ/PA	x	x
	Hypsiboas pulchellus (Duméril & Bibron, 1841)	PA		x
	Scinax aromothyella Faivovich, 2005	AIQ		x
	Scinax fuscovarius (A. Lutz, 1925)	AIQ/PA	x	x
	Scinax squalirostris (A. Lutz, 1925)	PLT		x
Leiuperidae	*Physalaemus biligonigerus* (Cope, 1861)	AIQ		x
	Physalaemus cuvieri Fitzinger, 1826	AIQ/PA	x	x
	Physalaemus gracilis (Boulenger, 1883)	AIQ/PA	x	x
	Physalaemus lisei Braun & Braun, 1977	AIQ		x
Leptodactylidae	*Leptodactylus fuscus* (Schneider, 1799)	PA		x
	Leptodactylus latrans (Steffen, 1815)	AIQ/PA		x
	Leptodactylus mystacinus (Burmeister, 1861)	AIQ	x	x
	Leptodactylus plaumanni Ahl, 1936	AIQ/PA	x	x
Microhylidae	*Elachistocleis bicolor* (Guérin-Menéville, 1838)	AIQ/PA	x	x

Método de amostragem: PA = procura ativa, EO = encontro ocasional, AIQ = armadilha de interceptação e queda.
Sampling method: PA = active search, EO = occasional encounter, AIQ = pitfall traps.

Tabela 2. Riqueza de répteis, metodologia aplicada e área de amostragem das espécies no Parque Natural Municipal de Sertão, no período de maio de 2008 a abril de 2010.

Table 2. Reptile species richness, applied methodology and sampling area in the Parque Natural Municipal de Sertão from May 2008 through April 2010.

Família	Espécie	Tipo de registro	Interior	Borda
Dipsadidae	*Atractus paraguayensis* Werner, 1924	AIQ	x	x
	Echinanthera cyanopleura (Cope, 1885)	AIQ	x	x
	Oxyrhopus clathratus Duméril, Bibron & Duméril, 1854	AIQ/PA	x	x
	Philodryas aestiva (Duméril, Bibron & Duméril, 1854)	EO		x
	Taeniophallus affinis (Günther, 1858)	AIQ		x
	Tomodon dorsatus Duméril, Bibron & Duméril, 1854	AIQ/PA	x	x
	Xenodon merremii (Wagler, 1824)	EO		x
Viperidae	*Bothrops cotiara* (Gomes, 1913)	AIQ	x	
	B. jararaca (Wied, 1824)	AIQ/PA	x	x
Teiidae	*Salvator merianae* Duméril & Bibron, 1839	EO	x	x

Método de amostragem: PA = procura ativa, EO = encontro ocasional, AIQ = armadilha de interceptação e queda.

Sampling method: PA = active search, EO = occasional encounter, AIQ = pitfall traps.

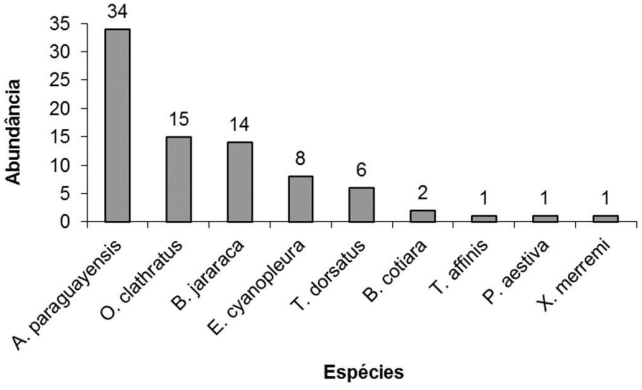


Figura 2. Abundância de serpentes utilizando todos os métodos no Parque Natural Municipal de Sertão, no período de maio de 2008 a abril de 2010.

Figure 2. Abundance of snakes in the Parque Natural Municipal de Sertão from May 2008 through April 2010, using all methods.

(n=15) e os encontros ocasionais amostraram 8,9% (n=2). Seis espécies foram exclusivas das armadilhas de queda (26%) e três de procura ativa (13%) (Tabela 1). Para répteis, registramos 10 espécies, sendo nove serpentes pertencentes a duas famílias: Colubridae (n=7) e Viperidae (n=2) e uma espécie de lagarto (Teiidae) (Figura 2, Tabela 2). Cerca de 70% (n=7) das espécies foram coletadas utilizando armadilhas de interceptação e queda. Amostramos três espécies de serpentes (*Bothrops jararaca*, *Oxyrhopus clathratus* e *Tomodon dorsatus*) utilizando procura ativa, as quais também foram encontradas em armadilhas de interceptação e queda e *Philodryas aestiva*, *Xenodon merremii* e *Salvator merianae* foram registradas somente em encontros ocasionais. *Atractus paraguayensis*, *B. cotiara, Echinanthera cyanopleura* e *Taeniophallus affinis* foram amostradas exclusivamente com armadilhas de interceptação e queda.

A borda do fragmento apresentou maior riqueza (n=19) e maior dominância de anfíbios (D_{bp}=0.44) (Figura 3A) que o interior do fragmento (n=16; D_{bp}=0.33) (Figura 3B). *Physalaemus gracilis* foi dominante nas duas áreas, representando 44,3% dos registros para a borda e 32,9% para o interior. Para répteis também ocorreram variações entre as áreas e espécies dominantes, sendo que a borda do fragmento apresentou maior riqueza (n=7) e maior dominância (D_{bp}=0.54) que o interior do fragmento (n=6; D_{bp}=0.31). A espécie dominante nos dois ambientes foi *Atractus paraguayensis*, representando 53,8% dos registros na borda e 31,2% no interior. A equitabilidade de anfíbios variou na borda (E_H=2,51) e no centro (E_H=3,15) assim como das serpentes (borda: E_H=2,53; centro=4,06).

As curvas de rarefação da riqueza para anfíbios, utilizando armadilhas de interceptação e queda, não estabilizaram (*Bootstrap*=20.53±0,75; *Jacknife* 1=22.83±2,99) (Figura 4A). Para répteis, utilizando armadilhas, as curvas de rarefação de riqueza, tenderam à estabilização (*Bootstrap* =9,86±0,35; *Jacknife* 1=10,92±1,33), indicando que utilizando essas metodologias, ainda poderiam ser coletadas mais espécies na área de estudo (Figura 4B).

O melhor modelo selecionado por passos para a abundância de anfíbios (F=4,85; df=21; r^2=0,32; P=0,02), revelou que existe influência positiva da temperatura mínima mensal e negativa da temperatura máxima mensal (Tabela 3). Isso indica que maiores abundâncias de anfíbios foram encontradas em meses de maiores temperaturas mínimas e menores temperaturas máximas. Já para a riqueza de anfíbios, não houveram variáveis climáticas selecionadas no modelo testado. A abundância de serpentes foi negativamente relacionada com a variável umidade relativa do ar (F=4,14; df=22; r^2=0,16; P=0,05), o que revela que foram amostradas mais serpentes em meses com menor umidade relativa do ar. Para a riqueza de serpentes a umidade relativa do ar influenciou negativamente e a temperatura média mensal positivamente (F=11,18; df=21; r^2=0,52; P<0,001; Tabela 3), o que indica que os meses com menor umidade relativa do ar e maior temperatura foram os que apresentaram maior riqueza de serpentes no Parque Natural Municipal de Sertão.

Discussão

A riqueza de anfíbios encontrada no Parque Natural Municipal de Sertão é compatível com as espécies ocorrente na Floresta Ombrófila Mista. Em estudo realizado em um remanescente em Santa Catarina, 47,2% da anurofauna nativa foi semelhante, indicando que a riqueza se aproxima de outros remanescentes deste tipo de floresta no sul do Brasil (Lucas & Marocco 2011). A predominância da família Hylidae sobre as demais é um padrão comum na região neotropical, tanto em formações abertas como em ambientes florestais (Duellman 1999), como já verificado em diversas comunidades de anuros (Pombal Junior & Gordo 2004, Ávila-Ferreira & Ferreira 2004, Vasconcelos & Rossa-Feres 2005, Conte & Rossa-Feres 2006, Bertoluci et al. 2007, Santos et al. 2008, Lucas & Fortes 2008, Bertoluci et al. 2009, Narvaes et al. 2009, Lucas & Marocco 2011). A ausência de outras espécies que poderiam ocorrer em floresta de araucária pode ter sido influenciada pelo tipo de amostragem que, basicamente neste estudo, foi por armadilhas de interceptação e queda, que não

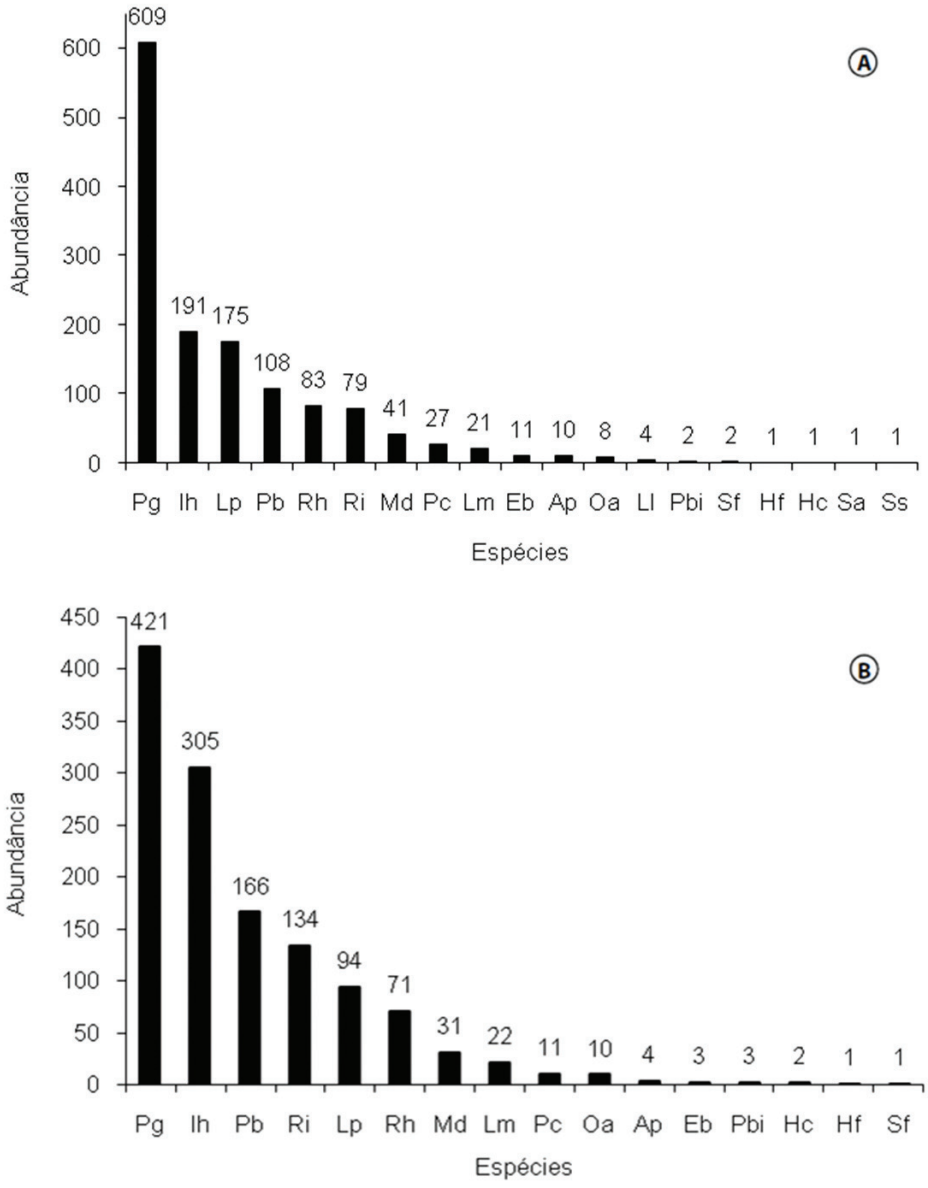


Figura 3. Abundância de anfíbios entre maio de 2008 a abril de 2010 no Parque Natural Municipal de Sertão, RS, em dois ambientes: A) borda; B) interior. Acima de cada coluna é indicado o número total de indivíduos por espécie. Legenda: Ap = *A. perviridis*; Eb = *E. bicolor*; Hf = *H. faber*; Hc = *H.curupi*; Ih = *I. henselli*; Ll = *L.latrans*; Lm = *L. mystacinus*; Lp = *L. plaumanni*; Md = *M. devincenzii*; Oa = *O. americanus*; Pb = *P. bigibbosa*; Pbi = *P. biligonigerus*; Pc = *P. cuvieri*; Rh = *R. henseli*; Ri = *R. icterica*; Sf = *S. fuscovarius*; Sa = *S. aromothyella*; Ss = *S. squalirostris*.

Figure 3. Abundance of frogs in pitfall traps from May 2008 through April 2010 in the Parque Natural Municipal de Sertão, RS, in two environments: A) border; B) interior. The number of individual each species is indicated above the bars. Legend: Ap = *A. perviridis*; Eb = *E. bicolor*; Hf = *H. faber*; Hc = *H.curupi*; Ih = *I. henselli*; Ll = *L. latrans*; Lm = *L. mystacinus*; Lp =*L. plaumanni*; Md = *M. devincenzii*; Oa = *O. americanus*; Pb = *P. bigibbosa*; Pbi = *P. biligonigerus*; Pc = *P. cuvieri*; Rh = *R. henseli*; Ri = *R. icterica*; Sf = *S. fuscovarius*; Sa = *S. aromothyella*; Ss = *S. squalirostris*.

Tabela 3. Regressão múltipla entre abundância e riqueza de anfíbios e serpentes e as variáveis climáticas no Parque Natural Municipal de Sertão, no período de maio de 2008 a abril de 2010.

Table 3. Multiple regression between abundance and richness of amphibians and snakes and climatic variables in the Parque Natural Municipal de Sertão from May 2008 through April 2010.

	Variáveis Climáticas	Coeficientes	AIC	P
Abundância de anfíbios	Temperatura mínima	177,89	215,61	0,01
	Temperatura máxima	–151,99	213,76	0,02
Abundância de serpentes	Umidade relativa do ar	–1,42	62,05	0,05
Riqueza de serpentes	Umidade relativa do ar	–0,77	17,90	< 0,01
	Temperatura média	0,73	17,14	< 0,01

AIC = Critério de Informação de Akaike.

AIC = Akaike Information Criterion.

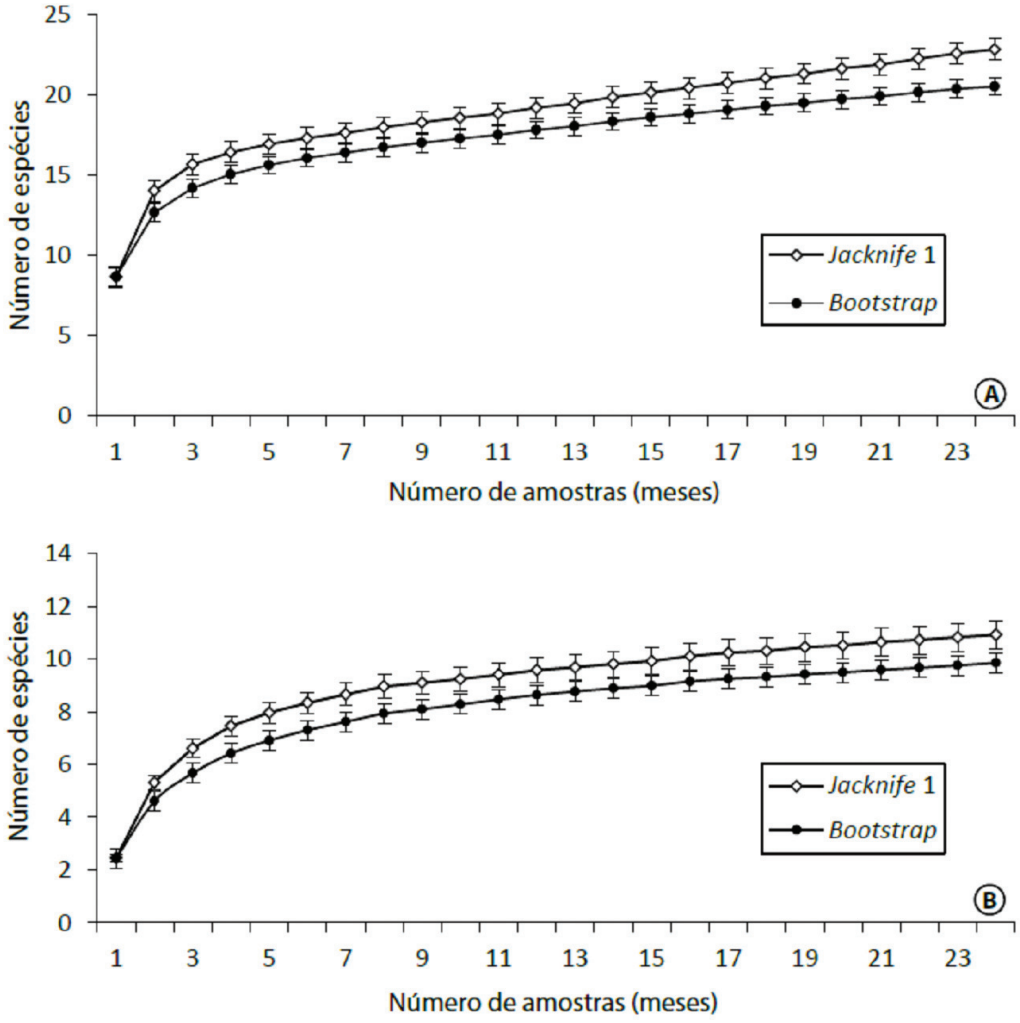


Figura 4. Curvas de rarefação para anfíbios (A) e répteis (B) geradas pelos estimadores *Bootstrap* e *Jacknife* em armadilhas de queda (*pitfalls*) no Parque Natural Municipal de Sertão, no período de maio de 2008 a abril de 2010.

Figure 4. Rarefaction curves for amphibians (A) and reptiles (B) generated by the *Bootstrap* estimators and *Jacknife* in pitfall traps in the Parque Natural Municipal de Sertão from May 2008 through April 2010.

contempla espécies arborícolas. Mesmo assim, foram amostradas cinco espécies de hilídeos (*Aplastodiscus perviridis*, *Hypsiboas faber*, *H. curupi*, *Scinax aromothyella* e *S. fuscovarius*). A presença dessas espécies nas armadilhas pode ter sido acidental, pois pode ter acontecido em períodos de chuva mais intensa o que ocasionaria a sua queda. A maioria das espécies está associada a ambientes florestados e quase todas as espécies já eram conhecidas para a região norte do estado do RS (Grando et al. 2004, Zanella et al. 2007a, b, Zanella & Busin 2007), exceto *H. curupi* (Zanella et al. 2012) que constituí um novo registro para esta região do estado. Entretanto, a riqueza deste fragmento pode estar subestimada, pois não foram empreendidas muitas horas de busca ativa à noite, o que certamente elevaria o numero de espécies encontradas.

As espécies de répteis encontradas são típicas de áreas florestadas e abertas da Mata Atlântica. *Salvator merianae* foi encontrado tanto na área aberta como dentro do fragmento, pois apresenta grande capacidade de deslocamento entre os vários tipos de ambientes (Dixo & Verdade 2006, Hartmann & Giasson 2008). *Bothrops cotiara,* espécie associada a matas de araucária, que consta na lista das espécies ameaçadas do Rio Grande do Sul na categoria vulnerável (Di-Bernardo et al. 2003), foi encontrada somente nas armadilhas do interior do fragmento. Outro fator a ser analisado é a baixa semelhança entre o PNMS e outro estudo em Passo Fundo, distante 30 km. O fragmento de Sertão, por ser maior que o de Passo Fundo, apresenta um número maior de espécies associadas à floresta. Estas diferenças provavelmente são consequência de fatores como o tamanho do fragmento, das alterações da estrutura da vegetação no interior da floresta, além das modificações causadas pela inserção de monoculturas no entorno do Parque. Apesar de não ter sido avaliado este parâmetro, o parque sofreu, nas últimas décadas, extração de madeira o que pode ter alterado a sua composição. Piroli & Chaffe (2003) observaram, neste fragmento, a distribuição irregular das espécies florestais. Pontes et al. (2009) sugerem que a ausência de microhábitats potenciais para uso das espécies de serpentes em áreas florestadas para a termorregulação, forrageamento, abrigo e sítios de ovoposição, reduzem a riqueza e abundância de serpentes. A diferença na composição dessas comunidades pode ser um indício de que as alterações ambientais interferem na distribuição das espécies. Entretanto, outros fatores podem influenciar a riqueza encontrada na área, como o esforço de amostragem e os métodos

utilizados. Em áreas florestais maduras e pouco perturbadas a fauna atinge um equilíbrio no número de espécies e nas relações entre riqueza e abundância (Scott 1976) e a equitabilidade é uma medida do grau de homogeneidade de distribuição da abundância de espécies em comunidades (Silva et al. 2011). Dixo & Verdade (2006) verificaram que a composição da taxocenose de anuros de serrapilheira na Mata Atlântica do estado de São Paulo, entre as áreas de vegetação secundária e madura foi significativa, podendo estar associada a fatores biológicos das espécies e também ao estado de conservação das áreas estudadas. Moraes et al. (2007) observaram em dois ambientes de Mata Atlântica que a dominância de anfíbios observada na área preservada foi menor que na área alterada. A área de estudo apresenta menor equitabilidade de anfíbios na borda, seguindo o padrão encontrado por Cicchi et al. (2009) no sudeste do Brasil, onde as três espécies dominantes de anfíbios anuros representaram mais da metade (55,5%) da amostragem e duas espécies de répteis representaram 56,4% do número de indivíduos coletados. Os dados encontrados, neste estudo, podem estar relacionados à interferência nos ambientes da borda, alterando suas características originais, e que suportam a ocorrência de espécies de áreas abertas e florestais. A maior homogeneidade com menores distúrbios antrópicos no interior do fragmento pode estar propiciando a menor dominância e maior equitabilidade das espécies florestais.

A espécie mais abundante de anuro, registrada em armadilhas de queda em ambos os ambientes foi *Physalaemus gracilis*. Esta espécie é conhecida por ser tolerante a alterações antrópicas (Vasconcelos et al. 2010) e ocorrer em áreas abertas (Kwet et al. 2010) ou áreas perturbadas. A presença desta espécie nos dois ambientes mostra a plasticidade ambiental existente em algumas espécies e, no interior do fragmento, onde a sua dominância foi menor, mostra um maior equilíbrio das espécies em ambientes com menor interferência antrópica. Em relação às serpentes, a espécie mais abundante na borda foi *Atractus paraguayensis*, indicando a sua preferência por áreas abertas (Hartmann & Giasson 2008).

Armadilhas de queda foram mais efetivas na amostragem da riqueza de espécies de serrapilheira quando comparadas aos outros métodos, mesmo quando os dados mostram as coletas exclusivas por este método (29,2%). Estudos mostram a eficácia destes métodos, especialmente de serrapilheira (Dixo & Verdade 2006, Condez et al. 2009) e uma alta eficiência qualitativa das armadilhas de queda é geralmente registrada para anfíbios (Vasconcelos et al. 2010). Entretanto, inventários de herpetofauna devem abranger uma combinação de métodos para que se assegure um número maior de espécies (Condez et al. 2009). De fato, a curva de acumulação de espécies, neste estudo, não estabilizou e os estimadores de riqueza indicam que o número de espécies de anfíbios capturadas nas armadilhas de queda pode ser maior que o registrado. Por outro lado, os métodos utilizados foram pouco eficientes para amostrar os répteis, pois apresentaram baixa riqueza quando comparado a outros estudos já desenvolvidos no Rio Grande do Sul (Di-Bernardo et al. 2007) e somente *Taeniophallus affinis* constituiu um novo registro para a região (Paula et al. 2011). Estudos mostram que a densidade de répteis de áreas tropicais tem sido baixa quando comparado com anfíbios (Almeida-Gomes et al. 2008) e os nossos resultados concordam com esta tendência, pois o esforço nas armadilhas foi o mesmo para ambos os grupos. Répteis são menos abundantes e mais difíceis de serem amostrados que anfíbios (Araujo & Almeida-Santos 2011). Entretanto, a curva de rarefação tendeu à estabilização, indicando que quase todas as espécies foram amostradas e as estimativas de aumento da riqueza pelos estimadores, mesmo pequena, é corroborada por Zanella & Cechin (2006), que indicaram a presença de 14 espécies em área próxima. Entretanto, embora o esforço de amostragem tenha sido o mesmo para anfíbios e répteis não podemos deixar de levar em consideração que existem espécies que, por suas características biológicas, raramente são registradas, mesmo utilizando métodos complementares. Há, portanto, a necessidade de continuar os estudos na área para ampliar a amostragem da riqueza regional, principalmente de serpentes.

As maiores abundâncias de anfíbios foram encontradas quando as temperaturas mínimas eram maiores. As demais variáveis ambientais, com o modelo de regressão utilizado, não apresentaram associação com os anfíbios, indicando que as variáveis climatológicas, quando testadas em conjunto, explicaram muito pouco da riqueza e abundância das espécies. Na área de estudo não existe uma estação chuvosa definida, mas sazonalidade bem definida. Diversos estudos indicam que, em ambientes sazonais, a maioria das espécies tem atividade reprodutiva associada à estação chuvosa (Duellman 1978, Rossa-Feres & Jim 1994, Toledo et al. 2003, Conte & Rossa-Feres 2006, Moreira et al. 2008, Santos et al. 2008). Em um estudo, realizado na região central do RS, em área do Bioma Pampa, ocorreram correlações positivas fracas da riqueza de espécies com a precipitação mensal acumulada e a abundância com a temperatura média máxima, indicando que, naquela área, a temperatura parece atuar mais sobre a abundância de machos em atividade de vocalização e a precipitação sobre a riqueza (Santos et al. 2008). A ausência de associação, encontrada no presente estudo, pode indicar que quando as variáveis ambientais são analisados em conjunto, a temperatura parece atuar mais sobre a abundância de anfíbios que outros fatores abióticos.

A riqueza das serpentes foi influenciada pela temperatura, pois verificamos maior captura em estações mais quentes quando comparadas com épocas chuvosas. Variações na temperatura e pluviosidade exercem impacto sobre os padrões de atividade de serpentes (Gibbons & Semlitsch 1987, Lillywhite 1987, Di-Bernardo et al. 2007). Em Passo Fundo, RS, a abundância de serpentes foi relacionada à temperatura máxima e não à pluviosidade (Zanella & Cechin 2009), indicando que a temperatura pode ser importante por limitar a atividade das serpentes no período mais frio do ano (Di-Bernardo et al. 2007).

Nossos resultados mostram a importância de áreas florestadas para a preservação das espécies e destacam a importância de inventários faunísticos para o melhor conhecimento da herpetofauna contribuindo com informações que poderão subsidiar estudos de conservação de áreas degradadas.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Prefeitura Municipal de Sertão pela autorização para o desenvolvimento do trabalho no Parque. Ao Conselho de Pesquisa e Desenvolvimento (Cnpq) pelo auxílio financeiro. Ao Ibama/Sisbio pelas licenças concedidas (n. 14543-1/2009 e26826-1/2011). Agradecemos aos revisores anônimos pelas sugestões e leitura crítica do manuscrito. Ao Sr. Oldemar e D. Chica pelo uso da propriedade nos acampamentos da equipe e à comunidade do entorno do Parque.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA-GOMES, M., VRCIBRADIC, D., SIQUEIRA, C.C., KIEFER, M.C., KLAION, T., ALMEIDA-SANTOS, P., NASCIMENTO, D., ARIANI, CV., BORGES-JUNIOR, VNT., FREITAS-FILHO R.F., VAN SLUYS, M. & ROCHA, C.F.D. 2008. Herpetofauna of an Atlantic rainforest area (Morro São João) in Rio de Janeiro State, Brazil. Na. Acad. Bras. Cienc. 80(2):291-300.

ARAUJO, C.O. & ALMEIDA-SANTOS, S.M. 2011. Herpetofauna in a cerrado remnant in the state of São Paulo, Southeastern Brazil. Biota Neotrop. 11(3): http://www.biotaneotropica.org.br/v11n3/en/abstract ?article +bn00511032011

ARMSTRONG, C.G. & CONTE, C.E. 2010. Taxocenose de anuros (Amphibia:Anura) em uma área de Floresta Ombrófila Densa no Sul do Brasil. Biota Neotrop. 10(1): http://www.biotaneotropica.org.br/v10n1/en/abstract?article+bn00610012010

ÁVILA-FERREIRA, R.W. & FERREIRA, V.L. 2004. Riqueza e densidade de vocalizações de anuros (Amphibia) em uma área urbana de Corumbá, Mato Grosso do Sul, Brasil. Rev. Bras. Zool. 21(4):887-892. http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752004000400024

BÉRNILS, R.S. & H.C. COSTA (org.). 2011. Brazilian reptiles – List of species. http://www.sbherpetologia.org.br/. Sociedade Brasileira de Herpetologia (último acesso em 05/07/2012)

BERTOLUCI, J.A., BRASSALOTI, R.A., RIBEIRO JUNIOR, J.W., VILELA, V.M.F.N. & SAWAKUCHI, H.O. 2007. Species composition and similarities among anuran assemblages of four forest sites in southeastern Brazil. Sci. Agric. 64(4):364-374. http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162007000400007

BERTOLUCI, J., CANELAS., M.A.S, EISEMBERG, C.C., PALMUTI, C.F.S. & MONTINGELLI, G.G. 2009. Herpetofauna of Estação Ambiental de Peti, an Atlantic Rainforest fragment of Minas Gerais State, southeastern Brazil. Biota Neotrop. 9(1): http://www.biotaneotropica.org.br/v9n1/en/abstract?inventory+bn01409012009

BOTH, C., KAEFER, I.L., SANTOS, T.G. & CECHIN, S.T.Z., 2008. An austral anuran assemblage in the Neotropics: seasonal occurrence correlated with photoperiod. J. Nat. Hist. 42:205-222. http://dx.doi.org/10.1080/00222930701847923

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):729-740. http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752000000300017

CICCHI, P.J.P., SERAFIM, H., SENA, M.A., CENTENO, F.C. & JIM, J. 2009. Herpetofauna em uma área de Floresta Atlântica na Ilha Anchieta, município de Ubatuba, sudeste do Brasil. Biota Neotrop. 9(2): http://www.biotaneotropica.org.br/v9n2/en/abstract?inventory+bn01009022009

COLWELL, R.K. & CODDINGTON, J.A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. Phil. Trans. Royal Soc. London B, 345:101-118. PMid:7972351. http://dx.doi.org/10.1098/rstb.1994.0091

CONDEZ, T.H, SAWAYA, R.J. & DIXO, M., 2009. Herpetofauna of the Atlantic Forest remnants of Tapiraí and Piedade region, São Paulo state, southeastern Brazil. Biota Neotrop. 9(1): http://www.biotaneotropica.org.br/v9n1/en/abstract?inventory+bn01809012009

CONTE, C.E., ROSSA-FERES, C. 2006. Diversidade e ocorrência temporal da anurofauna (Amphibia, Anura) em São José dos Pinhais, Paraná, Brasil. Rev. Bras. Zool. 23(1):162-175. http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752006000100008

DI-BERNARDO, M., BORGES-MARTINS, M. & OLIVEIRA, R.B. 2003. Répteis. In Livro vermelho da fauna ameaçada de extinção no Rio Grande do Sul (C.S. Fontana, G.A. Bencke, & R.E. Reis, eds). EDIPUCRS, Porto Alegre, p.165-188.

DI-BERNARDO, M., BORGES-MARTINS, M., OLIVEIRA, R.B. & PONTES, G.M.P. 2007. Taxocenoses de serpentes de regiões temperadas do Brasil. In Herpetologia no Brasil II (L.B. Nascimento& M.E. Oliveira, eds.). Sociedade Brasileira de Herpetologia, Belo Horizonte, p.222-263.

DIXO, M. & VERDADE, V.K. 2006. Herpetofauna de serrapilheira da Reserva Florestal de Morro Grande, Cotia (SP). Biota Neotrop. 6(2): http://www.biotaneotropica.org.br/v6n2/pt/abstract?article+bn00706022006

DUELLMAN, W.E. 1978. The biology of an Equatorial Herpetofauna of Amazonian Ecuador. Misc. Publ. Univ. Kansas. 65:1-352.

DUELLMAN, W.E. 1999. Distribution patterns of amphibians in South America. In Patterns of distribution of amphibians: a global perspective (W.E. Duellman, ed). The Johns Hopkins University Press, Baltimore, p.255-328.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo - CNPT. Estação de agrometereologia. 2011. http//www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet (último acesso em 05/10/2012).

GIBBONS, J.W. & SEMLITSCH, R.D. 1987. Activity patterns. In Snakes: Ecology and Evolutionary Biology (R.A. Seigel, J.T. Collins & S.S. Novak, eds.). MacMillan Publ. Co., New York. p.396-421.

GRANDO, J.V., GONÇALVES, F.A. & ZANELLA, N. 2004. Composição e Distribuição Estacional dos Anuros de um Remanescente de Floresta Nativa em área Urbana no Município de Passo Fundo, RS. Acta Biol. Leopold. 26:93-100.

HARTMANN, P.A., GIASSON, L.O.M. 2008. Répteis. In A fauna das áreas de influência Usina Hidrelétrica Quebra-Queixo. (J.J. Cherem& M. Kammers, eds). Habilis Editora, Erechim, p.111-124.

KWET, A., LINGNAU, R. & DI-BERNARDO, M. 2010. Pró-Mata: Anfíbios da Serra Gaúcha Sul do Brasil. Brasilien-Zentrum, University of Tübingen, Germany. 148 p.

LILLYWHITE, H.B. 1987. Temperature, energetics and physiological ecology. In Snakes: Ecology and Evolutionary Biology. (R.A. Seigel, J.T. Collins, & S.S. Novak, eds.). MacMillan Publ. Co., New York, p.422-477.

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 +bn 00508032008

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/en/abstract?article+bn01211012011

MAGURRAN, A.E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton, Princeton University, 179p. http://dx.doi.org/10.1007/978-94-015-7358-0 http://dx.doi.org/10.1007/978-94-015-7358-0

MÄHLER JUNIOR, J.K.F. & LAROCCA, J.F. 2009. Fitosionomias, desmatamento e fragmentação da Floresta com Araucária. In Floresta com Araucária: ecologia, conservação de desenvolvimento sustentável. (C.R. Fonseca,Souza, A.F. Leal-Zanchet, A.M. Dutra, T. Backes, A. & Ganado G., eds.). Holos, Ribeirão Preto, p. 243-252.

MALTCHIK, L., PEIXOTO, C.D., STENERT, C., MOREIRA, L.F.B. & MACHADO, I.F. 2008. Dynamics of the terrestrial amphibian assemblage in a flooded riparian Forest fragment in a Neotropical region in the south of Brazil. Braz. J. Biol. 4:763-769. http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842008000400010

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.

MORAES, R.A., SAWAYA, R.J. & BARRELA,W. 2007. Composição e diversidade de anfíbios anuros em dois ambientes de Mata Atlântica no Parque Estadual Carlos Botelho, São Paulo, sudeste do Brasil. Biota Neotrop. 7(2): http://www.biotaneotropica.org.br/v7n2/pt/abstract?article+BN00307022007

MOREIRA, L.F.B., MACHADO, I.F., LACE, A.R.G.M. & MALTCHIK, L. 2008. Anuran amphibians dynamics in an intermitent pond in southern Brazil. Acta Limnol. Bras. 20:205-212.

MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., DA FONSECA, G.A.B. & KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature 403:853-858. PMid:10706275. http://dx.doi.org/10.1038/35002501

NARVAES, P., BERTOLUCI, J. & RODRIGUES, M.T. 2009. Composição, uso do hábitat e estações reprodutivas das espécies de anuros da floresta de restinga da Estação Ecológica Juréia-Itatins, sudeste do Brasil. Biota Neot. 9(2): http://www.biotaneotropica.org.br/v9n2/en/abstract?article+bn02009022009

PAULA, A., ZANELLA, N. & GUARAGNI, S.A. 2011. *Taeniophallus affinis* (Günther, 1858) (Squamata, Serpentes, Dipsadidae): Distribution extension, Rio Grande do Sul, Brazil. Check List 7(3):285-286.

PIROLI, E.L. & CHAFFE, P.P. 2003. Análise florística e determinação de volume das principais espécies ocorrentes em uma Floresta Ombrófila Mista. In Encontro de energia no meio rural, 3, Campinas: http://www.proceedings.scielo.br/scielo.phpscript=sci_arttext&pid=MSC0000000022000000100001&lng=en&nrm=abn (último acesso em 05/07/2012).

POMBAL JUNIOR, J.P. & GORDO, M. 2004. Anfíbios Anuros da Juréia. In Estação Ecológica Juréia-Itains. Ambiente físico, flora e fauna. (O.A.V. Marques & W. Duleba, org.). Holos Editora, Ribeirão Preto, p.243-256.

PONTES, J.A.L., PONTES, R.C. & ROCHA, C.F.D. 2009. The snake community of Serra do Mendanha, in Rio de Janeiro state, southeastern Brazil: composition, abundance, richness and diversity in areas with different conservation degrees. Braz. J. Biol. 69(3):795-804. PMid:19802438. http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842009000400006

QUADROS, F.L. & PILLAR, V.P. 2002. Transições floresta-campo no Rio Grande do Sul. Ciência e Ambiente. 24:109-118.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2011. R: A Language and Environment for Statistical 3.Computing.R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

ROSSA-FERES, D.C. & JIM, J. 1994. Distribuição sazonal em comunidades de anfíbios anuros na região neotropical de Botucatu, São Paulo. Rev. Brasil. Biol. 54(2):323-334.

SANTOS, T.G., KOPP, K., SPIES, M.R., TREVISAN, R. & CECHIN, S.Z. 2008. Distribuição temporal e espacial de anuros em área de Pampa, Santa Maria, RS. Iheringia, Sér. Zool. 98(2):244-253

SCOTT Jr., N.J. 1976. The abundance and diversity of the herpetofauna of tropical forest litter. Biotropica 8:41-58. http://dx.doi.org/10.2307/2387818

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.sbherpetologia.org.br (último acesso em 05/07/2012).

SILVA, R.A., MARTINS, I.A. & ROSSA-FERES, D.C. 2011. Environmental heterogeneity: Anuran diversity in homogeneous environments. Zool. 28(5):610-618.

TABACHNICK, B.G. & FIDELL, L.S. 2007. Using multivariate statistics. Pearson Education, Boston.

TOLEDO, L.F., ZINA, J. & HADDAD, C.F.B. 2003. Temporal and Spatial Distribution in an Anuran Community in Municipality of Rio Claro, São Paulo, Brazil. Holos Environ. 3(2):136-149.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - UFRGS. Laboratório de Herpetologia. 2010. versão 1.0. 2010. http://www.ufrgs.br/herpetologia (último acesso em 29/11/2012).

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 Neot. 5(2): http://www.biotaneotropica.org.br/v5n2/pt/abstract?article+BN01705022005

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.

ZANELLA, N., BUSIN, C.S., GIUSTI, A. & CRESTANI, L. 2007a. Amphibia, Anura, Bufonidae, *Melanophryniscus devincenzii*: First record for Brazil. Check List. 3:2.

ZANELLA, N., BUSIN, C.S. & CRESTANI, L. 2007b. *Eleutherodactylus henselii*. Herp. Review. 38(4):474.

ZANELLA, N. & BUSIN, C.S. 2007. Amphibia, Anura, Cycloramphidae, *Proceratophrys bigibbosa*: distribution extension for Rio Grande do Sul, Brazil. Check List. 3(1):65-66.

ZANELLA, N., BUSIN, C.S. & MACHADO, L. 2012. *Hypsiboas curupi*: distribution. Herp. Review 43(3):440.

ZANELLA, N. & CECHIN, S.Z. 2006. Taxocenose de Serpentes no Planalto Médio do Rio Grande do Sul, Brasil. Rev. Bras. Zool. 23(1):211-217. http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752006000100013

ZANELLA, N. & CECHIN, S.Z. 2009. Influência dos fatores abióticos e da disponibilidade de presas sobre comunidade de serpentes do Planalto Médio, Rio Grande do Sul, Brasil. Iheringia, Zool. 99:111-114. http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752006000100013

Recebido em 27/02/2013
Versão reformulada recebida em 10/10/2013
Publicado em 28/11/2013

The amphibians and reptiles of Manu National Park and its buffer zone, Amazon basin and eastern slopes of the Andes, Peru

Alessandro Catenazzi[1,4], Edgar Lehr[2] & Rudolf von May[3]

[1]Department of Zoology, Southern Illinois University Carbondale – SIU, Carbondale, IL 62901, USA
[2]Department of Biology, Illinois Wesleyan University – IWU, Bloomington, IL 61701, USA
[3]Museum of Vertebrate Zoology, University of California – UC, Berkeley, CA 94720, USA
[4]Corresponding author: Alessandro Catenazzi, e-mail: acatenazzi@gmail.com

CATENAZZI, A., LEHR, E. & VON MAY, R. **The amphibians and reptiles of Manu National Park and its buffer zone, Amazon basin and eastern slopes of the Andes, Peru**. Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/en/abstract?inventory+bn02813042013

Abstract: We compile a list of all amphibians and reptiles known to occur within Manu National Park, Peru and its buffer zone, located in one of the world's biodiversity hotspots. Covering approximately 0.01% of the planet's terrestrial surface, this protected area preserves 155 species of amphibians and 132 species of reptiles, corresponding to 2.2% and 1.5% respectively of the known diversity for these groups. Moreover, Manu National Park preserves natural habitats and populations of one critically endangered (*Atelopus erythropus*), three endangered (*Bryophryne cophites*, *Pristimantis cosnipatae* and *Psychrophrynella usurpator*), three vulnerable amphibians (*Atelopus tricolor*, *Gastrotheca excubitor*, *Rhinella manu*) and two vulnerable reptiles (*Chelonoidis denticulata*, *Podocnemis unifilis*), according to the threat categories of the IUCN Red List.
Keywords: *herpetofauna, biodiversity hotspots, Cusco Region, Madre de Dios Region, Amazonia.*

CATENAZZI, A., LEHR, E. & VON MAY, R. **Los anfibios y reptiles del Parque Nacional del Manu y su área de amortiguamiento, cuenca Amazónica y vertientes orientales de los Andes, Perú**. Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/pt/abstract?inventory+bn02813042013

Resumen: Producimos una lista de las especies de anfibios y reptiles conocidas del Parque Nacional del Manu, Perú y su zona de amortiguamiento, ubicados en unas de las regiones con más biodiversidad en el planeta. El área protegida cubre tan solo cerca del 0.01% de la superficie terrestre mundial, sin embargo conserva a 155 especies de anfibios y 132 especies de reptiles, lo cual corresponde al 2.2% de todos los anfibios y al 1.5% de todos los reptiles conocidos. Además, el Parque Nacional del Manu protege los hábitats y las poblaciones de una especie críticamente amenazada (*Atelopus erythropus*), tres especies amenazadas (*Bryophryne cophites*, *Pristimantis cosnipatae* y *Psychrophrynella usurpator*), tres especies vulnerables de anfibios (*Atelopus tricolor*, *Gastrotheca excubitor*, *Rhinella manu*), y dos especies vulnerables de reptiles (*Chelonoidis denticulata*, *Podocnemis unifilis*), de acuerdo a las categorías de amenaza de la Lista Roja de la UICN.
Palabras clave: *herpetofauna, biodiversidad, Cusco, Madre de Dios, Amazonía.*

Introduction

The eastern slopes of the Andes have one of the highest diversity of amphibians in the world (Duellman 1999, Stuart et al. 2004), as well as high diversity of reptiles (Duellman 2005, von May et al. 2009). Peru is a mega-diverse country hosting approximately 571 species of amphibians (Frost 2013) and 437 species of reptiles (Uetz & Hošek 2013). The most important biodiversity hotspot for amphibians, the Tropical Andes (Myers et al. 2000), runs from north to south along the western half of Peru's territory. Several protected areas have been created in the Peruvian Andes over the past three decades (SERNANP 2010). However, our knowledge of the biodiversity within these areas is very fragmentary.

For example in southeastern Peru, 10 nationally protected areas extend from the Amazon lowlands in the Department of Madre de Dios to the foothill of the Andes of Cusco and Puno (Figure 1), yet none of these areas has a comprehensive list of amphibian and reptiles species. One of such areas, Manu National Park (Manu NP), is unique in covering the entire watershed of the Manu river, a large tributary to the Alto Madre de Dios river (the upper Madre de Dios river, a tributary to the Madeira river). In the lowland floodplain and terra firme forests along the Manu River, inside Manu NP, several publications reported preliminary lists of amphibians and reptiles known to occur at two sites, Cocha Cashu Biological Station (Rodríguez 1987, 1992, Rodríguez & Cadle 1990) and Pakitza (Morales & McDiarmid 1996). Recent studies have produced extensive lists for Los Amigos Conservation Concession (von May et al. 2006, 2009, 2010). Los Amigos lies outside of Manu NP, but its northern edge overlaps with the park's buffer zone. Most of our knowledge about amphibian and reptilian diversity in the

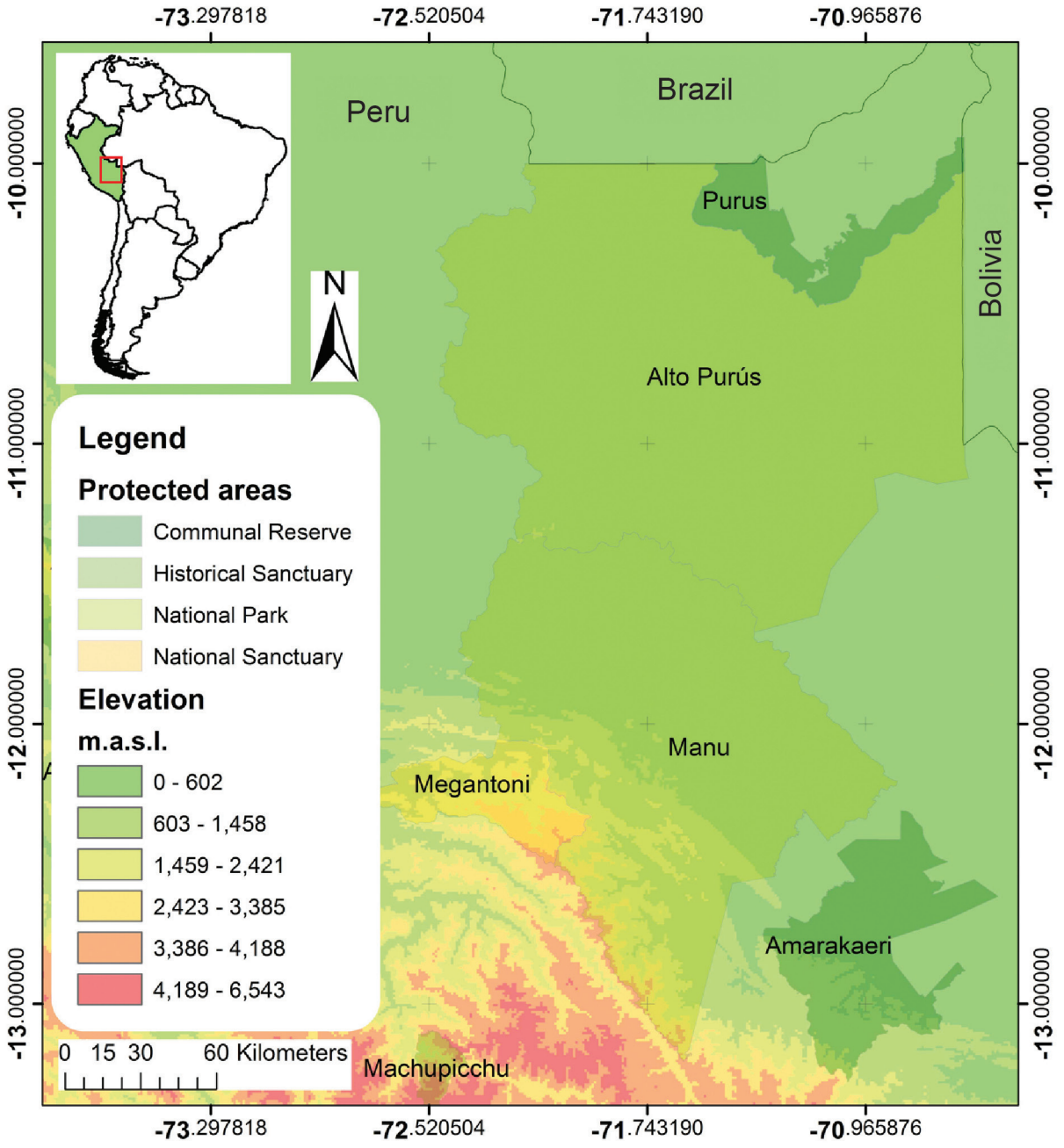


Figure 1. Map of Manu National Park and adjacent protected areas in southeastern Peru. The inset map shows the location of Peru in South America.

Andean foothills comes from studies conducted in the Kosñipata valley (Hurtado & Blanco 1994, Catenazzi & Rodriguez 2001, Catenazzi et al. 2009, 2011, 2012, Lehr & Catenazzi 2008, 2009a, b, unpublished field data), including Villa Carmen and Wayqecha Biological Stations. The upper Kosñipata valley (above 2500-3000 m) is part of Manu NP, but the rest of the valley between Pillahuata (2500 m) and Pillcopata (600 m), along the Paucartambo–Shintuya road, is part of the park's buffer zone.

Despite these studies and preliminary inventories, Manu NP still lacks a comprehensive list of amphibian and reptile taxa. The lack of species lists hinders conservation and management efforts. The upper part of Manu NP is currently experiencing a collapse in amphibian species richness and abundance following the spread of the highly pathogenic fungus *Batrachochytrium dendrobatidis* (Catenazzi et al. 2011). A better knowledge of amphibian diversity and distribution will assist monitoring and mitigation efforts. Therefore, the aim of this paper is to gather data from previous lists, species descriptions, museum records and our own fieldwork in the region to compile a checklist of all amphibians and reptiles that have been found within Manu National Park and its adjacent buffer zone.

Methods

Manu National Park (Manu NP) is located in southeastern Peru (Regions of Cusco and Madre de Dios) and covers 17163 km^2 of Amazonian lowland, submontane, montane and high-elevation Andean habitats between 150 m and 4200 m elevation (Figure 1). The park protects the entire watershed of the Manu River in the upper Madre de Dios basin. Manu NP was established in 1973, recognized as a Reserve of Biosphere by the UNESCO in 1977, and pronounced a World Heritage Site in 1987; it is Peru's second largest national park and it lies in one of the world's biodiversity hotspots (Myers et al. 2000).

Occurrence of taxa was determined on the basis of the original species descriptions, listings in species descriptions of similar or sympatric taxa, museum records and/or our own fieldwork in the region (Catenazzi & Rodriguez 2001, Duellman & Lehr 2009, von May 2009, von May et al. 2009, 2010, von May & Donnelly 2009, Catenazzi et al. 2011). Some species have not been reported from Manu NP or its buffer zone, but occur both north and south of the area, such that their presence in Manu NP is very likely. These species are (in parenthesis references in support of the geographic distribution of each species): *Rhinella leptoscelis* (Padial et al. 2009), *Hyalinobatrachium carlesvilai* (Castroviejo-Fisher et al. 2009), *Dendropsophus bokermanni* and *D. rossalleni* (Duellman 2005), *Apostolepis nigroterminata* (Harvey 1999), *Xenoxybelis boulengeri* (Duellman 2005), *Xenodon rabdocephalus* (Duellman 2005), *Micrurus narduccii* (Campbell & Lamar 1989), *Bothriopsis oligolepis* and *B. taeniata* (Campbell & Lamar 1989), *Bothrocophias microphthalmus* (Gutberlet & Campbell 2001), *Paleosuchus palpebrosus* (Duellman 2005). We have also listed 8 frog and one squamate species which are still not described, but known to represent new species.

General terrestrial habitat categories follow the references within the squared brackets. For the lowlands (300-500 m), we use forest types that are widely recognized by plant and animal ecologists working in western Amazonia (Pitman et al. 1999, Larsen et al. 2006, Griscom et al. 2007). One of these forest types, the floodplain, can be classified in two general categories: mature floodplain forest and early successional floodplain forest. However, because species recorded in the early successional forest can also be found in the mature floodplain forest (von May et al. 2010), we simply refer to floodplain forest as the major habitat category representing these two floodplain forest types. If a species was primarily associated with a permanent aquatic habitat such as a lake or a river, we referred to that particular aquatic habitat. In contrast, if a species was temporarily associated with smaller aquatic habitats such as temporary ponds or creeks embedded in major terrestrial habitats, we referred to that terrestrial habitat. We did not differentiate between forest types in the Andean piedmont (500-1000 m), where we used the general category of sub-montane rainforest. For both the lowlands and the foothills of the Andes, we recognized *Mauritia flexuosa* swamp and bamboo (*Guadua* spp.) forest as distinct habitats. The cloud forest category refers to all montane forests between 1000-3600 m; additional high-elevation habitat types were the high-Andean grasslands or *puna*, dominated by *Stipa ichu*, and the montane scrub, which represents elfin forests and xeric vegetation growing on exposed slopes or ridges.

For taxonomy we followed Blackburn & Wake (2011) for amphibians, Castoe et al. (2004) for gymnophthalmid lizards, Le et al. (2006) for tortoises and McCord et al. (2001) for chelid turtles.

Results and Discussion

We list 155 species of amphibians (Table 1) and 132 species of reptiles (Table 2) currently known to occur or suspected to occur within Manu NP. The cumulative number of species descriptions by year differs between amphibians and reptiles (Figure 2), because for reptiles the curve reached a number close to the asymptote in the decade of 1960-1970, whereas for amphibians this very same decade corresponded to a sharp increase in the number of new species described for Manu NP. The construction of the Paucartambo-Shintuya road in the late 60s greatly facilitated access to high-elevation and montane habitats. William E. Duellman and associates collected along this road from 1971-1975, and subsequently described several new anuran species from this region (Duellman 1976, 1978). Although the cumulative number of amphibians already exceeded the number of reptiles during the decade of 1990-2000, the pattern of accelerated discoveries of new and often endemic amphibian species is still holding up during the current decade (Catenazzi et al. 2012, Chaparro et al. 2007, De la Riva & Chaparro 2005, De la Riva et al. 2008, Duellman et al. 2011, Padial et al. 2007, Lehr & Catenazzi 2008, 2009a,b, Lehr & von May 2009, Padial et al. 2012), and we are confident that several more species will be added to this list over the next few years. We expect that the final number of amphibian species will be greater than the number of reptile species, because the diversity of squamates decreases with elevation at a much faster rate than the diversity of anurans (Navas 2003). Squamates and anurans constitute the bulk of respectively reptilian and amphibian diversity. Given the wide elevational gradient and large area of montane and high-elevation habitats protected by Manu NP, the greater relative richness of anurans vs. squamates is probably replicated across several watersheds (and not just the Kosñipata watershed), further contributing to the amphibian primacy in species richness.

Conservation Remarks

Manu NP preserves natural habitats and populations of one critically endangered (*Atelopus erythropus*), three endangered (*Bryophryne cophites*, *Pristimantis cosnipatae* and *Psychrophrynella usurpator*), three vulnerable amphibians (*Atelopus tricolor*, *Gastrotheca excubitor*, *Rhinella manu*; von May et al. 2008) and two vulnerable reptiles (*Chelonoidis denticulata*, *Podocnemis unifilis*; Figure 3), based on the IUCN Red List of Threatened Species (http://www.iucnredlist.org/). It is a place of exceptional biological diversity which currently stands as the protected area with the highest number of species of amphibians and reptiles on the planet: three cecilian, one salamander, 150 anuran, 120 squamate, four crocodilian and eight

Table 1. Amphibians of Manu National Park, Peru. The asterisk indicates species whose type locality is within Manu NP or its buffer zone. Species new to science but not yet described are listed as "sp." Abbreviations for habitat types are: for lowland forest (300-500 m): FP = floodplain forest, TF = tierra firme forest, SW = *Mauritia flexuosa* swamp (*aguajal*), BF = bamboo (*Guadua* spp.) forest (*pacal*); for lowland aquatic or semi-aquatic habitat (300-500 m): LA = lake shore or floating vegetation around lake, RI = river bank or sandbar or pebble beach; for the piedmont of the Andes (500-1000 m): SM = submontane rainforest, SW = *Mauritia flexuosa* swamp (*aguajal*), BF = bamboo (*Guadua* spp.) forest (*pacal*); for montane and high-Andean habitats (1000-4000 m): CF = cloud forest, MS = montane scrub, PU = *puna* (high-Andean grasslands).

Family	Species	Habitat type									
		FP	TF	LA	RI	BF	SW	SM	CF	MS	PU
Order Anura											
AROMOBATIDAE	**Allobates alessandroi* (Grant & Rodríguez, 2001)							X	X		
	**Allobates conspicuus* (Morales, 2002)	X	X			X					
	Allobates femoralis (Boulenger, 1884)	X	X								
	Allobates trilineatus (Boulenger, 1884 "1883")	X	X								
BUFONIDAE	*Atelopus erythropus* Boulenger, 1903								X		
	Atelopus tricolor Boulenger, 1902							X	X		
	Amazophrynella minuta (Melin, 1941)	X	X				X				
	Rhaebo guttatus (Schneider, 1799)	X	X								
	Rhinella inca (Stejneger, 1913)							X	X		
	Rhinella leptoscelis (Boulenger, 1912)							X	X		
	**Rhinella manu* Chaparro, Pramuk & Gluesenkamp, 2007								X		
	Rhinella margaritifera (Laurenti, 1768)	X	X			X	X	X	X		
	Rhinella marina (Linnaeus, 1758)	X	X		X	X	X	X			
	Rhinella poeppigii (Tschudi, 1845)							X			
	Rhinella veraguensis (Schmidt, 1857)							X	X		
CENTROLENIDAE	*Centrolene sabini* Catenazzi, von May, Lehr, Gagliardi-Urrutia & Guayasamin, 2012								X		
	Hyalinobatrachium bergeri (Cannatella, 1980)							X	X		
	Hyalinobatrachium carlesvilai Castroviejo-Fisher, Padial, Chaparro, Aguayo-Vedia, and De la Riva, 2009							X	X		
	Nymphargus pluvialis (Cannatella & Duellman, 1982)								X		
	**Nymphargus truebae* (Duellman, 1976)							X	X		
	**Rulyrana spiculata* (Duellman, 1976)							X	X		
	Teratohyla midas (Lynch & Duellman, 1973)	X	X								
CERATOPHRYIDAE	*Ceratophrys cornuta* (Linnaeus, 1758)	X	X				X				
	**Telmatobius mendelsoni* De la Riva, Trueb & Duellman, 2012								X		
	Telmatobius timens De la Riva, Aparicio & Ríos, 2005								X		X
DENDROBATIDAE	*Ameerega hahneli* (Boulenger, 1884)	X	X			X	X				
	**Ameerega macero* (Rodríguez & Myers, 1993)		X					X			
	Ameerega picta (Bibron in Tschudi, 1838)	X	X								
	Ameerega simulans (Myers, Rodríguez & Icochea, 1998)	X	X					X	X		
	Ameerega trivittata (Spix, 1824)	X	X			X	X	X			
	Ranitomeya sirensis Aichinger 1991		X			X		X			
	Ranitomeya uakarii Brown et al. 2006		X								
HEMIPHRACTIDAE	**Gastrotheca antoniiochoai* (De la Riva & Chaparro, 2005)								X		
	**Gastrotheca excubitor* Duellman & Fritts, 1972									X	X
	Gastrotheca marsupiata (Dumeril & Bibron, 1841)									X	X
	**Gastrotheca nebulanastes* Duellman, Catenazzi & Blackburn, 2011								X	X	
	Gastrotheca testudinea (Jiménez de la Espada, 1870)							X	X		
	**Hemiphractus helioi* Sheil & Mendelson, 2001		X					X			
	Hemiphractus scutatus (Spix, 1824)	X	X								
HYLIDAE	*Cruziohyla craspedopus* (Funkhouser, 1957)	X									
	Dendropsophus acreanus (Bokermann, 1964)	X	X								
	Dendropsophus allenorum (Duellman & Trueb, 1989)	X									
	Dendropsophus bifurcus (Andersson, 1945)	X	X								
	Dendropsophus bokermanni (Goin, 1960)	X	X								

*The asterisk indicates species whose type locality is within Manu NP or its buffer zone.

Table 1. Continued...

Family	Species	Habitat type									
		FP	TF	LA	RI	BF	SW	SM	CF	MS	PU
	Dendropsophus delarivai (Köhler and Lötters, 2001)	X	X								
	Dendropsophus koechlini (Duellman & Trueb, 1989)	X									
	Dendropsophus leali (Bokermann, 1964)	X	X								
	Dendropsophus leucophyllatus (Beireis, 1783)	X	X				X	X			
	Dendropsophus marmoratus (Laurenti, 1768)	X	X								
	Dendropsophus minutus (Peters, 1872)	X	X			X	X	X			
	Dendropsophus parviceps (Boulenger, 1882)	X	X				X	X			
	Dendropsophus rhodopeplus (Günther, 1858)	X	X				X	X			
	Dendropsophus riveroi (Cochran & Goin, 1970)	X	X								
	Dendropsophus rossalleni (Goin, 1959)	X	X								
	Dendropsophus sarayacuensis (Shreve, 1935)	X	X				X	X			
	Dendropsophus schubarti (Bokermann, 1963)	X	X			X	X				
	Dendropsophus triangulum (Günther, 1869)	X	X	X							
	Hyloscirtus armatus (Boulenger, 1902)							X	X		
	Hyloscirtus phyllognathus (Melin, 1941)							X	X		
	Hypsiboas boans (Linnaeus, 1758)	X	X		X			X			
	Hypsiboas calcaratus (Troschel, 1848)	X	X				X	X			
	Hypsiboas cinerascens (Spix, 1824)	X	X				X	X			
	Hypsiboas fasciatus (Günther, 1858)	X	X			X	X	X			
	Hypsiboas geographicus (Spix, 1824)	X	X	X		X	X	X			
	Hypsiboas gladiator Köhler, Koscinski, Padial, Chaparro, Handford, Lougheed, and De la Riva, 2010							X	X		
	Hypsiboas lanciformis Cope, 1871 "1870"	X	X			X	X	X			
	Hypsiboas punctatus (Schneider, 1799)	X	X	X				X			
	Osteocephalus castaneicola Moravec, Aparicio, Guerrero-Reinhard, Calderón, Jungfer, and Gvoždík, 2009	X	X			X		X			
	Osteocephalus buckleyi (Boulenger, 1882)	X	X				X				
	Osteocephalus cf. *leprieurii* (Duméril & Bibron, 1841)	X	X			X					
	Osteocephalus mimeticus (Melin, 1941)							X			
	Osteocephalus taurinus Steindachner, 1862	X	X			X	X				
	Phyllomedusa atelopoides Duellman, Cadle & Cannatella, 1988	X	X								
	Phyllomedusa bicolor (Boddaert, 1772)	X									
	Phyllomedusa camba De la Riva, 1999	X	X								
	Phyllomedusa palliata Peters, 1873	X	X				X				
	Phyllomedusa tomopterna (Cope, 1868)	X	X								
	Phyllomedusa vaillantii Boulenger, 1882	X	X					X			
	Scarthyla goinorum (Bokermann, 1962)	X				X	X				
	Scinax chiquitanus (De la Riva, 1990)	X	X								
	Scinax garbei (Miranda-Ribeiro, 1926)	X	X				X				
	Scinax ictericus Duellman & Wiens, 1993	X	X			X	X				
	Scinax pedromedinae (Henle, 1991)	X	X								
	Scinax ruber (Laurenti, 1768)	X	X			X	X	X			
	Sphaenorhynchus dorisae (Goin, 1957)	X		X							
	Sphaenorhynchus lacteus (Daudin, 1800)	X		X							
	Trachycephalus coriaceus (Peters, 1867)	X	X								
	Trachycephalus resinifictrix (Goeldi, 1907)	X	X								
	Trachycephalus venulosus (Laurenti, 1768)	X	X			X					
LEIUPERIDAE	*Edalorhina perezi* Jimenez de la Espada, 1870	X	X								
	Engystomops freibergi (Donoso-Barros, 1969)	X	X			X		X			
	Pleurodema marmoratum (Duméril & Bibron, 1840)										X
LEPTODACTYLIDAE	*Leptodactylus andreae* Müller, 1923	X	X					X	X		
	Leptodactylus bolivianus Boulenger, 1898	X	X								

*The asterisk indicates species whose type locality is within Manu NP or its buffer zone.

Table 1. Continued...

Family	Species	Habitat type									
		FP	TF	LA	RI	BF	SW	SM	CF	MS	PU
	Leptodactylus didymus Heyer, Garcia-Lopez & Cardoso, 1996	X	X								
	Leptodactylus griseigularis (Henle, 1981)							X			
	Leptodactylus hylaedactylus (Cope, 1868)	X									
	Leptodactylus knudseni Heyer, 1972	X	X					X			
	Leptodactylus leptodactyloides (Andersson, 1945)	X	X								
	Leptodactylus lineatus (Schneider, 1799)	X	X								
	Leptodactylus pentadactylus (Laurenti, 1768)	X	X			X		X			
	Leptodactylus petersii (Steindachner, 1864)	X	X			X	X	X			
	Leptodactylus rhodomystax Boulenger, 1884 "1883"	X	X				X	X			
	Leptodactylus rhodonotus (Günther, 1868)	X	X					X			
	Leptodactylus stenodema Jiménez de la Espada, 1875	X	X								
MICROHYLIDAE	*Altigius alios* Wild, 1995	X									
	Chiasmocleis bassleri Dunn, 1949	X	X								
	Chiasmocleis ventrimaculata (Andersson, 1945)	X	X			X	X				
	Ctenophryne geayi Mocquard, 1904	X	X								
	Elachistocleis muiraquitan Nunes de Almeida & Toledo, 2012	X									
	Hamptophryne boliviana (Parker, 1927)	X	X								
	Syncope antenori Walker, 1973	X	X			X					
PIPIDAE	*Pipa pipa* (Linnaeus, 1758)	X					X				
STRABOMANTIDAE	**Bryophryne cophites* (Lynch, 1975)									X	X
	**Bryophryne nubilosus* Lehr & Catenazzi, 2008								X	X	
	**Bryophryne hanssaueri* Lehr & Catenazzi, 2009								X		
	Noblella sp.								X		
	Noblella cf. *myrmecoides* (Lynch, 1976)	X	X			X	X				
	**Noblella pygmaea* Lehr & Catenazzi, 2009								X	X	X
	Oreobates cruralis (Boulenger, 1902)	X	X			X	X				
	**Oreobates gemcare* Padial, Chaparro, Castroviejo-Fisher, Guayasamin, Lehr, Delgado, Vaira, Teixeira, Aguayo-Vedia, and De la Riva, 2012							X	X		
	Oreobates granulosus (Boulenger, 1903)							X	X		
	Oreobates quixensis Jiménez de la Espada, 1872	X	X			X		X			
	Pristimantis altamazonicus (Barbour & Dunn, 1921)	X	X			X	X	X			
	**Pristimantis buccinator* (Rodríguez, 1994)	X	X				X	X			
	Pristimantis carvalhoi (Lutz in Lutz & Kloss, 1952)	X	X			X					
	**Pristimantis cosnipatae* (Duellman, 1978)							X	X		
	Pristimantis croceoinguinis (Lynch, 1968)	X	X								
	**Pristimantis danae* (Duellman, 1978)							X	X	X	
	Pristimantis diadematus (Jimenez de la Espada, 1875)	X	X								
	Pristimantis divnae Lehr & von May, 2009		X			X					
	Pristimantis fenestratus (Steindachner, 1864)	X			X						
	Pristimantis imitatrix (Duellman, 1978)	X	X								
	Pristimantis lacrimosus (Jimenez de la Espada, 1875)	X	X								
	**Pristimantis lindae* (Duellman, 1978)							X	X		
	Pristimantis mendax (Duellman, 1978)	X	X								
	Pristimantis mercedesae (Lynch & McDiarmid, 1987)							X	X		
	Pristimantis ockendeni (Boulenger, 1912)	X	X			X					
	Pristimantis olivaceus (Köhler, Morales, Lötters, Reichle & Aparicio, 1998)	X	X					X			
	**Pristimantis pharangobates* (Duellman, 1978)							X	X	X	
	Pristimantis platydactylus (Boulenger, 1903)								X		
	Pristimantis reichlei Padial & De la Riva, 2009	X	X			X	X	X	X		
	**Pristimantis salaputium* (Duellman, 1978)							X	X		

*The asterisk indicates species whose type locality is within Manu NP or its buffer zone.

Table 1. Continued...

Family	Species	Habitat type									
		FP	TF	LA	RI	BF	SW	SM	CF	MS	PU
	**Pristimantis skydmainos* (Flores & Rodriguez, 1997)	X									
	Pristimantis tantanti (Lehr, Torres-Gastello & Suárez-Segovia, 2007)		X								
	Pristimantis toftae (Duellman, 1978)	X	X			X	X	X	X		
	Pristimantis ventrimarmoratus (Boulenger, 1912)	X	X								
	Psychrophrynella sp. 1								X	X	
	Psychrophrynella sp. 2								X		
	**Psychrophrynella usurpator* De la Riva, Chaparro & Padial, 2008								X	X	X
	Strabomantis sulcatus (Cope, 1874)	X	X			X		X			
Order Caudata											
PLETHODONTIDAE	*Bolitoglossa altamazonica* (Cope, 1874)	X				X	X	X			
Order Gymnophiona											
CAECILIIDAE	*Oscaecilia bassleri* (Dunn, 1942)	X									
	Siphonops annulatus (Mikan, 1820)		X								
RHINATREMATIDAE	*Epicrionops bicolor* Boulenger, 1883							X	X		

*The asterisk indicates species whose type locality is within Manu NP or its buffer zone.

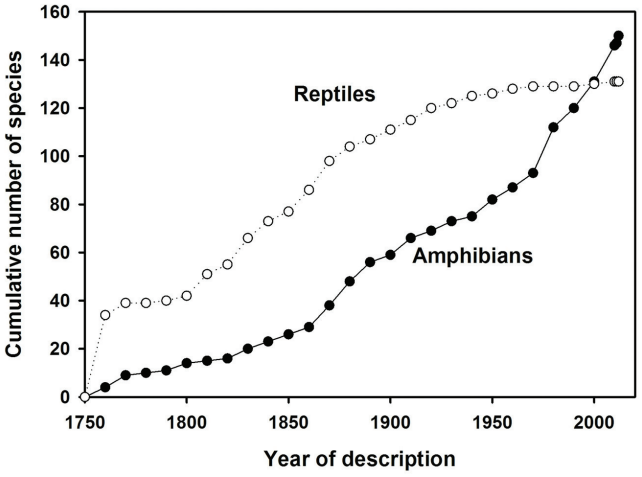


Figure 2. Cumulative number of amphibian and reptile species known from Manu National Park and its buffer zone as a function of year of description.

turtle species. Although covering approximately 0.01% of the planet's terrestrial surface, this protected area preserves 2.2% of the amphibian and 1.5% of the reptilian diversity (considering extant taxa only).

However, the montane amphibian fauna within the park and the adjacent Kosñipata valley has recently experienced dramatic declines and local extinctions (Catenazzi et al. 2011). The collapse of amphibian species richness and abundance has been more pronounced at mid-elevations (1200-2000 m) and for stream-breeding species (Catenazzi et al. 2011). These declines occurred over less than a decade and coincided with the arrival of the pathogenic fungus *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd) to southern Peru (Seimon et al. 2007). The sudden disappearance of a sizable proportion of the montane anuran fauna despite the excellent state of conservation of the forest and protection granted by Manu NP shows that additional conservation actions are needed to preserve amphibian biodiversity. These actions should focus on managing the impact of outbreaks of *B. dendrobatidis* on amphibian communities.

Material examined (all from PERU). AMPHIBIANS. Aromobatidae. *Allobates alessandroi*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MUSM 17734-36, KU 139134. *Allobates conspicuus*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24123, 24190, 24192, 24203, 24212, 24238-39, 24241, 24243, 24254, 24264. *Allobates femoralis*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24233. *Allobates trilineatus*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MHNG 2607.19-20, MUSM 17735, 21083-85; Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24197, 24210, 24223. **Bufonidae**. *Amazophrynella minuta*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24334, 27286, 27287. *Rhinella inca*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MUSM 27878, KU 139050-52, 139431. *Rhinella manu*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MUSM 26282, 27929-33. *Rhinella margaritifera*, Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MHNG 2607.07-10, MUSM 21180-81; Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24130, 24163-64, 24180, 24255, 24259, 24297. *Rhinella veraguensis*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MHNG 2606.61-63, MUSM 21171, 21178-79, 30438. **Caecilidae**. *Oscaecilia bassleri*: Madre de Dios: Pakitza, MVZ 196910. *Siphonops annulatus*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24342. **Centrolenidae**. *Centrolene sabini:* Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MUSM 17966, 27941, 28017-28019, 30346. *Hyalinobatrachium bergeri*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, CORBIDI -HE 11917, MHNG 2606.57-60, MUSM 21130-36, 21138, 27875-77, 28032, 30436-37, KU 162248-49. *Nymphargus pluvialis*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MHNG 2606.54-55, MUSM 17963-17965, 17967-17968, 27862, 27940. *Nymphargus truebae*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MHNG 2606.68-70, MUSM 27970-27971, KU 162268-82. *Rulyrana spiculata*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MHNG 2602.93-95, MUSM 17973-17977, MUSM 17976-17977, KU 162283-84. *Teratohyla midas*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24061−68. **Ceratophryidae**. *Ceratophrys cornuta*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24173, 24253.

Table 2. Reptiles of Manu National Park, Peru. See Table 1 for details.

Family	Species	FP	TF	LA	RI	BF	SW	SM	CF	MS	PU
Order Crocodilia											
ALLIGATORIDAE	*Caiman crocodilus* (Linnaeus, 1758)			X	X		X				
	Melanosuchus niger (Spix, 1825)			X			X				
	Paleosuchus palpebrosus (Cuvier, 1807)	X	X	X			X				
	Paleosuchus trigonatus (Schneider, 1801)	X	X	X			X	X			
Order Squamata: Sauria											
AMPHISBAENIDAE	*Amphisbaena fuliginosa* Linnaeus, 1758	X									
ANGUIDAE	*Diploglossus fasciatus* (Gray, 1831)	X	X								
GEKKONIDAE	*Thecadactylus solimoensis* Bergman & Russell, 2007	X	X								
	Gonatodes hasemani Griffin, 1917	X	X								
	Gonatodes humeralis (Guichenot, 1855)	X	X				X	X			
	Pseudogonatodes guianensis Parker, 1935	X	X			X					
GYMNOPHTHALMIDAE	*Alopoglossus angulatus* (Linnaeus, 1758)	X	X			X					
	Alopoglossus buckleyi (O'Shaughnessy, 1881)	X									
	Ptychoglossus brevifrontalis Boulenger, 1912	X									
	Bachia dorbignyi Duméril & Bibron, 1839	X	X								
	Bachia trisanale (Cope, 1868)	X	X								
	Cercosaura argulus Peters, 1863	X	X								
	Cercosaura eigenmanni Griffin, 1917	X	X								
	Cercosaura manicatus O'Shaughnessy, 1881	X									
	Cercosaura ocellata Wagler, 1830	X	X			X	X	X			
	Potamites sp.							X	X		
	Potamites ecpleopus Cope, 1875	X	X			X		X			
	Proctoporus bolivianus Werner, 1910									X	X
	Proctoporus pachyurus Tschudi, 1845								X	X	X
	Iphisa elegans Gray, 1851	X	X								
HOPLOCERCIDAE	*Enyalioides laticeps* (Guichenot, 1855)	X	X								
	Enyalioides palpebralis (Boulenger, 1883)	X	X					X			
POLYCHROTIDAE	*Anolis chrysolepis* Duméril & Bibron, 1837	X									
	**Anolis cuscoensis* Poe, Yañez-Miranda & Lehr, 2008							X	X		
	Anolis fuscoauratus D'Orbigny, 1837	X	X			X	X	X			
	Anolis nitens (Wagler, 1830)	X	X								
	Anolis ortonii Cope, 1869	X	X								
	Anolis punctatus Daudin, 1802	X	X								
	Polychrus liogaster Boulenger, 1908		X								
SCINCIDAE	*Copeoglossum nigropunctatum* Spix, 1825	X	X				X				
	Exila nigropalmata Andersson, 1918		X								
TEIIDAE	*Ameiva ameiva* (Linnaeus, 1758)	X	X								
	Dracaena guianensis Daudin, 1802	X	X								
	Kentropyx altamazonica Cope, 1876		X								
	Kentropyx pelviceps Cope, 1868	X	X			X	X	X			
	Tupinambis teguixin Linnaeus, 1758	X	X				X				
TROPIDURIDAE	*Stenocercus fimbriatus* Avila-Pires, 1995	X	X								
	Stenocerus roseiventris Duméril & Bibron ,1837	X	X			X					
	Plica plica (Linnaeus, 1758)	X	X			X					
	Plica umbra (Linnaeus, 1758)	X	X				X				
	Uracentron azureum Linnaeus, 1758		X				X				
	Uracentron flaviceps (Guichenot, 1855)	X	X								
Order Squamata: Serpentes											
ANILIIDAE	*Anilius scytale* (Linnaeus, 1758)	X	X					X			
BOIDAE	*Boa constrictor* Linnaeus, 1758	X	X				X				
	Corallus batesi (Gray, 1860)	X	X								

*The asterisk indicates species whose type locality is within Manu NP or its buffer zone.

Table 2. Continued...

Family	Species	FP	TF	LA	RI	BF	SW	SM	CF	MS	PU
	Corallus hortulanus (Linnaeus, 1758)	X	X				X				
	Epicrates cenchria (Linnaeus, 1758)	X	X								
	Eunectes murinus Linnaeus, 1758	X	X				X				
COLUBRIDAE	*Apostolepis nigroterminata* Boulenger, 1896							X			
	Atractus elaps (Günther, 1858)		X								
	Atractus flammigerus Boie, 1827		X								
	Atractus major Boulenger, 1894		X								
	Chironius carinatus (Linnaeus, 1758)							X			
	Chironius exoletus (Linnaeus, 1758)	X	X								
	Chironius fuscus (Linnaeus, 1758)	X	X					X			
	Chironius monticola Roze, 1952							X	X	X	
	Chironius cf. *multiventris* Schmidt & Walker, 1942	X									
	Chironius scurrulus Wagler, 1824	X	X								
	Clelia clelia (Daudin, 1803)	X	X					X			
	Dendrophidion dendrophis Schlegel, 1837	X	X								
	Dipsas catesbyi (Sentzen, 1796)	X	X				X	X			
	Dipsas indica Laurenti, 1768	X					X				
	Dipsas peruana (Boettger, 1898)							X	X		
	Dipsas variegata Duméril, Bibron & Duméril, 1854								X		
	Drepanoides anomalus (Jan, 1863)	X	X				X				
	Drymarchon corais Boie, 1827	X	X								
	Drymobius rhombifer Günther, 1860	X									
	Drymoluber dichrous (Peters, 1863)	X	X								
	Helicops angulatus (Linnaeus, 1758)	X	X	X			X				
	Helicops leopardinus Schlegel, 1837	X	X				X				
	Helicops polylepis Günther, 1861	X	X								
	Imantodes cenchoa (Linnaeus, 1758)	X	X			X	X	X			
	Imantodes lentiferus Cope, 1894	X	X				X				
	Leptodeira annulata (Linnaeus, 1758)	X	X			X	X	X			
	Leptophis ahaetulla (Linnaeus, 1758)	X	X								
	Liophis reginae (Linnaeus, 1758)	X	X								
	Liophis taeniurus Tschudi, 1845							X	X		
	Liophis taeniogaster Jan, 1866	X	X				X	X			
	Liophis typhlus (Linnaeus, 1758)		X								
	Ninia hudsoni Parker, 1940	X	X								
	Oxybelis aeneus (Wagler, 1824)	X	X								
	Oxybelis fulgidus (Daudin, 1803)	X	X								
	Oxyrhopus erdisii Barbour, 1913		X								
	Oxyrhopus formosus Wied, 1820	X	X								
	Oxyrhopus marcapatae Boulenger 1902							X	X		
	Oxyrhopus melanogenys (Tschudi, 1845)	X	X			X					
	Oxyrhopus petola (Linnaeus, 1758)	X	X					X			
	Pseustes poecilonotus Günther, 1858										
	Pseustes sulphureus Wagler, 1824	X	X								
	Philodryas viridissimus (Linnaeus, 1758)		X								
	Pseudoboa coronata Schneider, 1801		X								
	Pseudoeryx plicatilis (Linnaeus, 1758)	X					X				
	Rhinobothryum lentiginosum Scopoli, 1785	X	X								
	Siphlophis cervinus Laurenti, 1768	X	X			X					
	Siphlophis compressus Daudin, 1803	X	X			X					
	Spilotes pullatus (Linnaeus, 1758)	X	X								
	Tachymenis peruviana Wiegmann, 1835									X	X
	Taeniophallus brevirostris Peters, 1863	X	X								
	Taeniophallus occipitalis Jan, 1863		X								

*The asterisk indicates species whose type locality is within Manu NP or its buffer zone.

Table 2. Continued...

Family	Species	FP	TF	LA	RI	BF	SW	SM	CF	MS	PU
	Tantilla melanocephala (Linnaeus, 1758)		X								
	Xenodon rabdocephalus (Wied, 1824)	X	X								
	Xenodon severus (Linnaeus, 1758)	X	X								
	Xenoxybelis argenteus Daudin, 1803	X									
	Xenoxybelis boulengeri Procter, 1923		X								
	Xenopholis scalaris Wucherer, 1861	X	X								
ELAPIDAE	*Micrurus annellatus* (Peters, 1871)							X	X		
	Micrurus lemniscatus (Linnaeus, 1758)	X	X				X	X			
	Micrurus narduccii (Jan, 1863)		X					X			
	Micrurus obscurus Jan, 1872	X	X								
	Micrurus surinamensis Cuvier, 1817	X	X					X			
LEPTOTYPHLOPIDAE	*Leptotyphlops* cf. *diaplocius* Oreja-Miranda, 1969		X								
TYPHLOPIDAE	*Typhlops reticulatus* Linnaeus, 1758	X	X								
VIPERIDAE	*Bothriopsis bilineata* (Wied, 1825)	X	X			X		X			
	Bothriopsis oligolepis (Werner 1901)								X		
	Bothriopsis taeniata Wagler, 1824		X					X			
	Bothrocophias microphthalmus (Cope, 1876)		X								
	Bothrops andianus Amaral, 1923							X	X		
	Bothrops atrox (Linnaeus, 1758)	X	X		X		X	X			
	Bothrops brazili Hoge, 1954	X	X								
	Lachesis muta (Linnaeus, 1766)	X	X				X	X			
Order Testudinata											
KINOSTERNIDAE	*Kinosternon scorpioides* Linnaeus, 1766	X									
CHELIDAE	*Chelus fimbriatus* (Schneider, 1873)	X									
	Mesoclemmys gibba (Schweigger, 1812)				X						
	Mesoclemmys raniceps (Gray, 1855)				X						
	Phrynops geoffranus (Schweigger, 1812)				X						
	Platemys platycephala (Schneider, 1792)	X									
PODOCNEMIDAE	*Podocnemis unifilis* Troschel, 1848			X	X						
TESTUDINAE	*Chelonoidis denticulata* (Linnaeus, 1766)	X	X								

*The asterisk indicates species whose type locality is within Manu NP or its buffer zone.

Telmatobius mendelsoni: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MHNG 2606.48-49, MUSM 17969, 21149, 21150, 26285. *Telmatobius timens*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, KU 139040-41. **Dendrobatidae**. *Ameerega hahneli*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24179, 24182, 24187, 24201, 24235, 24312, 24316. *Ameerega macero*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MHNG 2607.44. *Ameerega simulans*: MHNG 2607.04-06, MUSM 21006-7, 21111-15. *Ameerega trivittata*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24146, 24205, 24216, 24250. *Ranitomeya sirensis*: MHNG 2607.18, MUSM 21116-17; Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24199, 24217, 24227, 24232, 25861−67, 27273, 27564. *Ranitomeya uakarii*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 21068. **Hemiphractidae**. *Gastrotheca antoniiochoai*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MUSM 27944-49. *Gastrotheca excubitor*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MUSM 26277, 26280-81, KU 139193-201. *Gastrotheca marsupiata*: Cusco: Provincia Paucartambo, Abra Acjanaco, KU 139187-88. *Gastrotheca nebulanastes*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, CORBIDI –HE 11829, 11844, 11883-11884, 11887, MVZ 265218, MUSM 20940-44, 20949-51, 20969, 27888, 27942-43, 28060. *Gastrotheca testudinea*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MUSM 21159-62. *Hemiphractus helioi*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MHNG 2606.96, MUSM 21140-41; Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24271. *Hemiphractus scutatus*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24252, 24315. **Hylidae.** *Dendropsophus acreanus*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24276, 24284. *Dendropsophus allenorum*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24266, 24301, 27280. *Dendropsophus koechlini*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24285, 24289, 24311, 24323, 24332, 27278−79. *Dendropsophus leali*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24293, 24314, 24320. *Dendropsophus leucophyllatus*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MHNG 2607.33; Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24178−79, 24283, 24291, 24296, 24306, 24319, 24328. *Dendropsophus minutus:* Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, CORBIDI –HE 11850, MHNG 2607.38-39, MUSM 21081; Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24082−87, 24310. *Dendropsophus parviceps*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MHNG 2607.40; Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24240, 24292. *Dendropsophus rhodopeplus*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MHNG 2607.41-43; Madre de Dios:

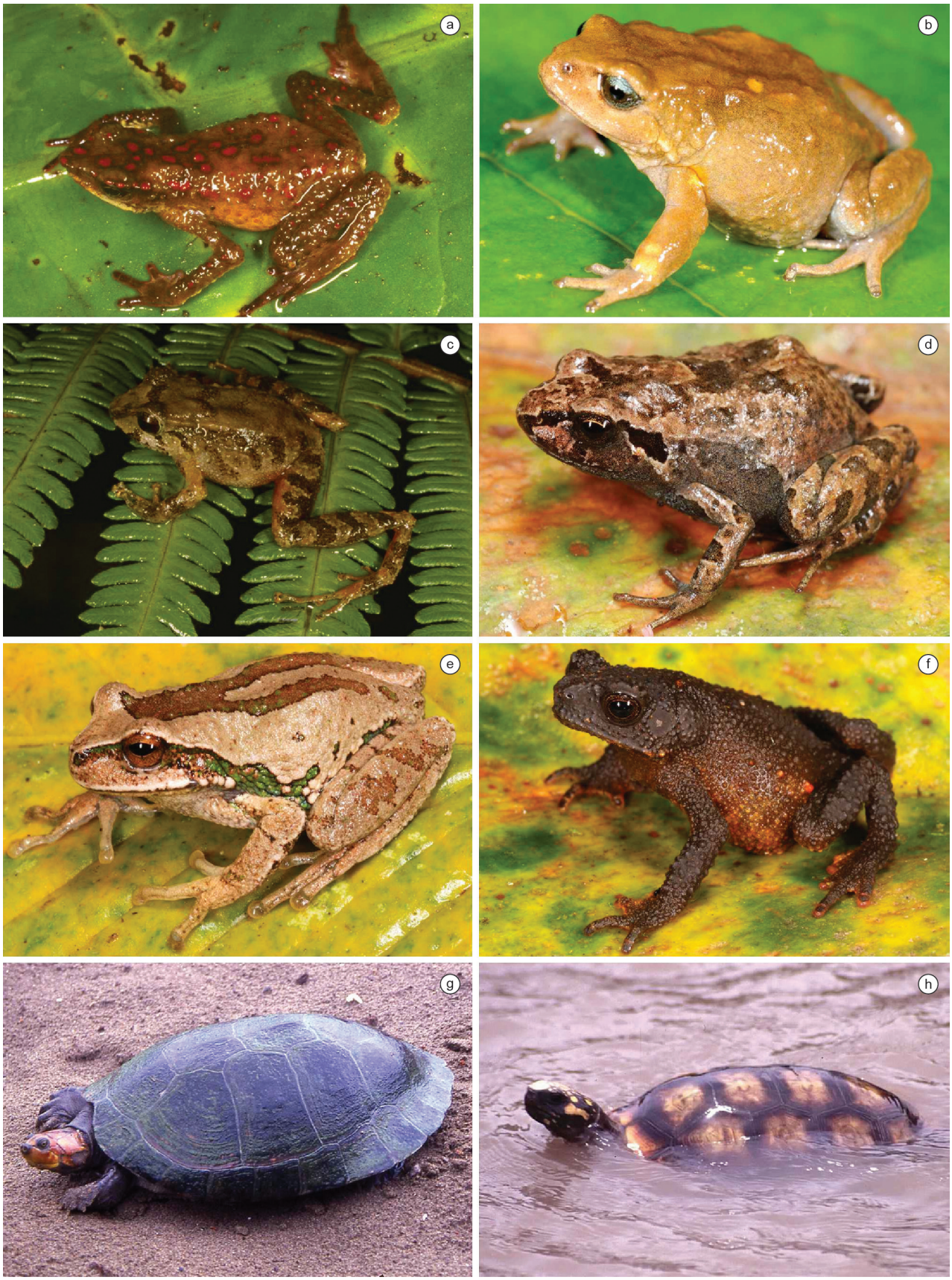


Figure 3. Threatened species of amphibians and reptiles of Manu National Park and its buffer zone. (a) *Atelopus erythropus*, critically endangered; (b) *Bryophryne cophites*, endangered; (c) *Pristimantis cosnipatae*, endangered; (d) *Psychrophrynella usurpator*, endangered; (e) *Gastrotheca excubitor*, vulnerable; (f) *Rhinella manu*, vulnerable; (g) *Podocnemis unifilis*, vulnerable; (h) *Chelonoidis denticulata*, vulnerable. *Atelopus tricolor*, considered vulnerable, is not included in this plate. Photos: A. Catenazzi (a-f, h), G. Knell (g).

Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24303. *Dendropsophus sarayacuensis*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MHNG 2607.37. *Dendropsophus schubarti*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24295. *Dendropsophus triangulum*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24126, 24128, 24225. *Hyloscirtus armatus*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MUSM 21142-48, MHNG 2606.50-53. *Hyloscirtus phyllognathus*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MUSM 21108-10. *Hyloscirtus phyllognathus*: MHNG 2606.77-79. *Hypsiboas boans*: MHNG 2607.32. *Hypsiboas calcaratus*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MUSM 21102; Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24169. *Hypsiboas cinerascens*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24249, 24313, 24324. *Hypsiboas fasciatus*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, CORBIDI –HE 11852, MHNG 2607.31; Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24171. *Hypsiboas geographicus*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MUSM 21158, MHNG 2607.21-23; Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24167, 24196, 24245. *Hypsiboas gladiator*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, CORBIDI –HE 11840-42, 11848, 11872, 11881, 11905-11916, MUSM 27868-71, 27937-38, 21154-57, MHNG 2606.85-87. *Hypsiboas lanciformis*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MUSM 21139, MHNG 2607.25-26; Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24274, 24280. *Hypsiboas punctatus*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, CORBIDI –HE 11847, MHNG 2607.34-35; Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24185. *Osteocephalus buckleyi*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 19225-27. *Osteocephalus castaneicola*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MUSM 17746-49. *Osteocephalus* cf. *leprieurii*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24081, 24129, 24188, 24191, 24268. *Osteocephalus mimeticus*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, CORBIDI –HE 11876, 12179, 12184, 12186, MHNG 2606.98-100, MUSM 17885-86, 17953-54, 17956, 21070-71. *Osteocephalus taurinus*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24248, 24258. *Phyllomedusa camba*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24218, 24263, 24269, 24277. *Phyllomedusa palliata*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24290, 24304. *Phyllomedusa vaillanti*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MHNG 2607.27; Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24309. *Scarthyla goinorum*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24262. *Scinax garbei*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MHNG 2607.28; Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24281−82. *Scinax ictericus*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24317, 24110, 24286, 24302. *Scinax pedromedinae*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24322, 24325. *Scinax ruber*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MUSM 21080, MHNG 2607.14; Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24298−99, 24330. *Trachycephalus venulosus*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24321. **Leptodactylidae**. *Leptodactylus andreae*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MHNG 2606.92, MUSM 21082; Madre de Dios: Provincia Manu, Cocha Cashu Biological Station, KU 154873, 154874, 154877-79. *Leptodactylus hylaedactylus*: Madre de Dios: Provincia Manu, Cocha Cashu Biological Station, KU 154875, 154876; Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24153, 24168, 24172, 24174, 24176−77, 24181, 24183, 24189, 24194−95, 24204, 24208, 24214, 24220, 24222, 24229, 24231, 24234, 24236−37, 24265, 24273. *Leptodactylus dydimus*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24166, 24170, 24272. *Leptodactylus griseigularis*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MHNG 2607.30. *Leptodactylus knudseni*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24327. *Leptodactylus leptodactyloides*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24193, 24256. *Leptodactylus petersii*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24202, 24206, 24221. *Leptodactylus rhodomystax*: Madre de Dios: Pakitza, MVZ 197063-64. *Leptodactylus rhodonotus*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MHNG 2606.80-81, MUSM 21169-70. *Leptodactylus stenodema*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 21069. *Leptodactylus wagneri*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MHNG 2607.29. **Leiuperidae**. *Edalorhina perezi*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24242. *Engystomops freibergi*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24247. *Pleurodema marmoratum*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, KU 173377-173379. **Microhylidae**. *Chiasmocleis bassleri*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 27272. *Chiasmocleis ventrimaculata*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24209, 24215, 27260, 27262, 27266−70. *Ctenophryne geayi*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24200, 24294, 34318. *Elachistocleis muiraquitan*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24224, 24278, 24329. *Hamptophryne boliviana*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24308, 27271. *Syncope antenori*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 27263−65. **Pipidae**. *Pipa pipa*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24228, 24260, 24265. **Plethodonthidae**. *Bolitoglossa altamazonica*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24165, 24186, 24211, 24226, 24244. **Strabomantidae**. *Bryophryne cophites*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, CORBIDI –HE 11919, MHNG 2698.24, MUSM 26266-67, 26283-84, 26313, 26315, 27895-96, 30414-17, KU 138884-916. *Bryophryne hanssaueri*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MVZ 258411-13, MHNG 2698.25, MUSM 24557, 27567-69, 27607-11, 30439-42, 30445-46, 30451, 30457, MTD 46865-66, 46887-89. *Bryophryne nubilosus*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, CORBIDI –HE 11921, MHNG 2725.27-28, MUSM 20970, 24539-40, 26310-11, 26312, 26316-17, 27882-84, 27886, 28021-22, 30413, 30422-44, 30447, 30449-50, 30455-56, MTD 47293-94. *Noblella* cf. *myrmecoides*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MHNG 2606.82-84, MUSM 21072-80, 30426-29, 30458-60; Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 27261, 24219, 24251, 24266, 27274−75. *Noblella pygmaea*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MHNG 2725.29-30, MUSM 24535-36, 26306-7, 26318-20, 30423-24, 30453-54, MTD 47286-87. *Noblella* sp.: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MUSM 27581, 27582, MTD 46872-74. *Oreobates cruralis*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24091, 24093, 24096−98, 24100, 24102−04, 24107. *Oreobates gemcare*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, CORBIDI –HE 11922, MHNG 2606.46-47, MUSM 21086, 21151, 27885, 27901, 27903-4, 28029, 21152-53,

MTD 46893. *Oreobates granulosus*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MUSM 30554-55. *Oreobates quixensis*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MHNG 2607.36; Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24305. *Pristimantis altamazonicus*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, CORBIDI –HE 11854; Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24108, 25848, 25858. *Pristimantis carvalhoi*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24088, 24095, 24105−06. *Pristimantis cosnipatae*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MHNG 2606.72, MUSM 20994-95, 21094, 27890, KU 138876, 162298-304. *Pristimantis danae*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, CORBIDI –HE 11823, 11828, 11831, 11836, 11851, 11857, 11859-61, 11873, 11879, 11882, 11885, 11897, 11904, 11918, 11923, 12176-77, MHNG 2606.88-91, MUSM 20996-97, 21163-68, 26268, 26275, 27897-27900, 28023, 28030, 30419-20, KU 162307-50. *Pristimantis divnae*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 19990, 27276−77, 27281. *Pristimantis fenestratus*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MHNG 2607.24, MUSM 21118; Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24092, 24094. *Pristimantis lindae*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, CORBIDI –HE 11837, 11866, 11888, MHNG 2606.97, MUSM 20998, 21112-13, 27902, 27905, 27907-8, 28020, 30448, 30470, KU KU 162305. *Pristimantis mendax*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, CORBIDI –HE 11862, MHNG 2607.11-13, MUSM 20999, 21105-7. *Pristimantis mercedeae*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MUSM 21095. *Pristimantis ockendeni*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24089, 24099, 24109. *Pristimantis pharangobates*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, CORBIDI –HE 11822, 11833, 11846, 11856, 11875, 11880, 11886, 11899-11901, 11903, 11920, 12178, MHNG 2606.42-45, 2606.73-76, MUSM 17975, 26265, 26269-71, 26276, 27622-28, 27909-12, 28031, 30418, 30433, MTD 47483-87, KU 138877. *Pristimantis platydactylus*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, CORBIDI –HE 11835, 11838, 11843, 11845, 11849, 11858, 11863-65, 11869-70, 11874, 11894-95, 11902, 12180-81, 12189-90, MHNG 2606.64, 2606.66-67, 2606.71, MUSM 21088-90, 21096, 21100, 26286-92, 26305, 27914-15, 27917, 28048, 30432, 30461-63, KU 162306. *Pristimantis reichlei*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, CORBIDI –HE 11853, 11855, MHNG 2607.15-17, MUSM 21103; Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24101. *Pristimantis salaputium*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, CORBIDI –HE 11827, 12182, 12185, 12187-88, MHNG 2606.65, MUSM 21087, 21091-93, 21097-98, 27913, 27916, 27918, 27920, 30452, 30464-67, 30469, KU 162291-97. *Pristimantis tantanti* Madre de Dios: Cocha Cashu Field Station: MUSM 3848, 9119. *Pristimantis toftae*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, CORBIDI –HE 11832, 11871, 11877-78, 11889-93, 11898, MHNG 2607.01-03, MUSM 21003, 21119-21, 27921-22, 27924-28; Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24090. *Pristimantis ventrimarmoratus*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MUSM 21101. *Psychrophrynella usurpator*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MUSM 20011, 20873-81, 20896-20913, 20925-33, 20946-47, 20955-57, 21012-18, 26272-73, 26278-79, 26308, 27592, 27906, 27950, 28033-28047, 30303, 30305, 30396-30400, 30405-30409, 30471-30474, MTD 46881-82, KU 138917, 138919-78. *Psychrophrynella* sp. P: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MHNG 2606.56, MUSM 20958-60, 20963, 20973-74, 20977, 21186-87, 26274, 26300-4, 26314, 27586-91, 27594-27604, 27936, 30395, 30410-11, 30425, 30475, 30478-80, 20945, 20961-62, 20964, 20975-76, MTD 46876-80, 46883, 46885-86. *Psychrophrynella* sp. R: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MUSM 26294-99, 27584-85, 27593, 27605, 27891, 30421, 30476-77, MTD 46875, 46884.

REPTILES. Anguidae. *Diploglossus fasciatus*: Madre de Dios: Pakitza, MVZ 197116. **Boidae**. *Corallus hortulanus*: Madre de Dios: Pakitza, MVZ 197158-59. **Colubridae**. *Clelia clelia*: Madre de Dios: Pakitza, MVZ 197163. *Chironius carinatus*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24073. *Chironius fuscus*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24353, 24365. *Dendrophidion dendrophis*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24349, 24352. *Dipsas catesbyi*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24343. *Dipsas peruana*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, CORBIDI –HE 11839. *Drepanoides anomalus*: Madre de Dios: Pakitza, MVZ 197146. *Drymoluber dichrous*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24362. *Helicops angulatus*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24113, 24139, 24340, 24358. *Imantodes cenchoa*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24110, 24348. *Leptodeira annulata*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24364, 24369. *Leptophis ahaetulla*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24357, 24367. *Liophis reginae*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24339. *Liophis taeniogaster*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24363, 34368. *Liophis taeniurus*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, CORBIDI –HE 11896. *Oxyrhopus marcapatae*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MUSM 30251-52. *Oxyrhopus melanogenys*: Madre de Dios: Pakitza, MVZ 197150. *Pseudoboa coronata*: Madre de Dios: Pakitza, MVZ 1974148. *Pseudoeryx plicatilis*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24359. *Siphlophis compressus*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24338; Pakitza, MVZ 197145. *Tachymenis peruviana*: MUSM 28014, KU 139426-27. *Taeniophallus brevirostris*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 25860. *Taeniophallus occipitalis*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 25859. *Xenopholis scalaris*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24162, 24350. **Gekkonidae**. *Gonatodes humeralis*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24120, 24142-43, 24161. *Pseudogonatodes guianensis*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24137, 24150, 24152, 24154, 24230, 24257. **Elapidae**. *Micrurus annellatus*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MUSM 28016. *Micrurus lemniscatus*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24111. *Micrurus obscurus*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24341. **Gymnophthalmidae**. *Bachia dorbignyi*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24151. *Cercosaura eigenmanni*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24121, 24148, 24156-58. *Potamites* sp.: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, MUSM 26309, 26321, 28055-59, 30258-62, 30305. *Proctoporus bolivianus*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, CORBIDI –HE 11830, MUSM 27617, 30263-90, 30296, MTD 46894, 47479. *Ptychoglossus brevifrontalis*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24117-18, 24122, 24133,

24138, 24145. **Leptotyphlopidae**. *Leptotyphlops diaplocius*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24147, 24159. **Polychrotidae**. *Anolis cuscoensis*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, CORBIDI –HE 11825-26, MUSM 30255-57. *Anolis fuscoauratus*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24116, 24119, 24132, 24134, 24144, 24149, 24160. *Anolis nitens*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession,MUSM 24114, 24136. *Anolis ortonii*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24155. **Scincidae**. *Copeoglossum nigropunctatum*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession,MUSM 24141. **Teiidae**. *Ameiva ameiva*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24140. *Kentropyx pelviceps*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24112. *Tupinambis teguixin*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, KU 139420. **Typhlopidae**. *Typhlops reticulatus*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24261. **Viperidae**. *Bothrops andianus*: Cusco: Provincia Paucartambo, Kosñipata, CORBIDI –HE 11834, MUSM 30297. *Bothrops atrox*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24336, 24356. *Bothriopsis bilineata*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24366. *Bothrops brazili*: Madre de Dios: Provincia Manu, Los Amigos Conservation Concession, MUSM 24074.

Acknowledgments

We thank the administration of Manu NP, Cusco for issuing research permit and for supporting our work in the park and its buffer zone. We thank two anonymous reviewers for comments. Collecting and export permits were issued by the Instituto Nacional de Recursos Naturales and the Dirección de Gestión Forestal y de Fauna Silvestre at the Ministry of Agriculture in Lima (research permit numbers: 0682-96-AG, 0346-98-AG, 89-98-INRENA-DGANPFS-DANP, 008-2002-INRENA-J-DGFFS-DCB, 012-2003-INRENA-IFFS-DCB, 053-2005-INRENA-IFFS-DCB, 23-2006-INRENA-IFFS-DCB, 044-C/C-2006-INRENA-IANP, 67-2007- INRENA-IFFS-DCB, 11-2008-INRENA-IFFS-DCB) and Manu National Park in Cusco (06-2013-SERNANP-PNM-JEF). We thank park rangers, students, and colleagues who assisted in field work. We thank the following colleagues for verifying some of the species identifications: Ronald Heyer, Lily Rodriguez, Claudia Torres, Marvalee Wake, Hussan Zaher. RvM was supported by a National Science Foundation Postdoctoral Research Fellowship in Biology (DBI-1103087). Fieldwork was supported by grants from the Amazon Conservation Association (AC, RvM), the Rufford Small Grants Foundation (AC), the Chicago Board of Trade Endangered Species Fund (AC), the Amphibian Specialist Group (AC and EL), the Fondation Mathey-Dupraz (AC), the Swiss Academy of Natural Sciences (AC), the Wildlife Conservation Society (RvM), and the National Geographic Society Committee for Research and Exploration (Grant # 9191-12 to RvM). This is publication No. 2 of the Amphibian Specialist Group Peru network.

References

BLACKBURN, D.C. & WAKE, D.B. 2011. Class Amphibia Gray, 182. In Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness (Z.-Q. Zhang, Ed.). Zootaxa. 3148:39-55.

CAMPBELL, J.A. & LAMAR, W.W. 1989. The venomous reptiles of Latin America. Comstock Publishing Associates, Ithaca, New York.

CASTOE, T.A., DOAN, T.M. & PARKINSON, C.L. 2004. Data partitions and complex models in Bayesian analysis: the phylogeny of Gymnophthalmid lizards. System. Biol. 53(3):448-469. PMid:15503673. http://dx.doi.org/10.1080/10635150490445797

CASTROVIEJO-FISHER, S., PADIAL, J.M., CHAPARRO, J.C., AGUAYO, R. & DE LA RIVA, I. 2009. A new species of *Hyalinobatrachium* (Anura: Centrolenidae) from the Amazonian slopes of the central Andes, with comments on the diversity of the genus in the area. Zootaxa 2143:24-44.

CATENAZZI, A. & RODRÍGUEZ, L.O. 2001. Diversidad, distribución y abundancia de anuros en la parte alta de la Reserva de Biosfera del Manu. In El Manu y otras experiencias de investigación y manejo de bosques neotropicales. (L.O. Rodriguez, ed.). Pro-Manu, Cusco, p.53-57.

CATENAZZI, A., LEHR, E., RODRIGUEZ, L.O. & VREDENBURG, V. T. 2011. *Batrachochytrium dendrobatidis* and the collapse of anuran species richness and abundance in the upper Manu National Park, Peru. Cons. Biol. 25(2):382-391. PMid:21054530.

CATENAZZI, A., RODRÍGUEZ, L. & DONNELLY, M.A. 2009. The advertisement calls of four species of glassfrogs (Centrolenidae) from Southeastern Peru. Studies Neotrop. Fauna Environ. 44(2):83-91. http://dx.doi.org/10.1080/01650520903036653

CATENAZZI, A., VON MAY, R., LEHR, E., GAGLIARDI-URRUTIA, G. & GUAYASAMIN, J. M. 2012. A new, high-elevation glassfrog (Anura: Centrolenidae) from Manu National Park, southern Peru. Zootaxa 3388:56-68.

CHAPARRO, J.C., PRAMUK, J.B. & GLUESENKAMP, A.G. 2007. A new species of arboreal *Rhinella* (Anura: Bufonidae) from could forest of southeastern Peru. Herpetologica 63(2):203-212. http://dx.doi.org/10.1655/0018-0831(2007)63[203:ANSOAR]2.0.CO;2

DE LA RIVA, I., & CHAPARRO, J. C. 2005. A new species of tree frog from the Andes of southeastern Peru (Anura: Hylidae: Hyla).Amphibia-Reptilia, 26(4): 515-521.

DE LA RIVA, I., CHAPARRO, J.C. & PADIAL, J.M. 2008. A new, long-standing misidentified species of *Psychrophrynella* Hedges, Duellman & Heinicke from Departamento Cusco, Peru (Anura: Strabomantidae). Zootaxa. 1823:42-50.

DUELLMAN, W.E. 1976. Centrolenid frogs from Peru. Occas. Papers Mus. Nat. Hist., Univ. Kansas 52:1-11.

DUELLMAN, W.E. 1978. New species of Leptodactylid frogs of the genus *Eleutherodactylus* from the Cosñipata Valleu, Perú. Proc.Biol. Soc. Washington 91:418-430.

DUELLMAN, W.E. 1999. Distribution patterns of amphibians in South America. In Patterns of distribution of amphibians: A global perspective (Duellman, W.E., ed.). The John Hopkins University Press, Baltimore and London, p.255-328.

DUELLMAN, W.E. 2005. Cusco Amazónico: The lives of amphibians and reptiles in an Amazonian rainforest. Comstock Publishing Associates, Ithaca, New York. PMid:16403648.

DUELLMAN, W.E. & LEHR, E. 2009. Terrestrial-Breeding frogs (Strabomantidae) in Peru. Natur und Tier-Verlag, Münster, 384 p.

DUELLMAN, W.E., CATENAZZI, A. & BLACKBURN, D.C. 2011. A new species of marsupial frog (Anura:Hemiphractidae: *Gastrotheca*) from the Andes of southern Peru. Zootaxa 3095:1-14.

FROST, D.R. 2013. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 5.6 (January 2013). http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia (último accesso em 6/10/2013).

GRISCOM, B.W., DALY, D.C. & ASHTON, M.S. 2007. Floristics of bamboo-dominated stands in lowland terra-firma forests of southwestern Amazonia. J. Torrey Bot. Soc. 134:108-125. http://dx.doi.org/10.3159/1095-5674(2007)134[108:FOBSIL]2.0.CO;2

GUTBERLET, R.L. & CAMPELL, J. A. 2001. Generic recognition for a neglected lineage of South American Pitvipers (Squamata: Crotalinae) with the description of a new species from the Colombian Chocóo. American Museum Novitates 3316: 1-15.

HARVEY, M.B. 1999. Revision of Bolivian *Apostolepis* (Squamata: Colubridae). Copeia 1999(2):388-409. http://dx.doi.org/10.2307/1447485

HURTADO, J.L. & BLANCO, D. 1994. Nuevo registro de ofidios del bosque nublado del valle de Q'ósñipata, Cusco. Bol. Lima 91-96:49-52.

LARSEN, T.H., LOPERA, A. & FORSYTH, A. 2006. Extreme trophic and habitat specialization by Peruvian dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). Coleopt. Bull. 60(4):315-324. http://dx.doi.org/10.1649/0010-065X(2006)60[315:ETAHSB]2.0.CO;2

LE, M., RAXWORTHY, C.J., McCORD, W.P. & MERTZ, L. 2006. A molecular phylogeny of tortoises (Testudines: Testudinidae) based on mitochondrial and nuclear genes. Molec. Phylogen. Evol. 40(2):517-531. PMid:16678445. http://dx.doi.org/10.1016/j.ympev.2006.03.003

LEHR, E. & CATENAZZI, A. 2008. A new species of *Bryophryne* (Strabomantidae) from southern Peru. Zootaxa 1784:1-10.

LEHR, E. & CATENAZZI, A. 2009a. A new species of minute Noblella (Anura: Strabomantidae) from southern the smallest frog of the Andes. Copeia 2009(1):148-156. http://dx.doi.org/10.1643/CH-07-270

LEHR, E. & CATENAZZI, A. 2009b. Three new species of *Bryophryne* from southern Peru. S. Amer. J. Herpet. 4(2):125-138. http://dx.doi.org/10.2994/057.004.0204

LEHR, E. & VON MAY, R. 2009. A new species of *Pristimantis* (Anura: Strabomantidae) from the Amazonian lowlands of southern Peru. J. Herpet. 43(3):485-494. http://dx.doi.org/10.1670/08-202R.1

McCORD, W.P., MEHDI, J.-O. & LAMAR, W.W. 2001. A taxonomic reevaluation of *Phrynops* (Testudines: Chelidae) with the description of two new genera and a new species of *Batrachemys*. Rev. Biol. Trop. 49(2):715-764. PMid:11935927.

MORALES, V.R. & McDIARMID, R.W. 1996. Annotated checklist of the amphibians and reptiles of Pakitza, Manu National Park Reserve Zone, with comments on the herpetofauna of Madre de Dios, Peru. In Manu: The biodiversity of southeastern Peru (Wilson, D.E. & A. Sandoval, eds.). Smithsonian Institution, Washington, p.503-522.

MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., DA FONSECA, G.A.B. & KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature 403:853-858. PMid:10706275. http://dx.doi.org/10.1038/35002501

NAVAS, C.A. 2003. Herpetological diversity along Andean elevational gradients: links with physiological ecology and evolutionary physiology. Comp. Biochem. Physiol. A 133(3):469-485. http://dx.doi.org/10.1016/S1095-6433(02)00207-6

PADIAL, J.M., CHAPARRO, J.C. & DE LA RIVA, I. 2007. A new species of the *Eleutherodactylus discoidalis* group (Anura: Brachycephalidae) from cloud forests of Peru. Herpetologica 63(1):114-122. http://dx.doi.org/10.1655/0018-0831(2007)63[114:ANSOTE]2.0.CO;2

PADIAL, J.M., CHAPARRO, J.C.; KÖHLER, J. & DE LA RIVA, I. 2009. Rediscovery, resurrection and redescription of *Rhinella leptoscelis* (Boulenger, 1912) (Anura: Bufonidae). Zootaxa. 2115:56-64.

PADIAL, J.M., CHAPARRO, J.C., CASTROVIEJO-FISHER, S., GUAYASAMIN, J. M., LEHR, E., DELGADO, A.J., VAIRA, M., TEIXEIRA, JUNIOR, M., AGUAYO-VEDIA, C.R. & DE LA RIVA, I. 2012. A revision of species diversity in the Neotropical genus *Oreobates* (Anura: Strabomantidae), with the description of three new species from the Amazonian slopes of the Andes. Amer. Mus. Novitates. 3752:1-55. http://dx.doi.org/10.1206/3752.2

PITMAN, N.C.A., TERBORGH, J., SILMAN, M.R., & NUÑEZ, P. 1999. Tree species distributions in an upper Amazonian forest. Ecology 80(8):2651-2661. http://dx.doi.org/10.1890/0012-9658(1999)080[2651:TSDIAU]2.0.CO;2

RODRÍGUEZ, L. 1987. Parque Nacional del Manu: Lista preliminar de los batracios anuros de Cocha Cashu. Bol. Lima 53:88-90.

RODRÍGUEZ, L.O. 1992. Structure et organisation du peuplement d'anoures de Cocha Cashu, Parque National Manu, Amazonie Péruvienne. Terre et Vie 47(2):151-197.

RODRÍGUEZ, L.B. & CADLE, J.E. 1990. A preliminary overview of the herpetofauna of Cocha Cashu, Manu National Park, Peru. In Four Neotropical Rainforests (A.H., Gentry, ed.). Yale University Press, New Haven, p.410-425.

SEIMON, T.A., SEIMON, A., DASZAK, P., HALLOY, S., SCHLOEGEL, L., AGUILAR, C., SOWELL, P., HYATT, A., KONECKY, B. & SIMMONS, J.E. 2007. Upward range extension of Andean anuran and chytridiomycosis to extreme elevations in response to tropical deglaciation. Glob. Change Biol. 13(1):288-299. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01278.x

SERNANP. 2010. Áreas naturals protegidas. Sernanp, Frononanpe, Lima.

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 extinction worldwide. Science 306:1783-1786. PMid:15486254. http://dx.doi.org/10.1126/science.1103538

UETZ, P. & HOŠEK, J. 2013. The Reptile Database. http://www.reptile-database.org (último acesso em 6/10/2013).

VON MAY, R., CATENAZZI, A., ANGULO, A., BROWN, J.L., CARRILLO, J., CHÁVEZ, G., CÓRDOVA, J.H., CURO, A., DELGADO, A., ENCISO, M.A., GUTIÉRREZ, R., LEHR, E., MARTÍNEZ, J.L., MEDINA-MÜLLER, M., MIRANDA, A., NEIRA, D.R., OCHOA, J.A., QUIROZ, A.J., RODRÍGUEZ, D.A., RODRIGUEZ, L.O., SALAS, A.W., SEIMON, T., SEIMON, A., SIU-TING, K., SUÁREZ, J., TORRES, C. & TWOMEY, E. 2008. Current state of conservation knowledge on threatened amphibian species in Peru. Trop. Cons. Sci. 1(4):376-396.

VON MAY, R., EMMONS, L.H., KNELL, G., JACOBS, J.M. & RODRÍGUEZ, L.O. 2006. Reptiles del Centro Río Los Amigos, Manu y Tambopata, Perú. Rapid Color Guide #194. http://fm2.fieldmuseum.org/plantguides/guideimages.asp?ID=328.

VON MAY, R. & DONNELLY, M.A 2009. Do trails affect relative abundance estimates of rainforest frogs and lizards?. Aust. Ecol. 34(6):613-620.

VON MAY, R., SIU-TING, K., JACOBS, J.M., MEDINA-MÜLLER, M., GAGLIARDI, G., RODRÍGUEZ, L.O. & DONNELLY, M.A. 2009. Species diversity and conservation status of amphibians in Madre de Dios, Perú. Herpet. Cons. Biol. 4(1):14-29.

VON MAY, R. 2009. Diversity patterns of amphibians in lowland amazonian forests in southeastern Peru. PhD dissertation, Florida International University, Miami, 201p.

VON MAY, R., JACOBS, J.M., SANTA CRUZ, R., VALDIVIA, J., HUAMÁN, J. & DONNELLY, M.A. 2010. Amphibian community structure as a function of forest type in Amazonian Peru. J. Trop. Ecol. 26(5):509-519. http://dx.doi.org/10.1017/S0266467410000301

Received 03/04/2013
Revised 11/18/2013
Accepted 11/25/2013

Conhecimento e conservação dos peixes marinhos e estuarinos (Chondrichthyes e Teleostei) da costa norte do Brasil

Alexandre Pires Marceniuk[1,2,5], Rodrigo Antunes Caires[3], Wolmar Benjamin Wosiacki[2] & Fabio Di Dario[4]

[1]Instituto de Estudos Costeiros, Universidade Federal do Pará – UFPA, Campus de Bragança, Alameda Leandro Ribeiro, s/n, CEP 68600-000, Bragança, PA, Brasil
[2]Setor de Ictiologia, Museu Paraense Emílio Goeldi, CP 399, CEP 66040-170, Belém, PA, Brasil
[3]Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo – USP, CP 42494, CEP 04218-970, São Paulo, SP, Brasil
[4]Núcleo em Ecologia e Desenvolvimento Socioambiental – NUPEM, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Campus Macaé, CP 119331, CEP 27910-970, Macaé, RJ, Brasil
[5]Autor para correspondência: Alexandre Pires Marceniuk, e-mail: a_marceniuk@hotmail.com

MARCENIUK, A.P., CAIRES, R.A., WOSIACKI, W.B. & DI DARIO, F. **Knowledge and conservation of the marine and estuarine fishes (Chondrichthyes and Teleostei) of the north coast of Brazil**. Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/en/abstract?inventory+bn02613042013

Abstract: The tropical western South Atlantic, which includes a substantial portion of the Brazilian Exclusive Economic Zone, is a region of endemism broadly recognized as being of prime importance for the conservation of the marine biodiversity. The north coast of Brazil, which comprises the states of Amapá, Pará and Maranhão from the mouth of the rio Oiapoque to the mouth of the rio Parnaíba, harbors the largest continuous mangrove in the world, with approximately 8,900 km^2. The high discharge of freshwater and continental sediments in the delta of the Amazonas affects the regime of tides, ocean currents, and several oceanographic processes of the north coast, with direct impact on the composition of the biota found in the region. Despite its economic value and intrinsic biological relevance, several aspects of the diversity of the marine and estuarine fishes of the region are poorly known. This situation results mainly from a historical imbalance in terms of the number of studies devoted to increasing the knowledge of the marine biota along the Brazilian coast, such as those dealing with species inventory and taxonomic revisions, which are typically concentrated in the south and southwestern portions of the country. The scientific production focused on marine organisms of the north coast is also imbalanced, and reflects the relatively small number of taxonomists and research groups working on that subject. The insufficient knowledge of the biodiversity of the marine and estuarine fishes of the north coast is an impediment to the implementation of adequate public policies aimed at the management of natural resources in the region. In the long term, that situation is potentially harmful in terms of conservation of a still poorly known biota. A better understanding of the marine fish fauna of the north coast of Brazil will be achieved only through the investment in scientific research and personnel training in systematics and biogeography, coupled with the modernization of the current infrastructure and expansion of scientific collections of the region.
Keywords: *biodiversity, inventory, natural resources, zoological collections, Exclusive Economic Zone.*

MARCENIUK, A.P., CAIRES, R.A., WOSIACKI, W.B. & DI DARIO, F. **Conhecimento e conservação dos peixes marinhos e estuarinos (Chondrichthyes e Teleostei) da costa norte do Brasil**. Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/pt/abstract?inventory+bn02613042013

Resumo: A região tropical do Atlântico Sul ocidental, que inclui uma porção substancial da Zona Econômica Exclusiva brasileira, é uma região de endemismo amplamente reconhecida como sendo de importância primária para a conservação da biodiversidade marinha. A costa norte do Brasil, que inclui os Estados do Amapá, Pará, e Maranhão, desde a foz do rio Oiapoque até a foz do rio Parnaíba, abriga o maior manguezal contínuo do mundo, com aproximadamente 8.900 km^2. A alta descarga de água doce e sedimentos continentais no delta do Amazonas afeta o regime das marés, correntes oceânicas, e uma série de processos oceanográficos da costa norte, com impactos diretos na composição da biota encontrada na região. Apesar de seu valor econômico e relevância biológica intrínseca, diversos aspectos da diversidade de peixes marinhos e estuarinos da região são pouco conhecidos. Esta situação resulta principalmente de um desequilíbrio histórico em termos do número de estudos voltados ao conhecimento da biota marinha ao longo da costa brasileira, como aqueles que tratam do inventariamento de espécies e revisões taxonômicas, que são tipicamente concentrados nas porções sul e sudeste do país. A produção científica focalizada nos organismos marinhos da costa norte também é desequilibrada e reflete o número relativamente baixo de taxonomistas e grupos de pesquisa trabalhando com o tema. O conhecimento insuficiente da biodiversidade dos peixes marinhos e estuarinos da costa norte é um impedimento à implantação de políticas públicas adequadas voltadas para o manejo dos recursos naturais na região. À longo prazo, essa situação é potencialmente prejudicial em termos da conservação de uma biota ainda pouco conhecida. Um melhor conhecimento da fauna de peixes marinhos da costa norte do Brasil será atingido apenas através do investimento em pesquisas científicas e formação de pessoal em sistemática e biogeografia, acoplado à modernização da infra-estrutura e expansão das coleções científicas da região.
Palavras-chave: *biodiversidade, inventariamento, recursos naturais, coleções zoológicas, Zona Econômica Exclusiva.*

Introdução

O termo biodiversidade tem sido amplamente utilizado por biólogos, ambientalistas, líderes políticos e cidadãos comuns desde meados da década de 1980. A popularização do termo coincide com o aumento da degradação do meio ambiente e a perda de espécies nas últimas décadas do século XX, quando foram reconhecidas as regiões mais ricas biologicamente, ou *hotspots* de biodiversidade (Myers et al. 2000). A porção tropical do Atlântico Sul ocidental, incluída na Zona Econômica Exclusiva brasileira (ZEE), é uma importante área de endemismo marinho e uma área prioritária para conservação da biodiversidade (McKenna & Allen 2002). Entretanto, a região permanece insatisfatoriamente conhecida em relação a sua diversidade biológica (Couto et al. 2003, Amaral & Jablonski 2005).

A costa brasileira possui aproximadamente 8.500 km de extensão, do rio Oiapoque (AP) ao Arroio Chuí (RS), com uma grande diversidade de características geológicas, geográficas, climáticas, hidrográficas e sedimentológicas, que constituem uma grande diversidade de ambientes, como estuários, lagoas, lagunas, praias arenosas, costões rochosos e recifes de coral (Brasil 2007). Ekau & Knoppers (1999), com base nestas variáveis, reconheceram cinco regiões no litoral brasileiro: região Norte, da foz do rio Oiapoque (4° 16' N), no Amapá, à foz do rio Parnaíba (3° S), no Maranhão; região Nordeste, da foz do rio Parnaíba à baía de Todos os Santos (13° S), na Bahia; região Leste, da baía de Todos os Santos ao cabo de São Tomé (22° S), no Rio de Janeiro; região Sudeste, do cabo de São Tomé, ao cabo de Santa Marta (28° 40' S), em Santa Catarina; e região Sul, do cabo de Santa Marta ao arroio Chuí (34° 45' S), no Rio Grande do Sul. Nestas regiões, os traços distintivos da biodiversidade são determinados por fenômenos climatológicos e oceanográficos (Amaral & Jablonski 2005), que combinados ao componente filogenético (histórico), influenciam o conjunto de espécies encontradas nestas regiões (e.g. Nelson & Platnick 1981).

A costa norte do Brasil compreende os estados do Amapá, Pará e Maranhão, estendendo-se por mais de 2.500 km, com uma linha da costa bastante diversa (Isaac & Barthem 1995) (Figura 1). No Amapá, a linha da costa é retilínea, enquanto no nordeste do Pará e noroeste do Maranhão, é profundamente recortada, tornando-se novamente retilínea a partir da baía do Tubarão, no Maranhão (El-Robrini et al. 1992). A região é altamente instável em termos geomorfológicos em decorrência da ação de erosão, com grande deposição de sedimentos que contribuem para o desenvolvimento de planícies alagadas e grande número de ilhas. As reentrâncias e recortes da linha costeira favorecem a existência de ecossistemas estuarinos, dominados pela vegetação de manguezal. Os estados do Amapá, Pará e Maranhão abrigam a maior área de manguezal contínuo do planeta, com cerca de 8.900 km^2, que fornece uma grande quantidade de nutrientes para as águas marinhas adjacentes (Dittmar 1999). Os Golfões Marajoara e Maranhense representam complexos estuarinos bastante dinâmicos, com elevada descarga de sedimento de origem fluvial. Somente o rio Amazonas descarrega no oceano entre 80.000 e 250.000 m^3 de água doce por segundo (Isaac & Braga 1999) e até 1,4 milhão de toneladas anuais de sedimentos (Milliman & Meade 1983), contribuindo para a formação de um substrato predominantemente lamoso na faixa costeira e na plataforma continental interna. A descarga de um volume tão elevado de água doce no ambiente marinho resulta em um sistema dinâmico e altamente energético, interferindo nas condições das marés e ondas, alterando a influência das correntes marinhas,

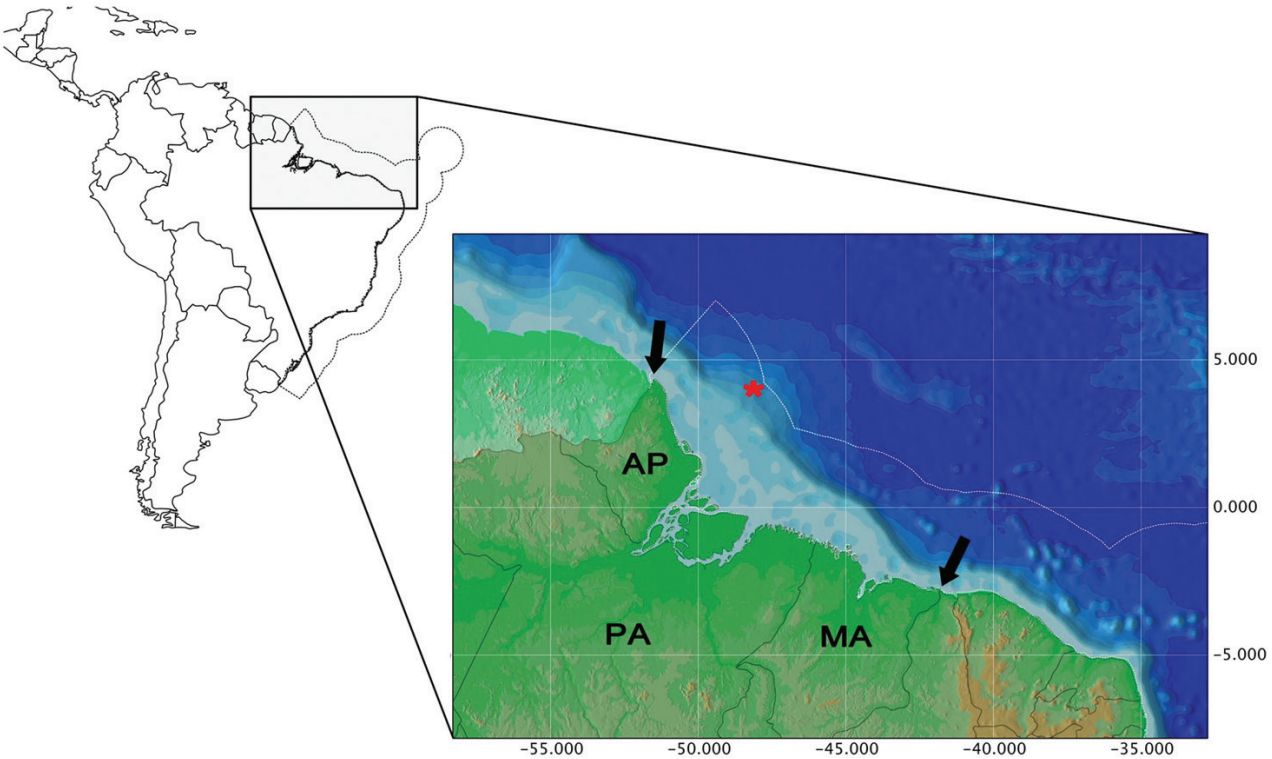


Figura 1. Costa norte do Brasil, ressaltando as fronteiras entre os Estados do Amapá (AP), Pará (PA) e Maranhão (MA). Setas indicam a foz dos rios Oiapoque (norte) e Parnaíba (sul). Estrela vermelha indica o Cone do Amazonas. Linha pontilhada indica o limite da Zona Econômica Exclusiva brasileira. Coordenadas geográficas em Graus Decimais (DD).

Figure 1. North coast of Brazil, highlighting boundaries between the States of Amapá (AP), Pará (PA) and Maranhão (MA). Arrows indicate mouth of rivers Oiapoque (north) and Parnaíba (south). Red star indicates the Amazon Cone. Dotted lines indicate the limit of the Brazilian Exclusive Economic Zone. Geographic coordinates in Decimal Degrees (DD).

e atuando em uma série de processos oceanográficos, com reflexo direto na composição e distribuição dos recursos naturais (Costa & Figueiredo Junior 1998).

O Cone do Amazonas, localizado na plataforma continental adjacente à foz do rio Amazonas, é formado pelo acúmulo de sedimentos oriundos do rio Amazonas, que ultrapassa os limites da Zona Econômica Exclusiva. Na região do Cone do Amazonas não existe um talude ou elevação continental típicos, definidos por gradientes de profundidades. Ao invés disso, existe um talude contínuo que se estende até a planície abissal, interrompido por paleocanais e outras feições geológicas construtivas ou erosivas de origem não tectônica (Alberoni et al. 2007). Em relação às correntes marinhas, a costa norte é influenciada pela Corrente Norte do Brasil, ou Corrente das Guianas, que transporta as águas da plataforma externa e do talude na direção noroeste (Kuehl et al. 1986). O ciclo de marés e a pluviosidade fornecem nutrientes para a manutenção da fauna encontrada no sedimento lodoso e arenoso, favorecendo o crescimento de larvas e juvenis de peixes, crustáceos e moluscos (Isaac & Braga 1999). Como efeito, a região possui uma alta produtividade biológica, sustentando uma elevada biomassa e uma complexa teia alimentar que influencia positivamente a atividade pesqueira local e de regiões adjacentes (Neiva & Moura 1977, Wolff et al. 2000). O ambiente pelágico da plataforma, por outro lado, é considerado oligotrófico, sem áreas de ressurgências ou grandes arrecifes que poderiam influenciar o aumento da produtividade. A zona eufótica é pouco profunda e mantida por nutrientes provenientes da regeneração bentônica dos setores costeiros rasos e pela vazão dos rios e estuários, que acabam promovendo a fertilização das águas (Brasil 2006). A biota da costa norte do Brasil também é influenciada pela bacia do rio Orenoco, que possui aproximadamente 830.000 km² (Lundberg et al. 1998). A descarga combinada de água doce do rio Amazonas e do rio Orenoco forma a "Pluma do Amazonas-Orenoco", que confere à região características oceanográficas particulares (Ekau & Knoppers 1999, Brasil 2007), e representa uma importante barreira separando as províncias biogeográficas do Caribe e do Brasil (Luiz et al. 2012). Desta forma, as características bióticas e abióticas da costa norte do Brasil permitem o reconhecimento de uma ecorregião distinta no Atlântico ocidental (e.g., Sullivan Sealey & Bustamante 1999, Spalding et al. 2007). A ictiofauna da costa norte do Brasil possui grande valor comercial e social. A atividade pesqueira é predominantemente artesanal, caracterizada pela utilização de barcos de madeira e operação manual dos aparelhos de pesca (Isaac-Nahum 2006, Bentes et al. 2012). A atuação da frota pesqueira restringe-se à área costeira e à plataforma interna, entre o limite norte do Brasil e o litoral do Maranhão (Isaac et al. 2008). A pesca na região baseia-se em artes de pesca variadas, como linhas de mão simples, espinhéis de fundo, redes de emalhe de grande porte, currais e covos, com destaque para aquelas de maior importância econômica, como redes de espera e tapagem (Espírito-Santo et al. 2005).

Apesar de sua relevância em termos biogeográficos, ecológicos e comerciais, a fauna de peixes da costa norte do Brasil é pouco conhecida, representando a região menos amostrada e estudada de toda ZEE brasileira. Neste artigo, apresentamos um panorama geral do conhecimento dos peixes estuarinos e marinhos da costa norte do Brasil. Além disso, procuramos identificar as principais razões pelas quais a ictiofauna da região é pouco conhecida, sugerindo medidas para que a situação seja revertida.

Material e Métodos

Os catálogos de 14 coleções ictiológicas brasileiras com livre acesso na *internet* foram consultados através dos sítios dos projetos Neodat (http://www.mnrj.ufrj.br/search.htm) e SpeciesLink (http://www.splink.org.br/), com dados completos da Coleção de Peixes do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) e do Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro (MNRJ), obtidos diretamente com os curadores dessas coleções, totalizando 279.890 lotes. O número de famílias de peixes marinhos (Chondrichthyes e Teleostei), citados para as diferentes regiões da costa brasileira, foi estimado com base nos acervos da coleção de Peixes do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), do Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro (MNRJ), Museu de Ciências e Tecnologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul (MCP) e do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP), que são as mais representativas em relação aos peixes marinhos e estuarinos brasileiros. A Figura 1 foi produzida no Quantum GIS (QGIS), com livre acesso em http://www.qgis.org.

Resultados e Discussão

A compilação mais completa e confiável sobre a ictiofauna marinha do Brasil, realizada por Menezes et al. (2003), apresenta um sumário das espécies com ocorrência documentada ou altamente provável na costa brasileira, totalizando 1.297 espécies válidas, das quais 925 são registradas ou potencialmente ocorrem na costa norte do Brasil. Das 200 famílias de peixes reconhecidas por Menezes et al. (2003), 146 supostamente são encontradas na costa norte brasileira. No entanto, a maioria absoluta dos registros atribuídos à região provém de inferências feitas a partir de espécies com registros mais ao norte, como na região das Guianas, ou no nordeste do Brasil. Dados de ocorrência, documentados a partir de exemplares coletados na costa norte do Brasil são escassos e refletem a ausência de material representativo em coleções científicas (Menezes et al. 2003).

O levantamento do acervo das coleções ictiológicas brasileiras mostra o desequilíbrio no esforço de inventariamento da fauna marinha nas diferentes regiões do Brasil. A diferença no conhecimento da biodiversidade marinha da região Norte brasileira é significativamente expressa pelo número de famílias de peixes marinhos e estuarinos representados em coleções zoológicas brasileiras, com 91 famílias atribuídas à região Nordeste, 109 famílias à região Sudeste, 117 famílias à região Sul, e apenas 48 famílias à região Norte (Tabela 1).

Em números absolutos, o acervo de peixes marinhos e estuarinos da região Norte representa apenas 3,9% do total dos lotes catalogados em coleções brasileiras, contra 40% da região Sudeste e 39,9% da região Sul, e os 16,2% restantes da região Nordeste (Figura 2). Conseqüentemente, as espécies da região Norte, encontradas em coleções zoológicas, possuem baixa representatividade, mesmo aquelas abundantes e de fácil amostragem em zonas costeiras e estuarinas. Os bagres marinhos da família Ariidae são um bom exemplo desta situação (Marceniuk & Menezes 2007). A família é representada por 176 lotes de 15 espécies na região Norte, contra 357 lotes de 10 espécies na região Sudeste e 628 lotes de 4 espécies na região Sul, com uma média de 11,7 lotes por espécie para a região Norte, 35,7 para a região Sudeste, e o expressivo número de 157 lotes por espécie para a região Sul. Condição similar é observada em outras famílias comercialmente importantes e com taxonomia complexa, como Centropomidae e Mugilidae.

O desequilíbrio no conhecimento da biota marinha do Brasil também é evidenciado pela literatura disponível para as diferentes regiões do país. Até o final do século XX, menos de 10% dos mais de 100 estuários brasileiros haviam sido estudados, com o número de espécies de peixes citados variando entre 21 a 118 (Vazzoler et al. 1999). No mesmo período, existia uma clara diferença do esforço de inventariamento e estudo da biologia dos peixes das diferentes regiões do Brasil. O estuário Amazônico (0° S-3° S) e a Lagoa dos Patos (32° S), os dois principais sistemas estuarinos-lagunares brasileiros,

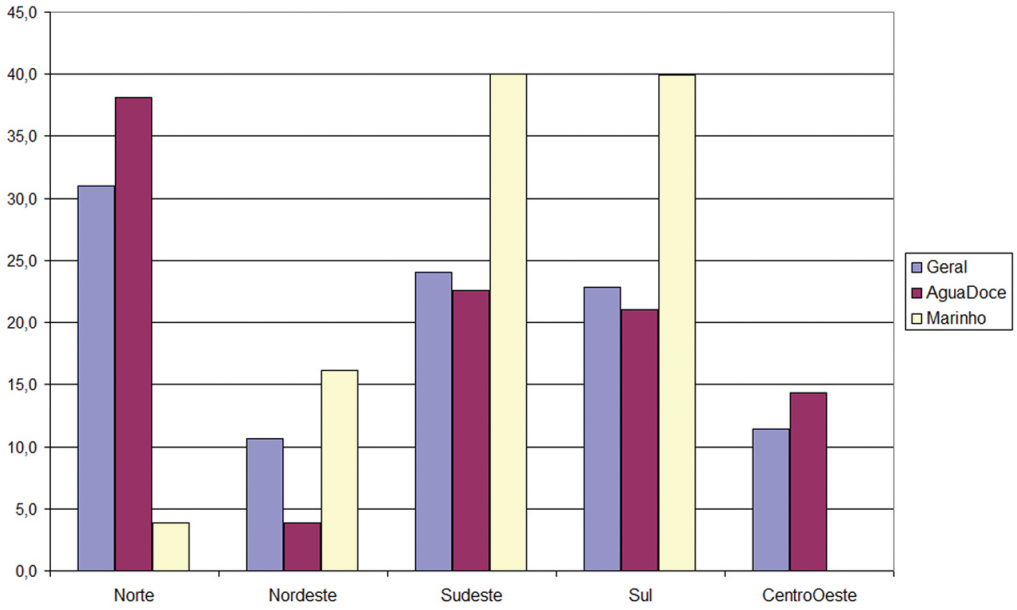


Figura 2. Valores relativos (em porcentagem) do número de lotes de peixes depositados em coleções zoológicas nas cinco regiões geopolíticas brasileiras. Em azul são indicados os valores totais, incluindo espécies de água doce e marinhas. Em vinho, apenas espécies de água doce são indicadas. Em amarelo, apenas espécies estuarinas e marinhas são indicadas.

Figure 2. Relative values (in percentages) of the number of fish lots deposited in zoological collections in the five Brazilian geopolitical regions. In blue, total value is indicated, including freshwater and marine species. In wine, only freshwater species is indicated. In yellow, only estuarine and marine species is indicated.

servem como exemplo do descompasso existente em relação ao conhecimento da biodiversidade estuarina das regiões Norte e Sul do Brasil. Até o início do século XXI havia sido publicado apenas um estudo sobre os peixes do estuário Amazônico e da plataforma continental adjacente (Barthem 1985), condição bastante diferente daquela observada para a Lagoa dos Patos, intensamente estudada em relação à composição da ictiofauna (ver Chao et al. 1985) e à biologia das espécies (ver Haimovici 1997).

Atualmente, praticamente inexistem publicações a respeito da composição de peixes marinhos-estuarinos da costa Norte do Brasil, e os poucos trabalhos disponíveis têm caráter local (Martins-Juras et al. 1987, Camargo & Isaac 2001, Rocha & Rosa 2001, Espírito-Santo et al. 2005, Feitoza et al. 2005), impedindo a realização de extrapolações regionais da biodiversidade. Na revisão da literatura sobre a ictiofauna estuarina do Brasil, realizada por Ribeiro (2007), é reconhecida a elevada riqueza de espécies estuarinas, com o registro 530 espécies pertencentes a 114 famílias. Contudo, Ribeiro (2007) concluiu que o conhecimento da biodiversidade estuarina brasileira é bastante heterogêneo, sendo as costas do Nordeste e do Sudeste detentoras da maior riqueza de espécies (279 spp., pertencentes a 83 e 81 famílias, respectivamente), e a região Sul com a menor riqueza (223 spp., incluídas em 72 famílias). Por sua vez, os estuários da região Amazônica apresentam uma riqueza intermediária (242 spp. e 75 famílias). O resultado reflete o parco conhecimento sobre a ictiofauna marinha da região Norte, existindo apenas 27 artigos publicados referentes às regiões Norte e Nordeste, incluindo estudos de biologia, ecologia e inventariamento, contra 74 trabalhos referentes à região Sudeste e 105 trabalhos referentes à região Sul (*sensu* Ribeiro 2007). Recentemente, prospecções realizadas pelo Programa REVIZEE propiciaram avanços no conhecimento da ictiofauna brasileira, especialmente nas regiões Sudeste-Sul (e.g. Figueiredo et al. 2002, Bernardes et al. 2005), Central (Rocha & Costa 1999) e Nordeste (Lessa & Nóbrega 2000, Coelho 2004, Vaske Junior et al. 2004). Os resultados disponíveis até o momento para costa Norte são em grande parte focalizados em poucas espécies de importância pesqueira (e.g. Asano-Filho et al. 2005, Frédou & Asano-Filho 2006). Embora relevantes, esses estudos não representam uma adição significativa ao conhecimento da diversidade alfa de peixes da região.

O atual estado do conhecimento da costa norte brasileira também é reflexo do número reduzido de sistematas atuando na região Norte, e da distribuição desigual das coleções zoológicas no Brasil. Das 54 coleções de peixes conhecidas em território brasileiro, 35 estão situadas na região Sudeste-Sul e 12 estão na região Nordeste, enquanto apenas seis estão localizadas na região Norte. O número insuficiente de sistematas atuando de maneira ativa também representa um problema sério para o conhecimento da biodiversidade (UNESCO 1988, Gaston & May 1992). Nesse sentido, a falta de sistematas trabalhando com organismos marinhos na costa norte é particularmente dramática (Couto et al. 2003, Amaral & Jablonski 2005). Em levantamento recente sobre o panorama atual da sistemática no Brasil, foram identificados 542 pesquisadores que se autodenominam sistematas ou taxonomistas (Marques & Lamas 2006). Destes, apenas 10,5% atuam na região Norte, contra um número significativamente maior atuando na região Sudeste (51,7%). Em termos do número de publicações em sistemática produzidas no Brasil, entre 2000 e 2005, a região Norte ocupa a última colocação, contribuindo com apenas 4,5% do total de publicações, contra 70,6% da região Sudeste. Marques & Lamas (2006) também ressaltaram que essa situação é mais extrema em relação ao conhecimento da fauna marinha, onde a amostragem é praticamente nula, sendo toda a fauna bentônica da região pouco conhecida (Kempf et al. 1967, Kempf 1970, Aller & Aller 1986). O próprio Museu Paraense Emilio Goeldi (MPEG), detentor da maior coleção zoológica da região Norte do Brasil, possui uma pequena amostragem da biodiversidade marinha e estuarina, refletindo a ausência histórica de pesquisadores vinculados à instituição, com foco no ambiente marinho. A situação é preocupante, pois enquanto uma parte considerável da biodiversidade permanece desconhecida, os recursos naturais vêm sendo explorados em ritmo cada vez mais intenso.

Tabela 1. Lista das 143 famílias de peixes marinhos e estuarinos (Chondrichthyes e Teleostei) com lotes depositados em coleções zoológicas brasileiras. A ausência de registros de famílias em coleções zoológicas nas quatro regiões geopolíticas do Brasil é indicada por "X". Abreviaturas: região Norte (N), região Nordeste (Nd), região Sudeste (Sd), e região Sul (S); "Total" refere-se ao número de famílias registradas em cada região.

Table 1. List of 143 families of marine and estuarine fishes (Chondrichthyes and Teleostei) with lots deposited in Brazilian zoological collections. Absence of records of families in zoological collections of the four geopolitical regions of Brazil is indicated by "X". Abbreviations: North (N), Northeast (Nd), Southeast (Sd) and Southern (S). "Total" refers to the number of families recorded in each region.

Família	N	Nd	Sd	S	Família	N	Nd	Sd	S	Família	N	Nd	Sd	S
Acanthuridae					Ephippidae					Percophidae	x	x		
Achiridae					Exocoetidae	x				Peristediidae	x			
Acropomatidae	x	x	x		Fistulariidae	x				Phosichthyidae	x	x	x	
Albulidae	x			x	Gempylidae	x	x			Phycidae	x	x		
Antennariidae	x				Gerreidae					Pinguipedidae	x	x		
Apogonidae	x				Ginglymostomatidae	x	x		x	Pleuronectidae	x	x		
Argentinidae		x	x		Gobiesocidae	x				Polymixiidae				
Ariidae					Gobiidae					Polyprionidae	x	x	x	
Ariommatidae	x	x			Grammatidae	x			x	Pomacanthidae	x			
Atherinidae					Grammicolepididae	x	x	x		Pomacentridae	x			
Atherinopsidae					Gymnuridae	x				Pomatomidae	x			
Aulostomidae	x			x	Haemulidae					Priacanthidae	x			
Balistidae	x				Hemiodontidae	x				Pristidae		x	x	x
Batrachoididae					Hemiramphidae	x				Pristigasteridae		x	x	x
Belonidae					Holocentridae	x				Rachycentridae	x	x		x
Berycidae	x	x	x		Kyphosidae	x				Rajidae	x			
Blenniidae					Labridae	x				Rhinobatidae	x			
Bothidae					Labrisomidae	x				Scaridae	x			
Bramidae	x	x	x		Lobotidae					Sciaenidae				
Bregmacerotidae	x	x	x		Lophiidae	x	x	x		Scomberesocidae	x	x	x	
Bythitidae	x		x	x	Lutjanidae					Scombridae				
Callionymidae	x				Macroramphosidae	x	x	x		Scorpaenidae	x			
Callorhynchidae	x	x			Macrouridae	x	x	x		Scyliorhinidae	x	x		
Caproidae	x				Malacanthidae	x				Serranidae				
Carangidae					Megalopidae			x	x	Sparidae	x			
Carapidae	x		x		Merlucciidae	x	x			Sphyraenidae				
Carcharhinidae					Microdesmidae	x			x	Sphyrnidae		x	x	x
Centrolophidae					Mobulidae	x	x		x	Squalidae	x	x		
Chaenopsidae	x				Monacanthidae	x				Squatinidae	x	x		
Chaetodontidae	x				Moringuidae	x		x	x	Sternoptychidae	x	x	x	
Cheilodactylidae	x	x			Mugilidae					Stomiidae	x	x	x	
Chlopsidae	x		x	x	Mullidae					Stromateidae				
Chlorophthalmidae	x	x	x		Muraenesocidae	x		x	x	Synaphobranchidae	x	x	x	
Cirrhitidae	x			x	Muraenidae					Syngnathidae	x			
Clinidae	x	x			Myctophidae	x	x	x		Synodontidae	x			
Clupeidae					Myliobatidae		x			Tetraodontidae				
Congridae	x				Narkidae					Torpedinidae		x	x	x
Coryphaenidae	x	x			Neoscopelidae	x	x	x		Trachichthyidae	x	x	x	
Cynoglossidae					Nettastomatidae	x	x	x		Trachinidae	x	x		x
Dactylopteridae	x				Nomeidae	x	x		x	Triakidae	x	x		
Dactyloscopidae	x			x	Odontaspididae	x	x			Trichiuridae				
Dasyatidae					Ogcocephalidae					Triglidae				
Diodontidae					Ophichthidae	x				Tripterygiidae	x			x
Echeneidae				x	Ophidiidae	x				Uranoscopidae	x	x		
Eleotridae					Opistognathidae	x				Xiphiidae	x	x		x
Elopidae					Ostraciidae	x				Zeidae	x	x	x	
Engraulidae					Paralichthyidae					**Total**	**48**	**91**	**109**	**117**

1. Perspectivas do desenvolvimento de estudos em sistemática e taxonomia de peixes marinhos e estuarinos

O conhecimento da diversidade biológica, realizado através da descoberta e descrição de espécies (taxonomia alfa), é relativamente completo em algumas regiões do mundo, especialmente no que diz respeito a famílias com maior interesse comercial. Entretanto, lacunas importantes de conhecimento ainda existem. Nos últimos anos, novas espécies de peixes marinhos têm sido descritas, a uma taxa de cerca de 100-150 por ano (Eschmeyer et al. 2010). Segundo Mora et al. (2008), com base em registros do banco de dados do "Ocean Biogeographical Information System (OBIS)" (http://www.obis.org), cerca de 21% do total de espécies de peixes marinhos, aproximadamente 3.200 espécies, precisam ser descritas. Diversos autores consideram essas estimativas ilusórias, e reconhecem um número muito maior de espécies de peixes marinhos nesta situação. Eschmeyer et al. (2010) estimaram que o número de peixes marinhos não descritos estaria ao redor de 5.000, o que equivale a duas vezes o número de espécies descritas nos últimos 19 anos. Os autores também argumentam que áreas menos amostradas, ou que possuem pouco material representativo em coleções zoológicas, guardam um maior número de espécies a serem descritas. Por exemplo, apenas duas espécies marinhas foram descritas no Canadá nos últimos 40 anos, contra 38 espécies marinhas descritas nos últimos nove anos em águas brasileiras, número inferior somente ao da Austrália (240 spp.), Japão (90 spp.), e Taiwan (43 spp.) (Eschmeyer et al. 2010).

A expectativa de Eschmeyer et al. (2010) vem sendo confirmada nos últimos anos a partir de coletas realizadas principalmente nas regiões Nordeste e Sudeste do Brasil, que possibilitaram a descrição de novas espécies pertencentes a grupos filogeneticamente distintos, como Myxiniformes, Chondrichthyes, Tetraodontiformes e Perciformes. A maior parte das espécies descritas ocorre em ambientes recifais (e.g., Moura 1995, Sazima et al. 1997, 1998, 2008, 2009, Gasparini et al. 1999, Heiser et al. 2000, Moura et al. 2001, Pinheiro et al. 2010), ou de águas profundas (e.g., Mincarone 2000, 2001, Soto 2001a,b, Gomes & Paragó 2001, Soto & Vooren 2004, Carvalho et al. 2005, Anderson & Mincarone 2006, Melo 2007, Mincarone & Anderson 2008, Nielsen 2009), ambientes historicamente mal amostrados. Além disso, diversos trabalhos têm registrado novas ocorrências de espécies, até então, não assinaladas no Atlântico Sul (e.g., Barreiros et al. 2004, Lima & Mincarone 2004, Mincarone & Sampaio 2004, Feitoza et al. 2005, Mincarone & Smith 2005, Mincarone et al. 2008, Carvalho-Filho et al. 2009, 2010a, b, 2011, 2012, Franco et al. 2009, Melo et al. 2009, 2010, Lima et al. 2011). O exame de séries maiores de exemplares e ferramentas moleculares também vêm contribuindo para o melhor conhecimento da biodiversidade marinha com a revalidação de espécies nominais sinonimizadas (e.g. Marceniuk 2005, 2007, Carvalho-Filho et al. 2010c).

Da mesma forma, coletas em áreas marinhas da costa norte brasileira podem revelar uma fauna desconhecida. Carvalho-Filho (1999), por exemplo, indicou a possível ocorrência das sardinhas de pequeno porte *Etrumeus teres* (De Kay 1842) e *Jenkinsia lamprotaenia* (Gosse 1851) na região. Essas espécies fazem parte de Dussumieriinae (Clupeidae), um grupo de sardinhas altamente modificado em termos morfológicos, ainda muito pouco conhecido filogenética e biologicamente (Di Dario 2005). A confirmação da ocorrência destas espécies no Brasil representaria uma adição interessante ao patrimônio biológico brasileiro. O mesmo certamente se aplica a diversos grupos de peixes marinhos, que são mais comuns na porção norte da América do Sul e Caribe e que não possuem registros no Brasil.

A pesquisa direcionada ao melhor conhecimento da ictiofauna da costa norte do Brasil também é importante para o monitoramento de espécies invasoras no Atlântico, como o peixe leão, *Pterois volitans* (Linnaeus 1758) e *P. miles* (Bennett 1828), da família Scorpaenidae que são naturais do Indo-Pacífico. Os primeiros registros do peixe leão no Atlântico Central ocidental foram feitos em meados da década de 1980, na Flórida (Schofield 2009). O primeiro registro de *P. volitans* na América do Sul ocorreu em 2008, na Colômbia (Schofield 2009, González et al. 2009). Atualmente, o peixe leão é encontrado nas Bahamas e em outras regiões do Caribe, incluindo as Ilhas Cayman, Cuba, Jamaica, República Dominicana, Porto Rico, Honduras Costa Rica, Haití, México e Panamá (Schofield 2009) e também na Venezuela (Lasso-Alcalá & Posada 2010). Ainda não existem registros confirmados de *P. volitans* na Guianas, Suriname e Brasil. Apesar disso, o ritmo de expansão, resiliência, e capacidade de colonização de novos ambientes, sugerem que a espécie poderá expandir sua área de distribuição no Atlântico Sul ocidental (Luiz et al. 2013). O reconhecimento precoce da presença da espécie na costa norte do Brasil pode representar uma chance para o desenvolvimento de medidas de controle, minimizando possíveis impactos aos ambientes recifais brasileiros.

Conclusão

Os resultados apresentados indicam uma diferença marcante no esforço de inventariamento dos peixes marinhos nas diferentes regiões do pais. Na costa norte, essa diferença é reflexo do pequeno número de pesquisadores trabalhando com a sistemática, biologia e ecologia de peixes marinhos. O conhecimento insatisfatório sobre a diversidade das espécies marinhas e estuarinas da costa norte do Brasil implica na incapacidade de desenvolver políticas públicas adequadas de conservação, com consequências deletérias não apenas à manutenção da biodiversidade, mas também para à utilização racional dos recursos naturais da região. O Brasil é signatário da Convenção da Diversidade Biológica. Nesse sentido, o inventariamento e a disponibilização do conhecimento sobre a biodiversidade dos peixes marinhos são passos importantes para o cumprimento de compromissos internacionais assumidos pelo Brasil durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada em junho de 1992 (Brasil 2002).

O melhor conhecimento da ictiofauna marinha da costa norte do Brasil passa pelo investimento em projetos de pesquisa nas áreas de sistemática, taxonomia e biogeografia. Além disso, as coleções científicas localizadas na região Norte precisam receber maior estímulo para o trabalho de inventariamento e formação de sistematas especializados em grupos marinhos, possibilitando o avanço na compreensão da biodiversidade de uma das regiões cientificamente mais carentes do Brasil. Outra ação importante, que pode trazer um aumento significativo na compreensão da ictiofauna marinha da região é a criação de bancos de DNA associados às coleções científicas da região, que poderão ser utilizados no esclarecimento de diversas questões relacionadas à biologia da conservação, como a identificação de espécies ou populações isoladas (Nash et al. 1998, Walpole et al. 2001), o desenvolvimento de estratégias de manejo (Geyer et al. 1993, Miller 1995) e a determinação do estado de conservação com base em parâmetros de estruturação da diversidade genética, bem como o desenvolvimento de análises filogenéticas e filogeográficas (O'Brien et al. 1985, Avise et al. 1987, 1995). Estudos espaciais e temporais de espécies ou populações utilizando marcadores moleculares também podem melhorar nosso conhecimento sobre aspectos da biogeografia e evolução da fauna brasileira, revelando relações de ancestralidade comum, possíveis rotas de migração e padrões de dispersão de espécies (Excoffier et al.

1992, Avise et al. 1995, Culver et al. 2000). Esse conhecimento é essencial, por exemplo, para a definição de áreas prioritárias para conservação e manejo de espécies com importância comercial para pesca (Avise et al. 1987, 1995, Walpole et al. 2001).

Agradecimentos

Os autores agradecem a Marcelo R. Britto (MNRJ), pela disponibilização dos dados da Coleção de Peixes do Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro e pelo incentivo à confecção do manuscrito, e a Flávio C. T. Lima (UNICAMP), Naércio A. Menezes (MZUSP), Ierecê Maria de Lucena Rosa (UFPB), e Michael Maia Mincarone (UFRJ), pelos comentários e sugestões que melhoraram substancialmente o texto final. O primeiro autor agradece ao CNPq e a FAPESPA pelas bolsas de pesquisa PDS e DCR (processo 151731/2010-1 e 350790/2012-4). WBW agradece ao CNPq pela bolsa de produtividade em pesquisa (processo 304754/2011-0), e FDD pelo apoio financeiro da FAPERJ e CNPq.

Referências Bibliográficas

ALBERONI, A.A.L., JECK, I.K., TORRES, L.C. & GORINI, M.A. 2007. A determinação da base do talude na região do cone do Amazonas. In Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica. Rio de Janeiro.

ALLER, J.Y. & ALLER, R.C. 1986. Evidence for localized enhancement of biological associated with tube and burrow structures in deep-sea sediments at the HEEBLE site, western North Atlantic. Deep-Sea Res. 33(6):755-790. http://dx.doi.org/10.1016/0198-0149(86)90088-9

AMARAL, A.C.Z. & JABLONSKI, S. 2005. Conservação da biodiversidade marinha e costeira do Brasil. Megadiversidade 1(1):43-51.

ANDERSON, M.E. & MINCARONE, M.M. 2006. Studies on the Zoarcidae (Teleostei: Perciformes) of the southern hemisphere. IX. A new species of *Pachycara* from the southwestern Atlantic. Zootaxa 1177:21-26.

ASANO-FILHO, M., HOLANDA, F.C.A.F, SANTOS, F.J.S. & CAVALCANTE JUNIOR, T.S. 2005. Recursos pesqueiros de grandes profundidades na costa Norte do Brasil. IBAMA, Brasília, p.1-82.

AVISE, J.C., ARNOLD, J., BALL, R.M., BERMINGHAM, E., LAMB, T., NEIGEL, J.E., REEB, C.A. & SAUNDERS, N.C. 1987. Intraspecific phylogeography: The mitochondrial DNA bridge between Population genetics and systematics. Annu. Rev. Ecol. Syst. 18:489-522.

AVISE, J.C., HAIG, S.M., RYDER, O.A., LYNCH, M. & GEYER, C.J. 1995. Descriptive genetic studies: applications in population management and conservation biology. In Population management for survival and recovery (J.D. Ballou & T.J. Fose, ed.). Columbia University Press, New York, p.183-244.

BARREIROS, J.P., MACHADO, L., HOSTIM-SILVA, M., SAZIMA, I. & HEEMSTRA, P.C. 2004. First record of *Polyprion oxygeneios* (Perciformes: Polyprionidae) for the south-west Atlantic and a northernmost range extension. J. Fish Biol. 64:1439-1441. http://dx.doi.org/10.1111/j.0022-1112.2004.00396.x

BARTHEM, R.B. 1985. Ocorrência, distribuição e biologia dos peixes da Baía de Marajó, estuário amazônico. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi ser. Zool. 2(1):49-69.

BENTES, B., ISAAC, V.J., ESPÍRITO-SANTO, R.V., FRÉDOU, T., ALMEIDA, M.C., MOURÃO, K.R.M. & FRÉDOU, F.L. 2012. Multidisciplinary approach to identification of fishery production systems on the northern coast of Brazil. Biota Neotrop. 12(1): http://www.biotaneotropica.org.br/v12n1/en/abstract?article+bn00612012012

BERNARDES, R.A., MELLO, G.P.M.B. & CERGOLE, M.C. 2005. *Helicolenus lahillei* (Norman, 1937). In Análise das Principais Pescarias Comerciais da Região Sudeste-Sul do Brasil: Dinâmica Populacional das Espécies em Explotação (M.C. Cergole, A.O. Ávila-da-silva & C.L.D.B. Rossi-Wongtschowski, eds.). Instituto Oceanográfico, São Paulo, p.1-176. Série Documentos Revizee- Score Sul.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA. 2002. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade das zonas costeira e marinha. Biodiversidade Brasileira: Avaliação e Identificação de Áreas Prioritárias para Conservação, Utilização Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira. Série Biodiversidade, v. 5, p.1-404.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA. 2006. Programa REVIZEE: avaliação do potencial sustentável de recursos vivos na zona econômica exclusiva. Relatório Executivo, p.1-303.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA. 2007. Áreas Prioritárias para a, Conservação Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira: Atualização - Portaria MMA n. 09, de 23 de janeiro de 2007. Série Biodiversidade 31, p.1-300.

CARVALHO, M.R., GOMES, U.L. & GADIG, O.B.F. 2005. Description of a new species of skate of the genus *Malacoraja* Stehmann, 1970: the first species from the southwestern Atlantic Ocean, with notes on generic monophyly and composition (Chondrichthyes: Rajidae). Neotrop. Ichthyol. 2:238-259.

CARVALHO-FILHO, A. 1999. Peixes: costa brasileira. Editora Melro, São Paulo, p.1-320.

CARVALHO-FILHO, A., MARCOVALDI, G., SAMPAIO, C.L.S., PAIVA, M.I.G. & DUARTE, L.A.G. 2009. First report of rare pomfrets (Teleostei: Bramidae) from Brazilian waters, with a key to western Atlantic species. Zootaxa 2290:1-26.

CARVALHO-FILHO, A., MARCOVALDI, G., SAMPAIO, C.L.S., PAIVA, M.I.G. & DUARTE, L.A.G. 2010a. First report of *Aulopus* (Teleostei: Aulopidae) from southwestern Atlantic, with a review of records and a key to western Atlantic Aulopoidei species. Zootaxa 2628:27-42.

CARVALHO-FILHO, A., MARCOVALDI, G., SAMPAIO, C.L.S., PAIVA, M.I.G. & DUARTE, L.A.G. 2010b. Two new records of uncommon deep-sea perciform fishes from the southwestern Atlantic. Zootaxa 2694:59-68.

CARVALHO-FILHO, A., SANTOS, S., SAMPAIO, I. 2010c. *Macrodon atricauda* (Gunther, 1880) (Perciformes: Sciaenidae), a valid species from the southwestern Atlantic, with comments on its conservation. Zootaxa 2519:48-58.

CARVALHO-FILHO, A., MARCOVALDI, G., SAMPAIO, C.L.S. & PAIVA, M.I.G. 2011. First report of *Macruronus novaezelandiae* (Gadiformes: Merluccidae: Macruroninae) from Atlantic tropical waters. Marine Biodiversity Records 4:3. http://dx.doi.org/10.1017/S1755267211000431

CARVALHO-FILHO, A., MARCOVALDI, G., ALMEIDA RIBEIRO, F., PAIVA, M.I.G. & SAMPAIO, C.L.S. 2012. New records of *Grammicolepis brachiusculus* Poey, 1873 (Zeiformes: Grammicolepididae) in Brazilian waters, with a key to western Atlantic species of Grammicolepididae. Check List 8(4):626-629.

CAMARGO, M. & ISAAC, V. 2001. Os estuarinos da região norte do Brasil: espécies e considerações sobre sua distribuição geográfica. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, sér. Zool. 17(2):135-157.

CHAO, L.N., PEREIRA, L.E. & VIEIRA, J.P. 1985. Estuarine fish community of the dos Patos Lagoon, Brazil. A baseline study. In: Fish community ecology in estuaries and coastal lagoons: towards an ecosystem integration (A. Yáñez-Arancibia, ed.). DR(R) UNAM, México, p.429-450.

COELHO, P.A.F. 2004. Análise do macrobentos da plataforma continental externa e bancos oceânicos do nordeste do Brasil. Relatório final no âmbito do Programa REVIZEE, p.1-81.

COSTA, E.A. & FIGUEIREDO JUNIOR, A.G. 1998. Echo-character and sedimentary processes on the Amazon continental shelf. An. Acad. Bras. Ciênc. 70(2):187-200.

COUTO, E.C.G., DA SILVEIRA, F.L. & ROCHA, G.R.A. 2003. Marine biodiversity in Brazil: the current status/ Biodiversidad marina en brasil: estado actual del conocimento. Gayana 67(2):327-340.

CULVER M., JOHNSON, W.E., PECON-SLATTERY, J. & O'BRIEN, S.J. 2000. Genomic ancestry of the American puma (*Puma concolor*). J. Hered. 91:186-197. http://dx.doi.org/10.1093/jhered/91.3.186

DI DARIO, F. 2005. Relações filogenéticas entre os grandes grupos de Clupeomorpha e suas possíveis relações com Ostariophysi (Actinopterygii, Teleostei). Tese de Doutorado, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, p.1-640.

DITTMAR, T. 1999. Outwelling of Organic Matter and Nutrients from a mangrove in North Brazil: Evidence from Organic Tracers and Flux Measurements. ZMT contribution n. 5, p.1-229.

EKAU, W. & KNOPPERS, B. 1999. An introduction to the pelagic system of the North-East and East Brazilian shelf. Arch. Fish. Mar. Res. 47(2-3):113-132.

EL-ROBRINI, M., FARIA, L.E.C., TORRES, A.M., SOUZA, F.P.W.M. & SILVA, M.S. 1992. Deposição e assoreamento das Rias do Nordeste do Estado do Pará (Brasil). In: Congresso Brasileiro de Geologia. São Paulo. Resumo, p.79-80.

ESCHMEYER, W.N., FRICKE, R., FONG, J.D. & POLACK, D.A. 2010. Marine fish diversity: history of knowledge and discovery (Pisces). Zootaxa 2525:19-50.

ESPÍRITO-SANTO, R.V., ISAAC, V.J., SILVA, L.M.A., MARTINELLI, J.M., HIGUCHI, H. & PAUL, U.S. 2005. Peixes e camarões do litoral bragantino, Pará, Brasil. Belém: Programa Madam, Manejo e Dinâmica de Áreas de Manguezais. 1, p.1-268.

EXCOFFIER, L., SMOUSE, P.E. & QUATTRO, J.M. 1992 Analysis of molecular variance inferred from metric distances among DNA haplotypes: Application to human mitochondrial DNA data. Genetics 131:479-491.

FEITOZA, B.M., ROSA, R.S. & ROCHA, L.A. 2005. Ecology and biogeography of deep-reef fishes in northeastern Brazil. Bull. Mar. Sci. 76(3):725-742.

FIGUEIREDO J.L., SANTOS, A.P., YAMAGUTI, N., BERNARDES, R.A. & ROSSIWONGTSCHOWSKI, C.LD.B. 2002. Peixes da Zona Econômica Exclusiva da Região Sudeste-Sul do Brasil : Levantamento com Rede de Meia Água. EDUSP, São Paulo, p.1-244.

FRANCO, M.A., BRAGA, A.C., NUNAN, G.W. & COSTA, P.A. 2009. Fishes of the family Ipnopidae (Teleostei: Aulopiformes) collected on the Brazilian continental slope between 11 degrees and 23 degrees S. J Fish. Biol. 75(4):797-815. http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8649.2009.02324.x

FRÉDOU, F.L. & ASANO-FILHO, M. 2006. Recursos pesqueiros da região Norte. Programa REVIZEE: Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva. Relatório Executivo, MMA, p.1-300.

GASPARINI, J.L., MOURA, R.L. & SAZIMA, I. 1999. *Stegastes trindadensis* n. sp. (Pisces: Pomacentridae), a new damselfish from Trinidade Island, off Brazil. Bol. Mus. Biol. Mello Leitão 10:3-11.

GASTON, K.J. & MAY, R.M. 1992. Taxonomy of taxonomists. Nature 356:281-283. http://dx.doi.org/10.1038/356281a0

GEYER, C.J., RYDER, O.A., CHEMNICK, L.G. & THOMPSON, E.A. 1993. Analysis of relatedness in the California condors from DNA fingerprints. Mol. Biol. Evol. 10:571-589.

GOMES, U.L. & PARAGÓ, C. 2001. Espécie nova de Rajídeo (Chondrichthyes, Rajiformes) do Atlântico sul occidental. Bol. Mus. Nac., NS, Zool. 448:1-10.

GONZÁLEZ, J., GRIJALBA-BENDECK, M., ACERO P. A. & BETANCUR, R. 2009. The invasive red lionfish, *Pterois volitans* (Linnaeus 1758), in the southwestern Caribbean Sea. Aquatic Invasions 4(3): 507-510.

HAIMOVICI, M. 1997. Recursos pesqueiros demersais da região sul. FEMAR, Rio de Janeiro, p.1-80.

HEISER, J.B., MOURA, R.L. & ROBERTSON, D.R. 2000. Two new species of creole wrasse (Labridae: *Clepticus*) from opposite sides of the Atlantic. Aqua 4(2):67-76.

ISAAC, V.J.E & BARTHEM, R.B. 1995. Os recursos pesqueiros da Amazônia brasileira. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, ser. Antropo. 11(2):295-339.

ISAAC, V.J. & BRAGA, T.M.P. 1999. Rejeição de pescado nas pescarias da região Norte do Brasil. Fortaleza, p.39-54.

ISAAC, V.J., ESPIRITO SANTO, R.V. & NUNES, J.L.G. 2008. A estatística pesqueira no litoral do Pará: resultados divergentes. Panamjas 3(3):205-213.

ISAAC-NAHUM, V.J. 2006. Explotação e manejo dos recursos pesqueiros do litoral Amazônico: um desafio para o futuro. Cienc. Cul. 58(3):33-36.

KEMPF, M., COUTINHO, P.N. & MORAIS, J.O. 1967. Plataforma continental do Norte e Nordeste do Brasil I. Nota preliminar sobre a natureza do fundo. Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco, v.9-11, p.9-26.

KEMPF, M. 1970. Notes on the benthic bionomy of NE Brazilian shelfs. Mar. Biol. 5(3):213-214. http://dx.doi.org/10.1007/BF00346909

KUEHL, S.A., DEMASTER, D.J. & NITTROUER, C.A. 1986. Nature of sediment accumulation on the Amazon continental shelf. Cont. Shelf Res. 6:209-225. http://dx.doi.org/10.1016/0278-4343(86)90061-0

LASSO-ALCALÁ, O.M. & POSADA, J.M. 2010. Presence of the invasive red lionfish, *Pterois volitans* (Linnaeus, 1758), on the coast of Venezuela, southeastern Caribbean Sea. Aquatic Invasions 5(1):53-59. http://dx.doi.org/10.3391/ai.2010.5.S1.013

LESSA, R & NÓBREGA, M.F. 2000. Guia de Identificação de Peixes Marinhos da Região Nordeste. Programa REVIZEE / SCORE-NE, p.1-138.

LIMA, A.T., COSTA, P.A.S., BRAGA, A.C., NUNAN, G.W.A. & MINCARONE, M.M. 2011. Fishes of the family Sternoptychidae (Stomiiformes) collected on the Brazilian continental slope between 11° and 23°S. Zootaxa 2741:34-48.

LIMA, A.T. & MINCARONE, M.M. 2004. Occurrence of *Cottunculus granulosus* Karrer, 1968 (Scorpaeniformes: Psychrolutidae) in southern Brazil. Comun. Mus. Cienc. Tecnol. PUCRS, Ser. zool. 17(1):39-43.

LUIZ, O.J., FLOETER, S.R., ROCHA, L.A., & FERREIRA, C.E.L. 2013. Perspectives for the lionfish invasion in the South Atlantic: Are Brazilian reefs protected by the currents? Mar. Ecol. Prog. Ser. 485:1-7.

LUIZ, O.J., MADIN, J.S., ROBERTSON, D.R., ROCHA, L.A., WIRTZ, P. & S.R. FLOETER. 2012. Ecological traits influencing range expansion across large oceanic dispersal barriers: insights from tropical Atlantic reef fishes. Proc. R. Soc. B. 279: 1033-1040.

LUNDBERG, J.G., MARSHALL, L.G., GUERRERO, J., HORTON, B., MALABARBA, M.C.S.L. & F. WESSELINGH. 1998. The stage for Neotropical fish diversification: a history of tropical South American rivers. In Phylogeny and classification of Neotropical fishes (L.R. Malabarba, R.E. Reis, R.P. Vari, Z.M.S. Lucena & C.A.S. Lucena, eds.). EdiPUCRS, p.13-48.

MARCENIUK, A.P. 2005. Redescrição de *Genidens barbus* (Lacépède, 1803) e *Genidens machadoi* (Miranda-Ribeiro, 1918), Bagres Marinhos (Siluriformes, Ariidae) do Atlântico Sul Ocidental. Pap. Avulsos de Zool. 45(11):111-125.

MARCENIUK, A.P. 2007. Revalidação de *Cathorops arenatus* (Valenciennes, 1840) e *Cathorops agassizii* (Eigenmann & Eigenmann, 1888) (Siluriformes, Ariidae), bagres marinhos das regiões norte e nordeste da América do Sul. Iheringia, Sér. Zool. 97:360-375. http://dx.doi.org/10.1590/S0073-47212007000400002

MARCENIUK, A.P. & MENEZES, N.A. 2007. Systematics of the family Ariidae (Ostariophysi, Siluriformes), with a redefinition of thegenera. Zootaxa 1416:1-126.

MARQUES, A.C. & LAMAS, C.J.E. 2006. Taxonomia zoológica no Brasil: estado da arte, expectativas e sugestões de ações futuras. Pap. avulsos zool. 46(13):139-174.

MARTINS-JURAS, I.A.G.M., JURAS, A.A. & MENEZES, N.A. 1987. Relação preliminar dos peixes da ilha de São Luís, Maranhão, Brasil. Ver. Bras. Zoo. 4(2):105-113.

MCKENNA, S. & ALLEN, G.R. 2002. Coral reef biodiversity: assessment and conservation. In Implications for coral reef management and policy: relevant findings from the 19th International Coral Reef Symposium (B.A. Best, R.S. Pomeroy & C.M. Balboa, eds.). U.S. Agency for International Development, World Resources Institute, Conservation International, International Society for Reef Studies, p.92-94.

MELO, M.R.S. 2007. A new synaphobranchid eel (Anguilliformes: Synaphobranchidae) from Brazil, with comments on the species from the western South Atlantic. Copeia 315-323. http://dx.doi.org/10.1643/0045-8511(2007)7[315:ANSEAS]2.0.CO;2

MELO, M.R.S., NUNAN, G.W.A., BRAGA, A.C. & COSTA, P.A.S. 2009. The deep-sea Anguilliformes and Saccopharyngiformes (Teleosei: Elopomorpha) collected on the Brazilian continental slope, between 11° and 23°S. Zootaxa 2234:1-20.

MELO, M.R.S., BRAGA, A.C., NUNAN, G.W.A. & COSTA, P.A.S. 2010. On new collections of deep-sea Gadiformes (Actinopterygii: Teleostei) from the Brazilian continental slope, between 11° and 23°S. Zootaxa 2433:25-46.

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, São Paulo, 159p.

MILLER, P.S. 1995. Selective breeding programs for rare alleles: examples from the Przewalski's horse and California condor pedigrees. Conserv. Biol. 9:1262-1273. http://dx.doi.org/10.1046/j.1523-1739.1995.9051244.x-i1

MILLIMAN, J.D. & MEADE, R.H. 1983. World-wide delivery of river sediment to the oceans. J. Geol. 91(1):1-21. http://dx.doi.org/10.1086/628741

MINCARONE, M.M. 2000. *Eptatretus menezesi*, a new species of hagfish (Agnatha, Myxinidae) from Brazil. B. Mar. Sci. 67(2):815-819.

MINCARONE, M.M. 2001. *Myxine sotoi*, a new species of hagfish (Agnatha, Myxinidae) from Brazil. B. Mar. Sci. 68(3):479-483.

MINCARONE, M.M. & SAMPAIO, C.L.S. 2004. First record of the hagfish *Eptatretus multidens* Fernholm & Hubbs, 1981 (Myxinidae) in Brazilian waters. Comun. Mus. Cienc. Tecnol. PUCRS, Ser. zool. 17(1):33-38.

MINCARONE, M.M. & SMITH, D.G. 2005. First record of the grey conger *Conger esculentus* Poey, 1861 (Congridae) in Brazilian waters. Comun. Mus. Cienc. Tecnol. PUCRS, Ser. zool. 18(1):59-62.

MINCARONE, M.M. & ANDERSON, M.E. 2008. A new genus and species of eelpout (Teleostei: Zoarcidae) from Brazil. Zootaxa 1852:65-68.

MINCARONE, M.M., NIELSEN, J.G. & COSTA, P.A.S. 2008. Deep-sea ophidiiform fishes collected on the Brazilian continental slope, between 11 and 23 S. Zootaxa 1770:41-64.

MORA, C., TITTENSOR, D.P. & MYERS, R.A. 2008. The completeness of taxonomic inventories for describing the global diversity and distribution of marine fishes. P. Roy. Soc. 275:149-155. http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2007.1315

MOURA, R.L. 1995. A new species of *Chromis* (Perciformes: Pomacentridae) from the southeastern coast of Brazil, with comments on other species of the genus. RFAH 21(3-4):91-96.

MOURA, R.L., FIGUEIREDO, J.L. & SAZIMA, I. 2001. A new parrotfish (Scaridae) from Brazil, and revalidation of *Sparisoma amplum* (Ranzani, 1842), *Sparisoma frondosum* (Agassiz, 1831), *Sparisoma axillare* (Steindachner, 1878) and *Scarus trispinosus* Valenciennes, 1840. B. Mar. Sci. 68(3):505-524.

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

NASH, W.G., WIENBERG, J., FERGUSON-SMITH, M.A., MENNINGER, J.C. & O'BRIEN, S.J. 1998. Comparative genomics: Tracking chromosome evolution in the family Ursidae using reciprocal chromosome painting. Cytogenet. Cell Genet. 83:182-192. http://dx.doi.org/10.1159/000015176

NEIVA, G.S. & MOURA, S.J.C. 1977. Sumário sobre exploração de recursos marinhos do litoral brasileiro: situação atual e perspectivas. Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Pesqueiro do Brasil. Série Documentos Ocasionais, Brasília, 27, p.1-48.

NELSON, G.J. & PLATNICK, N.I. 1981. Systematics and Biogeography: Cladistics and Vicariance. Columbia University Press, New York.

NIELSEN, J.G. 2009 A revision of the bathyal genus *Luciobrotula* (Teleostei, Ophidiidae) with two new species. Galathea Report 22:141-156.

O'BRIEN, S.J., ROELKE, M.F., MARKER, L., NEWMAN, A., WINKLER, C.A., MELTZER, D., COLLY, L., EVERMANN, J.F., BUSH, M. & WILDT, D.E. 1985. Genetic Basis for species vulnerability in the cheetah. Science 227:1428-1434. http://dx.doi.org/10.1126/science.2983425

PINHEIRO, H.T., GASPARINI, J.L. & SAZIMA, I. 2010. *Sparisoma rocha*, a new species of parrotfish (Actinopterygii: Labridae) from Trindade Island, south-western Atlantic. Zootaxa 2493:59-65.

RIBEIRO, A.L.R. 2007. Ocorrência e distribuição da ictiofauna estuarina brasileira. Monografia de Especialização em Biologia Marinha, Departamento de Biologia, Universidade de Taubaté, p.1-87.

ROCHA, L.O.F. & COSTA, P.A.S. 1999. Manual de Identificação de Peixes Marinhos para a Costa Central. Programa REVIZEE / SCORE-Central, p.1-70.

ROCHA, L.A. & ROSA, I.S. 2001. Baseline assessment of reef fish assemblages of Parcel Manuel Luiz Marine State Park, Maranhão, north-east Brazil. J. Fish Biol. 58:985-998.

SAZIMA, I., MOURA, R.L. & ROSA, R.S. 1997. *Elacatinus figaro* sp. n. (Perciformes: Gobiidae), a new cleaner goby from the coast of Brazil. Aqua 2(3):33-38.

SAZIMA, I., GASPARINI, J.L. & MOURA, R.L. 1998. *Gramma brasiliensis*, a new basslet from the western South Atlantic (Perciformes: Grammatidae). Aqua 3(1):39-43.

SAZIMA, I., CARVALHO-FILHO, A.& SAZIMA, C. 2008. A new cleaner species of *Elacatinus* (Actinopterygii: Gobiidae) from the Southwestern Atlantic. Zootaxa 1932:27-32.

SAZIMA, I., CARVALHO-FILHO, A., GASPARINI, J.L. & SAZIMA, C. 2009. A new species of scaly blenny of the genus *Labrisomus* (Acanthopterygii: Labrisomidae) from the tropical West Atlantic. Zootaxa 2015:62-68.

SCHOFIELD, P.J. 2009. Geographic extent and chronology of the invasion of non-native lionfish (*Pterois volitans* [Linnaeus 1758] and *P. miles* [Bennett 1828]) in the Western North Atlantic and Caribbean Sea. Aquatic Invasions 4(3): 473-479.

SOTO, J.M.R. 2001a. *Galeus mincaronei* sp. nov. (Carcharhiniformes, Scyliorhinidae), a new species of sawtail catshark from southern Brazil. Mare Magnum 1(1):11-18.

SOTO, J.M.R. 2001b. *Schroederichthys saurisqualus* sp. nov. (Carcharhiniformes, Scyliorhinidae), a new species of catshark from southern Brazil, with further data on *Schroederichthys* species. Mare Magnum 1(1):37-50.

SOTO, J.M.R. & VOOREN, C.M. 2004. *Hydrolagus matallanasi* sp. nov. (Holocephali, Chimaeridae) a new species of rabbitfish from southern Brazil. Zootaxa 687:1-10.

SPALDING, M.D., FOX, H.E., ALLEN, G.A., DAVIDSON, N., FERDAÑA, Z.A., FINLAYSON, M., HALPERN, B.S., JORGE, M.A., LOMBANA, A., LOURIE, S.A., MARTIN, K.D., MCMANUS, E., MOLNAR, J., RECCHIA, C.A. & ROBERTSON, J. 2007. Marine ecoregions of the world: a bioregionalization of coastal and shelf areas. BioScience 57:573-583. http://dx.doi.org/10.1641/B570707

SULLIVAN SEALEY, K. & BUSTAMANTE, G. 1999. Setting geographic priorities for marine conservation in Latin America and the Caribbean. The Nature Conservancy, Arlington.

UNESCO. 1988. Challenges for marine science training and education worldwide. UNESCO Rep. Mar. Sci. 52.

VASKE JUNIOR, T., LESSA, R.P., NÓBREGA, M., MONTEALEGRE-QUIJANO, S., SANTANA, F.M. & BEZERRA, J.L.Jr. 2004. A checklist of fishes from Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil. J.Appl. Ichthyol. 20, p. 1-5.

VAZZOLER, A.E.A.M., SOARES, L.S.H. & CUNNINGHAM, P.T.M. 1999. Ictiofauna da costa brasileira. In: Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. R.H. Lowe-McConnell. Edusp, São Paulo, p.424-467.

WALPOLE, M.J., MORGAN-DAVIES, M., MILLEDGE, M., BETT, P. & LEADER-WILLIAMS, N. 2001. Population dynamics and future conservation of a free-ranging black rhinoceros (*Diceros bicornis*) population in Kenya. Biol. Conserv. 99:237-243. http://dx.doi.org/10.1016/S0006-3207(00)00219-6

WOLFF, M., KOCH, V. & ISAAC, V.J. 2000. A Trophic Flow Model of the Caete Mangrove Estuary (North Brazil) with Considerations for the Sustainable Use of its Resources. Estuar. Coast. Shelf S. 50:789-803. http://dx.doi.org/10.1006/ecss.2000.0611

Recebido em 20/03/2013
Versão reformulada recebida em 17/10/2013
Publicado em 20/11/2013

Checklist of the Bromeliaceae from Pedra dos Pontões, Mimoso do Sul, Espírito Santo, Brazil, with four first records for the state

Dayvid Rodrigues Couto[1,5], Vitor da Cunha Manhães[2],

Fernanda Campanharo Favoreto[3] & Ana Paula Gelli de Faria[4]

[1]Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, Av. Governador Lindemberg, 316, Centro, CEP 29550-000, Jerônimo Monteiro, ES, Brasil. http://www.florestaemadeira.ufes.br/
[2]Prefeitura Municipal de Alegre, Secretaria Municipal de Saúde, Vigilância Ambiental; Rua Major Quintino, s/n, Centro, CEP 29500-000, Alegre, ES, Brasil
[3]Programa de Pós-graduação em Ecologia, Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF, Campus Universitário, s/n, São Pedro, CEP 36036-900, Juiz de Fora, MG, Brasil. http://www.ufjf.br/ecologia/
[4]Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Botânica, Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF, Campus Universitário, s/n, São Pedro, CEP 36036-900, Juiz de Fora, MG, Brasil. http://www.ufjf.br/icb/
[5]Corresponding author: Dayvid Rodrigues Couto, e-mail: dayvidcouto@hotmail.com

COUTO, D.R., MANHÃES, V.C., FAVORETO, F.C. & FARIA, A.P.G. **Checklist of the Bromeliaceae from Pedra dos Pontões, Mimoso do Sul, Espírito Santo, Brazil, with four first records for the state.** Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/en/abstract?article+bn01813042013

Abstract: Bromeliaceae is one of the most relevant taxonomic groups of the Atlantic Forest, where the Brazilian southeastern region stands out as a center of diversity and endemism for many taxa of the family. We present a checklist of the 12 genera and 44 species of Bromeliaceae from the Pedra dos Pontões, in Mimoso do Sul municipality, Espírito Santo state, southeastern Brazil. The Bromelioideae (22 species) was the subfamily with most taxonomic diversity, followed by Tillandsioideae (18 species) and Pitcairnioideae (four species). We also report the first occurrence of four species (A. squarrosa , N. antoineanum , V. pseudoatra and V. pardalina) for the Espírito Santo state. Almost half of the taxa surveyed inhabit exclusively the vegetation associated to the rocky outcrops, what points out the importance of this kind of environment in the maintenance of the diversity for many species of bromeliads. We also highlight that the documentation and study of the flora of Espírito Santo, which is considered a gap in the knowledge of the plant diversity along the entire Brazilian Atlantic Forest, assumes a relevant aspect in view of the high levels of degradation of the natural ecosystems observed in the state.
Keywords: *Atlantic Forest, bromeliads, conservation, rocky outcrops, taxonomy.*

COUTO, D.R., MANHÃES, V.C., FAVORETO, F.C. & FARIA, A.P.G. **Checklist das Bromeliaceae da Pedra dos Pontões, Mimoso do Sul, Espírito Santo, Brasil, com notas sobre o primeiro registro de quatro espécies para o Estado.** Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/pt/abstract?article+bn01813042013

Resumo: Bromeliaceae é um dos grupos taxonômicos mais relevantes da Floresta Atlântica, onde o sudeste do Brasil se destaca como um centro de diversidade e endemismo de muitos táxons da família. Nós apresentamos uma lista de 12 gêneros e 44 espécies de Bromeliaceae da Pedra dos Pontões, no município de Mimoso do Sul, estado do Espírito Santo, sudeste do Brasil. Bromelioideae (22 espécies) foi a subfamília com maior diversidade taxonômica, seguida por Tillandsioideae (18 espécies) e Pitcairnioideae (quatro espécies). Nós também reportamos a primeira ocorrência de quatro espécies (*A. squarrosa* , *N. antoineanum* , *V. pseudoatra* e *V. pardalina*) para o estado do Espírito Santo. Quase a metade dos táxons levantados habita exclusivamente a vegetação associada ao afloramento rochoso, o que ressalta a importância deste tipo de ambiente na manutenção da diversidade de muitas espécies de bromélias. Destacamos também que a documentação e estudo da flora do Espírito Santo, considerada uma lacuna no conhecimento da diversidade de plantas ao longo da Floresta Atlântica, assume um aspecto relevante tendo em vista os altos níveis de degradação dos ecossistemas naturais observados no estado.
Palavras-chave: *Floresta Atlântica, bromélias, conservação, afloramentos rochosos, taxonomia.*

Introduction

The Brazil's Atlantic Forest is considered a world biodiversity hotspot (Myers et al. 2000), where studies and actions for conservation are essential to reverse the present status of its degradation. The climatic and geomorphologic heterogeneity is a remarkable character of this domain, and its great biodiversity can be explained by the multiplicity of habitats, such as humid, deciduous and semi deciduous forests, *campos de altitude*, *campos rupestres*, as well as sandy coastal plains (*restingas*) and mangroves (Rizzini 1997).

Bromeliaceae is one of the most relevant taxonomic groups of the Atlantic domain, and nearly 26% of the Brazilian bromeliad species occurs in this domain (Martinelli et al. 2008). The Brazilian southeastern figures as a center of diversity and endemism for many bromeliad taxa and in this context, the state of Espírito Santo stands out presenting Bromeliaceae as the third largest angiosperm family in species richness (Fraga et al. 2007). This diversity can be even greater, taking into account that the Espírito Santo still represents a gap in the knowledge of the plant diversity along the Atlantic Forest. This is particullarly observed in the south portion of the state, where a remarkable number of new bromeliad species was discovered in the past years: *Pitcairnia azouryi* (Martinelli & Forzza 2006); *Alcantarea patriae* (Versieux & Wanderley 2007), *Nidularium alegrense*, *Pitcairnia capixaba*, *Tillandsia castelensis* (Leme et al. 2010a), *Pitcairnia diversifolia* (Leme et al. 2010b), *Pitcairnia abyssicola* Leme & L. Kollmannn and *Neoregelia dayvidiana* Leme & A. P. Fontana (Leme et al. 2009), most of them inhabiting the vegetation associated to rocky outcrops. The scarcity of biological information for many mountain regions in Brazil, particularly those within the Atlantic Forest domain was observed by Martinelli (2007). Due to the high diversity, endemism and specialization of the flora, Esgario et al. (2009) also emphasized the urgent need for a larger number of studies on rocky environments found in Espírito Santo.

The high bromeliad diversity pointed for the Espírito Santo, however, contrasts with the conservation status of many species. Bromeliaceae contributes with 13.5% of the total number of the endangered species registered for the flora of the state (Simonelli et al. 2007), where the disappearance of natural habitats due to the forest fragmentation and the exploratory pressures for ornamental purposes are among the main causes of decline in bromeliad populations. Besides, mining activities for exploration of ornamental rocks have reached the typical vegetation of the rocky outcrops, once immune to the agricultural expansion (Assis et al. 2007).

The goals of this paper were to present an inventory of the Bromeliaceae from the rocky outcrop Pedra dos Pontões, situated in the south portion of Espírito Santo state, east of Brazil, with reports of the first record of four species for the state. We also present ecological information about preferential habitats, estimation of local abundance and conservation status for the studied taxa.

Material and Methods

1. Study site

The studied area is situated at the municipality of Mimoso do Sul, south of Espírito Santo state, between the coordinates 20° 56' 43"-20° 56' 27" S and 41° 32' 21"-41° 34' 5" W (Figure 1). According to Köppen (1948), the climate type is Cwb, characterized by humid

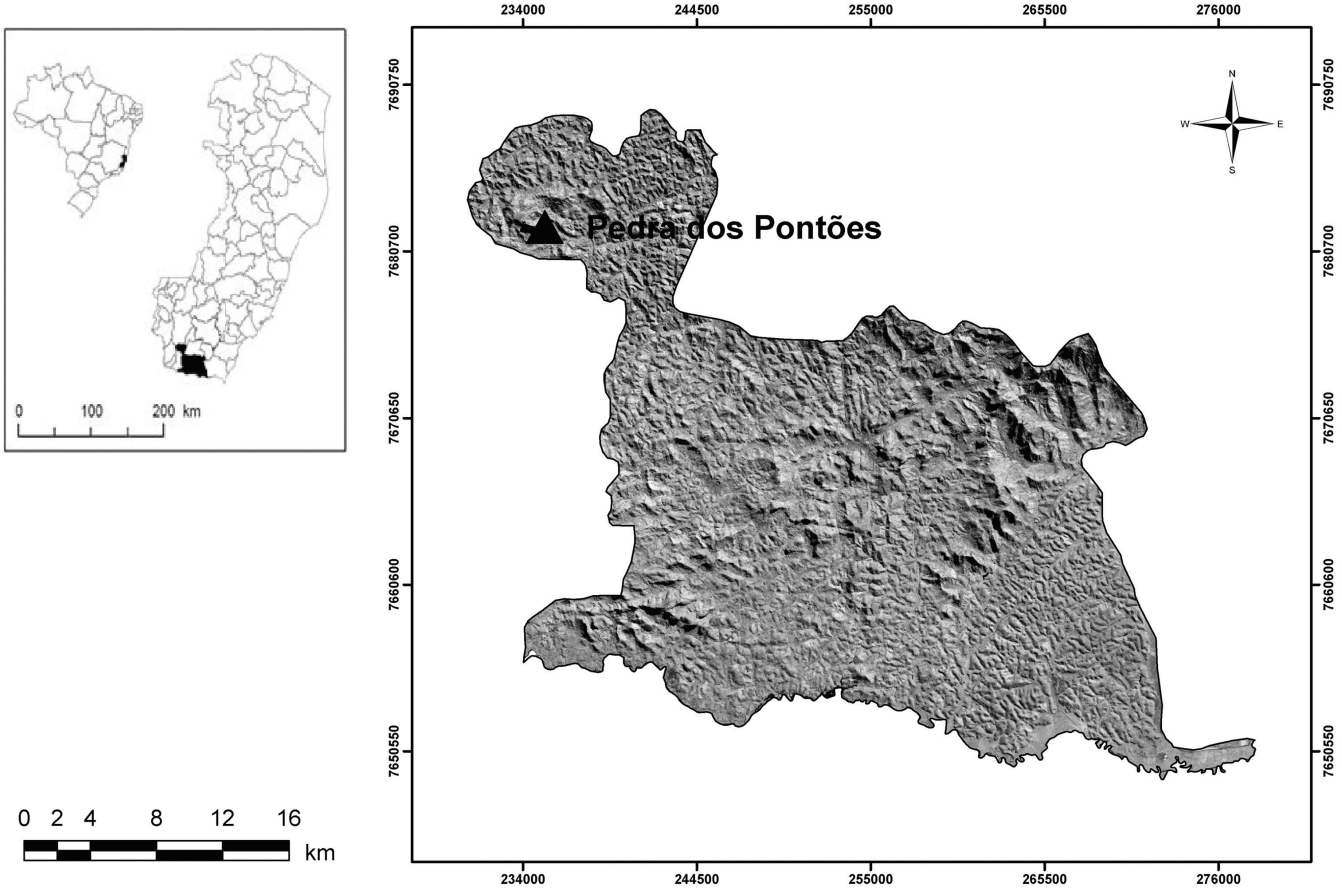


Figure 1. Location of the Pedra dos Pontões, municipality of Mimoso do Sul, Espírito Santo state, Brazil.

summers and cold and dry winters. With approximately 350 ha, the area presents an altitudinal gradient ranging from 700 to 1.400 m, including the Pedra dos Pontões, which is considered the highest outcrop of the region. It consists of a granitic-gneissic complex (Companhia... 1995) with patches of rocky vegetation, inserted in a transition area between montane semi-deciduous forest and montane dense ombrophilus forest (Veloso et al. 1991), besides a disturbed matrix composed by coffee plantations (*Coffea arabica* L.), pasture and eucalyptus´ silviculture (Figure 2).

2. *Data collection*

Field expeditions were conducted between the years 2004 and 2012 in areas of montane dense ombrophilus forest and rocky vegetation. Fertile specimens were collected, photographed and deposited in the herbarium MBML, with duplicates sent to the herbarium VIES. Notes on substrate preference (habit epiphytic, rupicolous or terrestrial), type of vegetation, as well as the geographic coordinates and altitudinal reference using GPS were taken in the field. The apparent local abundance was categorized in four classes, based on simple visual estimation (according to Versieux et al. (2010), with modifications): 1) common: large populations widespread in the two types of vegetation studied; 2) occasional: small populations occurring in the two types of vegetation studied; 3) restrict: large population, limited to a particular type of vegetation. 4) rare: small population observed in a particular type of habitat.

The nomenclature of the species and information about geographical distribution and endemism are cited according to Forzza et al. (2010) and Govaerts et al. (2012). The official lists of endangered species consulted were: a) Official List of Endangered Species of Brazilian Flora (Brasil 2008) and b) List of Endangered Species of Espírito Santo state (Espírito Santo 2005).

Results

We registered 12 genera and 44 species for the Pedra dos Pontões, comprising the three subfamilies traditionally recognized for Bromeliaceae (Table 1). The richest genus was *Vriesea* (10 species), followed by *Billbergia* (seven species), *Aechmea* and *Tillandsia*, with six species each one. The epiphytic habit occurs in 60.4% of the surveyed species (including four taxa registered as facultative epiphytes). The terricolous and rupicolous habits totalize 20.8% and 18.7%, respectively (Figure 3).

Twenty one species inhabit exclusively the rocky outcrops vegetation (nearly 48% of the total taxa surveyed), end the genera *Alcantarea*, *Bromelia*, *Catopsis*, *Pitcairnia* and *Quesnelia* have restricted occurrence to this environment. The remaining taxa (10 species) were registered exclusively for montane forest and

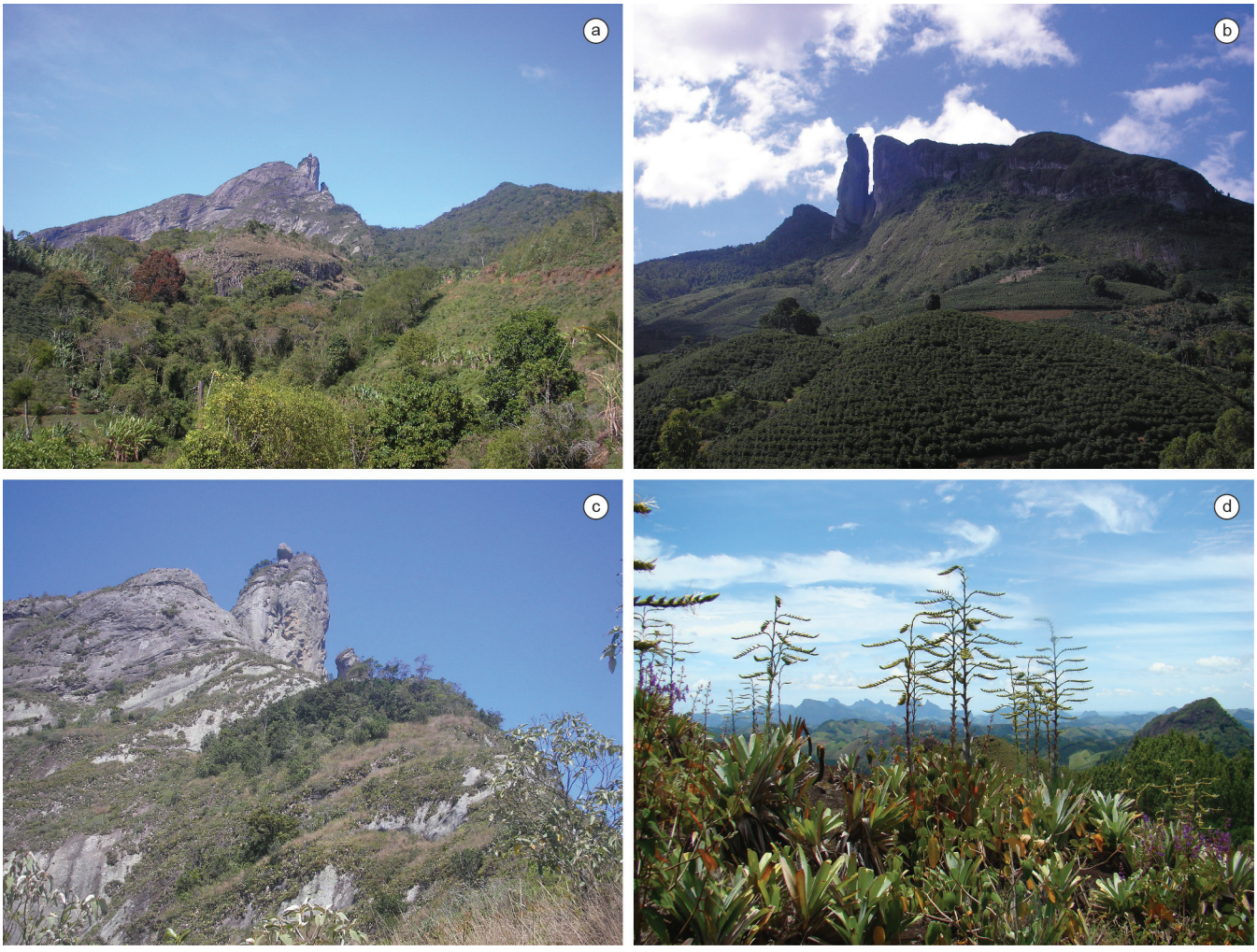


Figure 2. Some types of vegetation found in the study area. Montane dense ombrophile forest (a) and areas of coffee plantations (b) with Pedra dos Pontões behind. Patches of rocky vegetation (c) and detail of the rocky vegetation (d).

Table 1. Bromeliaceae checklist from Pedra dos Pontões, Mimoso do Sul, ES, Brazil. Species are organized by subfamilies (sensu Smith & Downs 1979) and followed by the collector number and voucher. Ecological information, such as (1) distribution in different habitats; (2) types of habit and (3) local abundance estimations are listed as follow: (1) Mf = montane forest; Rv = rocky vegetation. (2) Ep = epiphyte; Ter = terricolous; Ru = rupicolous. (3) Co = common, Oc = occasional, Re = retrict; Ra = rare.* = Endemic to the Espírito Santo state, ** = Endemic to the studied area, # = First register of occurrence for Espírito Santo state.

SUBFAMILY Taxon and voucher	Ecological information and geographic coordinates
BROMELIOIDEAE	
***Aechmea coelestis* (K. Koch) E. Morren**	Mf; 1.290 m; Ep. Ra
D. R. Couto 1.290 (MBML)	20° 56’ 16” S; 41° 33’ 21” W
***Aechmea lamarchei* Mez**	Mf; 700-1.220 m; Te. Re
D. R. Couto 928 (MBML)	20° 55’ 57” S; 41° 33’ 2,7” W
***Aechmea nudicaulis* (L.) Griseb.**	Rv/Mf; 700-950 m; Ep. Co
V. C. Manhães 18 (MBML)	20° 56’ 31” S; 41° 32’ 45” W
***Aechmea ramosa* Mart. *ex* Schult. & Schult.f.**	Rv/Mf; 700-900 m; Ep. Co
D. R. Couto 180 (MBML)	20°56’20,1” S; 41°32’37” W
***Aechmea saxicola* L.B.Sm.**	Rv; 700 m; Ep/Te. Re
V. C. Manhães 27 (MBML)	20°56’19,9” S; 41°32’39” W
***Aechmea squarrosa* Baker**	Rv/Mf; 710-1.000 m; Ep/Ru. Oc
D. R. Couto 179 (MBML)	20° 56’ S; 41° 32’ W
***Billbergia horrida* Regel**	Rv/Mf; 730-900 m; Ep. Co
V. C. Manhães 15 (MBML)	20° 56’ 18,5” S; 41° 32’ 36” W
***Billbergia iridifolia* (Nees & Mart.) Lindl.**	Rv; 730 m; Ter. Re
D. R. Couto 175 (MBML)	20° 56’ 20,7” S; 41° 32’ 38,3” W
Billbergia lietzei* E.Morren	Rv; 710 m; Ru. Ra
D. R. Couto 1.450 (MBML)	20° 56’ 21,3” S; 41° 32’ 38,7” W
***Billbergia porteana* Brong. *ex* Beer**	Rv; 723 m; Ep. Re
V. C. Manhães 6 (MBML)	20° 56’ 20,8” S; 41° 32’ 34,8” W
***Billbergia tweedieana* Baker**	Rv; 740 m; Ep/Ter. Re
D. R. Couto 2.069 (VIES)	20° 56’ 17,7” S; 41° 32’ 37,9” W
***Billbergia vittata* Brong.**	Mf; 710 m; Ep. Re
D. R. Couto 1.030 (MBML)	20° 56’ 8,9” S; 41° 33’ 1” W
***Billbergia zebrina* (Herb.) Lindl**	Rv/Mf; 720 m; Ep. Oc
D. R. Couto 2.111 (VIES)	20° 56’ 17,8” S; 41° 32’ 37,5” W
***Bromelia antiacantha* Bertol.**	Rv/Mf; 700-1.100 m; Te. Co
V. C. Manhães 42 (MBML)	20° 56’ 22,2” S; 41° 32’ 31,6” W
***Edmundoa lindenii* (Regel) Leme**	Rv/Mf; 700-1.110 m; Ep/Ter. Co
V. C. Manhães 25 (MBML)	20° 55’ 58,9” S; 41° 33’ 3,6” W
Neoregelia dayvidiana* Leme & A.P.Fontana*	Rv; 710-1.045 m; Ep. Re
E. Leme 7.566 (MBML)	20° 56’ S; 41° 33’ W
Neoregelia pauciflora* L.B.Sm	Rv; 733 m; Ep. Re
V. C. Manhães 41 (MBML)	20° 56’ 19,1” S; 41° 32’ 33,9” W
***Nidularium antoineanum* Wawra#**	Mf; 1.080 m; Ep. Re
D. R. Couto 2.019 (VIES)	20° 56’ 20” S; 41° 33’ 24,8” W
***Nidularium procerum* Lindm.**	Rv; 700 m; Ter. Re
V. C. Manhães 29 (MBML)	20° 56’ 21,8” S; 41° 32’ 35,6” W
***Quesnelia* aff. *arvensis* (Vell.) Mez#**	Rv/Mf; 730 m; Te. Oc
D. R. Couto 2.068 (VIES)	20° 56’ 21,2” S; 41° 32’ 32,8” W
***Quesnelia kautskyi* C.M.Vieira**	Rv; 700-1.050 m; Te. Re
L. Kollmann 6.802 (MBML)	20° 56’ 19” S; 41° 32’ 37” W
***Quesnelia strobilispica* Wawra**	Rv; 710 m; Te. Re
V. C. Manhães 26 (MBML)	20° 56’ 18” S; 41° 32’ 37” W
PITCAIRNIOIDEAE	
Pitcairnia abyssicola* Leme & L.Kollmann*	Rv; 1.000-1.290 m; Ru. Ra
E. Leme 7.573 (MBML)	20° 56’ S; 41° 33’ W
***Pitcairnia decidua* L.B.Sm.**	Rv; 700-910 m; Ru. Re
V. C. Manhães 9 (MBML)	20° 56’ 31,7” S; 41° 32’ 43” W
***Pitcairnia flammea* Lindl.**	Rv; 930 m; Ru. Re

Table 1. Continued...

SUBFAMILY Taxon and voucher	Ecological information and geographic coordinates
D. R. Couto 1.102 (MBML)	20° 56' 21,7" S; 41° 32' 54,1" W
***Pitcairnia glaziovi* Baker**	Rv; 1.310 m; Ru. Ra
D. R. Couto 941(VIES)	20° 56' 19,1" S; 41° 33' 20,8" W
TILLANDSIOIDEAE	
Alcantarea patriae* Versieux & Wand.	Rv; 700-1.350 m; Ru. Re
V. C. Manhães 7 (MBML)	20° 56' 24" S; 41° 32' 48" W
***Catopsis sessiliflora* (Ruiz & Pav.) Mez**	Rv; 710 m; Ep. Re
D. R. Couto 1.350 (MBML)	20° 56' 20,1" S; 41° 32' 38,7" W
***Tillandsia gardneri* Lindl.**	Rv/Mf; 720-1.040; Ep. Co
V. C. Manhães 36 (MBML)	20° 56' 1" S; 41° 32' 59,2" W
***Tillandsia geminiflora* Brongn.**	Rv/Mf; 710-1.290 m; Ep. Co
D. R. Couto 912 (MBML)	20° 56' 3,8" S; 41° 33' 8,4" W
***Tillandsia recurvata* (L.) L.**	Rv; 712 m; Ep. Re
L. Kollmann 6.829 (MBML)	20° 56' 20" S; 41° 32' 39,6" W
***Tillandsia stricta* Sol.**	Rv/Mf; 730 m; Ep. Oc
D. R. Couto 296 (MBML)	20° 56' 29,8" S; 41° 32' 41,6" W
***Tillandsia tenuifolia* L.**	Rv/Mf; 710-800 m; Ep. Oc
L. Kollmann 6.794 (MBML)	20° 56' 18,7" S; 41° 32' 36,8" W
***Tillandsia usneoides* (L.) L.**	Rv/Mf; 710-800 m; Ep. Oc
D. R. Couto 252 (MBML)	20° 56' 19" S; 41° 32' 39,1" W
***Vriesea* sp.**	Mf; 1.210 m; Ep. Re
D. R. Couto 1.975 (VIES)	20° 56' 10,5" S; 41° 33' 21,7" W
***Vriesea carinata* Wawra**	Mf; 1.290 m; Ep. Re
D. R. Couto 901 (MBML)	20° 56' 4,3" S; 41° 33' 8,8" W
***Vriesea ensiformis* (Vell.) Beer**	Mf; 1.250 m; Ep. Re
V. C. Manhães 33 (MBML)	20° 56' 19,9" S; 41° 32' 39" W
***Vriesea fosteriana* L.B.Sm.**	Rv; 700-1.290 m; Ru. Re
V. C. Manhães 30 (MBML)	20° 56' 20,3" S; 41° 33' 21,5" W
***Vriesea gigantea* Gaudich.**	Rv; 710 m; Ep. Re
D. R. Couto 2.111 (VIES)	20° 56' 19,5" S; 41° 32' 39" W
***Vriesea lubbersii* (Baker) E. Morren**	Rv; 730-800 m; Ep. Co
V. C. Manhães 5 (MBML)	20° 56' 18,9" S; 41° 32' 34,1" W
***Vriesea pardalina* Mez[#]**	Mf; 1200 m; Ep. Re
V. C. Manhães 35 (MBML)	20° 56' 17,8" S; 41° 33' 23,1" W
***Vriesea pseudoatra* Leme[#]**	Rv; 1.220 m; Ru. Re
D. R. Couto 940 (MBML)	20° 56' 22,9" S; 41° 33' 20,1" W
***Vriesea racinae* L.B.Sm.**	Mf; 800 m; Ep. Re
D. R. Couto 1.135 (MBML)	20° 56' 10,2" S; 41° 33' 3,0" W
***Vriesea scalaris* E. Morren**	Mf; 1.100 m; Ep. Re
V. C. Manhães 34 (MBML)	20° 56' 3,8" S; 41° 33' 20,4" W

13 species were observed in both types of vegetation. In relation to the local abundance, 59% of the taxa (26 species) were categorized as restrict, 18% (eight species) as common, 13.6% (six species) as occasional and 9% (four species) as rare (Table 1 and Figure 3).

The altitudinal range where species richness was higher lies between 700 and 1.310 m.a.s.l. (Figure 4). Above the 1.300 m of elevation, we registered an in increase on the richness of Tillandsioideae species (genera *Alcantarea*, *Tillandsia* and *Vriesea*). Only *Billbergia* has showed preferential distribution for elevation between 700 and 750 m, with the exception of *B. horrida* Regel, that grows between 700 and 900 m.

The first occurrence for the Espírito Santo state is reported here for *Aechmea. squarrosa* Baker, *Nidularium antoineanum* Wawra, *Vriesea pseudoatra* Leme and *Vriesea pardalina* Mez. The species *A. squarrosa* (Figure 5a) and *V. pseudoatra* (Figure 5d) were previously restricted to Rio de Janeiro state. *N. antoineanum* (Figure 5b) and *V. pardalina* (Figure 5c), otherwise, have been registered for São Paulo, Rio de Janeiro and Minas Gerais states, and now have their distribution extended to the whole Brazilian southeast region. This work also registers species with endemic distribution for the Espírito Santo: *Alcantarea patriae* Versieux & Wand, *Vriesea fosteriana* L.B.Sm., *Billbergia lietzei* E.Morren, *Neoregelia dayvidiana* Leme & A.P.Fontana and *Pitcairnia abyssicola* Leme & L.Kollmann. The last two taxa were originally described from the Pedra dos Pontões, and so far are still known only for the type locality.

Four species surveyed are reported in the official list of endangered species of Espírito Santo (Espírito Santo 2005) as "Vulnerable": *Billbergia lietzei* (Figure 5e), *Quesnelia. kautskyi*

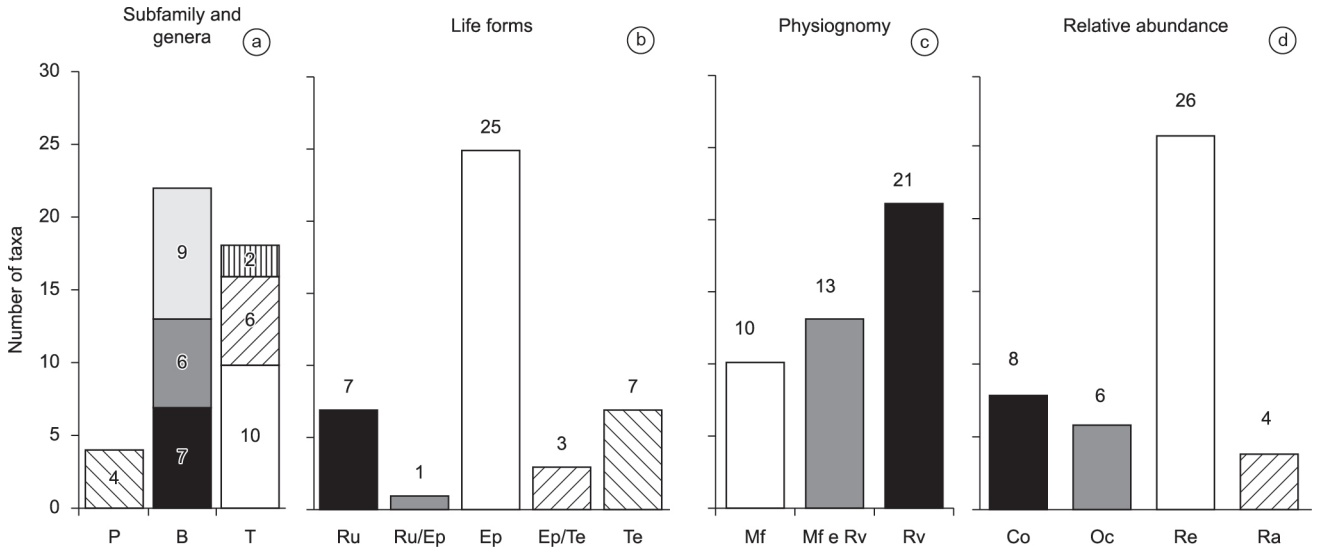


Figure 3. Distribution of the Bromeliaceae species. **A.** Subfamilies Pitcairnoideae (P), Bromelioideae (B) and Tillandsioideae (T) and in the principal genera (black bars =*Billbergia*, dark gray= *Aechmea*, light gray= other genera of Bromelioideae, white=*Vriesea*, hatched =*Tillandsia*, stippled=other Tillandsioideae). **B.** Life forms (black= rupicolous, gray= rupicolous and epiphyte, white=epiphyte, hatched= epiphyte and terricolous, stippled= terricolous). **C.** Physiognomy (white = montane forest, gray= montane forest and rocky outcrop vegetation, black = rocky outcrop vegetation) **D.** Classes of relative abundance (black = common, gray = occasional, white= retricted; hatched= rare).

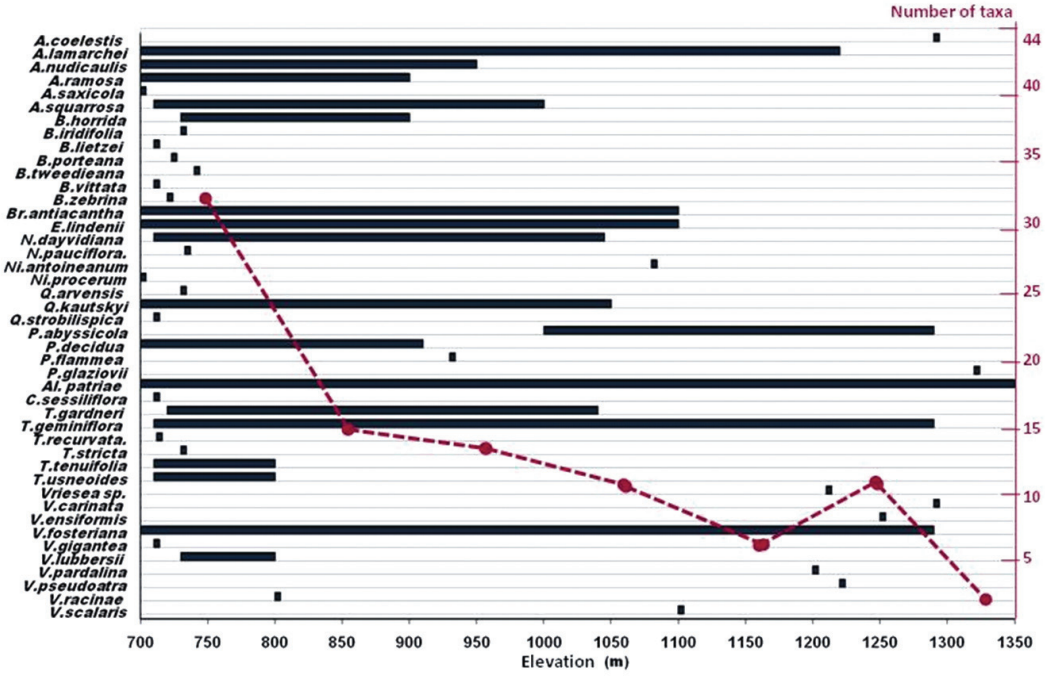


Figure 4. Distribution of the Bromeliaceae species surveyed for the Pedra dos Pontões, according to their occurrence in different altitudinal ranges (the red line indicates the total number of species in each altitudinal range).

C.M.Vieira (Figure 5f), *Pitcairnia decidua* L.B.Sm. and *Vriesea racinae* L.B.Sm. (Figure 5g) and one as "Endangered" (*V. fosteriana*). None of the species studied is cited in the list of endangered Brazilian flora species (Brasil 2008). However, *V. fosteriana* and *V. racinae* are reported as "Data Deficient" and further studies about the geographic distribution and potential threats are necessary to a better definition of the conservation status of these species.

Discussion

In terms of species richness and diversity, despite its importance for the flora of Espírito Santo, taxonomic inventories concerning Bromeliaceae are still scarce in the state, and most published works have been related to descriptions of new taxa. At the central portion of the state, in areas of dense ombrophile forest of the municipality of



Figure 5. Some species of Bromeliaceae found in the Pedra dos Pontões. First records for the Espírito Santo state (a-d); *Aechmea squarrosa* Baker (a); *Nidularium antoineanum* Wawra (b); *Vriesea pardalina* Mez (c); *Vriesea pseudoatra* Leme (d). Some endangered species registered for the state (e-g); *Billbergia lietzei* E.Morren (e); *Quesnelia kautskyi* C.M.Vieira (f); *Vriesea racinae* L.B.Sm. (g).

Santa Teresa, Wendt et al. (2010) surveyed 107 taxa of Bromeliaceae (about a third of the total known for the Espírito Santo). Esgario et al. (2009) listed 11 species of Bromeliaceae in an inventory of the vascular flora associated to rocky vegetation in the region of Alto Misterioso. Silva & Gomes (2003, 2005) studied the bromeliads in municipality of Serra, and registered 19 and 23 species, respectively. For the southern portion of the state, Assis et al. (2004) surveyed 14 species in areas of sandy coastal plains (*restinga*) in the municipality of Guarapari.

Compared to the studies mentioned above, the Pedra dos Pontões presents a relevant species richness of Bromeliaceae, what strengthens the importance of the phytophysiognomies associated to rocky outcrops in the maintenance of the diversity and endemism for many taxa of the family. Some species registered in the area (e.g. *Aechmea squarrosa*, *Billbergia lietzei*, *Neoregelia dayvidiana*, *Pitcairnia abyssicola*, *P. glaziovii* Baker and *Vriesea racinae*) are of great conservation importance, due to their restrict geographic distribution, few collections in the field and consequently scarce records in herbarium.

This work highlight that the documentation and study of the flora of Espírito Santo assumes a more relevant aspect in view of the high levels of degradation of the natural ecosystems observed in

the state. The south portion of the Espírito Santo figurate as one of the most deprived of protected areas. The mountain regions of Alto Calçado and Serra das Torres, for example, are indicated as having great priority for implantation of Conservation Units (Instituto... 2012). Our results suggest that this conservation strategy should be extended for the neighboring fragments of Mimoso do Sul, including the studied area, also through the implantation of protected areas or connecting them through ecological corridors.

Acknowledgements

We thank to Antônio Mazza (*in memoriam*) and his family, Roberto Bellato and Cristiane Massini, for issuing the necessary permits to plant collection within their particular propriety; Ludovic Kollmann, Andre Fontana, Elton Leme and Thiago Coser, for helping during the fieldworks and taxonomic identifications; Helio Fernandes (curator of MBML herbarium) and Henrique Machado Dias (herbarium VIES, subcuratory Alegre/Jerônimo Monteiro), for logistic support.

References

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.

ASSIS, A.M., MAGNAGO, L.F.S. & FERNADES, H.Q.B. 2007. Floresta Estacional Semidecidual de Terras Baixas, Submontana e Montana. In Espécies da flora ameaçadas de extinção no estado Espírito Santo (C.N. Fraga & M. Simonelli, eds). IPEMA, Vitória, p.51-54.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Anexo I da Instrução Normativa nº 6, de 23 de setembro de 2008. Lista Oficial das Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 09 out. 2008. http://www.mma.gov.br/estruturas/ascom_boletins/_arquivos/83_19092008034949.pdf (último acesso em 15/08/2012).

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM. 1995. Programas de levantamentos geológicos básicos do Brasil. 1:250.000. Folha SF.24-V-A. Cachoeiro de Itapemirim. Belo Horizonte.

ESGARIO, C.P., FONTANA, A.P. & SILVA, A.G. 2009. A flora vascular sobre rocha no Alto Misterioso, uma área prioritária para a conservação da Mata Atlântica no Espírito Santo, Sudeste do Brasil. Natureza On Line 7(2):80-91 http://www.naturezaonline.com.br (último acesso em 15/08/2012)

ESPÍRITO SANTO. Decreto nº 1499-R, de 13 de junho de 2005. Declara as espécies da fauna e flora silvestres ameaçadas de extinção no Estado do Espírito Santo, e dá outras providências. Diário Oficial do Estado do Espírito Santo, 16 jun. 2005.

FORZZA, R.C., COSTA, A., SIQUEIRA FILHO, J.A. & MARTINELLI, G. 2010. Bromeliaceae. In: Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010/FB000066 (último acesso em 15/08/2012)

FRAGA, C.N., SIMONELLI, M. & FERNANDES, H.Q.B. 2007. Metodologia utilizada na elaboração da lista da flora ameaçada de extinção no Espírito Santo. In Espécies da flora ameaçadas de extinção no estado Espírito Santo (C.N. Fraga & M. Simonelli, eds.). IPEMA, Vitória, p.59-72.

GOVAERTS, R., LUTHER, H.E. & GRANT, J. 2012. World Checklist of Bromeliaceae. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. http://apps.kew.org/wcsp/ (ultimo acesso em 10/09/2012).

INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE - IEMA. Áreas prioritárias para conservação no Espírito Santo. http://www.meioambiente.es.gov.br/download/Anexo_Areas_PRIORITARIAS_para_CONSERVACAO.pdf. (último acesso em 10/09/2012).

KÖPPEN, W. 1948. Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra. Fondo de Cultura Econômica, México.

LEME, E.M.C., KOLLMANN, L.J.C. & FONTANA, A.P. 2009. Two new species from Pedra dos Pontões, an unexplored mountain in Espírito Santo, Brazil. J. Bromeliad Soc. 59(4):145-192.

LEME, E.M.C., FRAGA, C.N., KOLLMANN, L.J.C., BROWN, G.K., TILL, W., RIBEIRO, O.B.C., MACHADO M.C., MONTEIRO, F.J.S. & FONTANA, A.P. 2010a. Miscellaneous new species in the Brazil Bromeliaceae. Rodriguésia 61(1):021-067.

LEME, E.M.C., FONTANA, A.P. & HALBRITTER, H. 2010b. Three New Pitcairnia Species (Bromeliaceae) from the Inselbergs of Espírito Santo, Brazil. Syst. Bot. 35(3):487-496. http://dx.doi.org/10.1600/036364410792495971

MARTINELLI, G. 2007. Mountain biodiversity in Brazil. Rev. Bras. Bot. 30(4):587-597. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042007000400005

MARTINELLI, G. & FORZZA, R.C. 2006. *Pitcairnia* L.Hér. (Bromeliaceae):uma nova espécie, *P. azouryi* Martinelli & Forzza, e observações sobre *P. encholirioides* L. B. Sm. Rev. Bras. Bot. 29(4):603-607. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042006000400010

MARTINELLI, G.,VIEIRA, C.M., GONZALEZ, M., LEITMAN, P., PIRATININGA, A., COSTA, A.F. & FORZZA, R.C. 2008. Bromeliaceae da Mata Atlântica brasileira: lista de espécies, distribuição e conservação. Rodriguésia 59(1):209-258.

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

RIZZINI, C.T. 1997. Tratado de Fitogeografia do Brasil, aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos. 2. ed. Editora Âmbito Cultural, Rio de Janeiro.

SILVA, N.N.F. & GOMES J.M.L. 2003. Bromeliaceae do Sítio Morro do Céu, Serra (ES). Natureza On Line 1(2):1-11. http://www.naturezaonline.com.br (último acesso em 15/08/2012).

SILVA, N.N.F. & GOMES, J.M.L. 2005. Bromeliaceae do Sítio Santo Antônio, Morro do Céu, Itaiobaia, Serra-ES. Enciclopédia Biosfera 01:1-29.

SIMONELLI, M., FRAGA, C.N. & FERNANDES, H.Q.B. 2007. Situação atual da flora ameaçada no Estado do Espírito Santo. In Espécies da flora ameaçadas de extinção no estado Espírito Santo (C.N. Fraga & M. Simonelli eds). IPEMA, Vitória, p.73-80.

SMITH, L. B. & DOWNS, R .J. 1979. Bromelioideae (Bromeliaceae). Flora Neotropica Monograph 14(3): 1493-2141. New York Botanical Garden

VELOSO, H.P., RANGEL FILHO, A.L.R. & LIMA, J.C.A. 1991. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. IBGE, Rio de Janeiro.

VERSIEUX, L. & WANDERLEY, M.G.L. 2007. A new species of *Alcantarea* (E. Morren ex Mez) Harms, Bromeliaceae. Hoehnea 34(3):409-413. http://dx.doi.org/10.1590/S2236-89062007000300009

VERSIEUX, L.M., LOUZADA, R.B., VIANA, P.L., MOTA, N. & WANDERLEY, M.G.L. 2010. An illustrated checklist of Bromeliaceae from Parque Estadual do Rio Preto, Minas Gerais, Brazil, with notes on phytogeography and one new species of *Cryptanthus*. Phytotaxa 10:1-16.

WENDT, T., COSER, T.S., BOUDET-FERNANDES, H. & MARTINELLI, G. 2010. Bromeliaceae do município de Santa Teresa, Espírito Santo: lista de espécies, distribuição, conservação e comentários taxonômicos. Bol. Mus. Biol. Mello Leitão 27:21-53.

Received 12/01/2012
Revised 09/22/2013
Accepted 11/07/2013

Larval trematodes in freshwater gastropods from Mato Grosso, Brazil: diversity and host-parasites relationships

Aline Carvalho de Mattos[1,2], Maria Fernanda Furtado Boaventura[1],

Monica Ammon Fernandez[1] & Silvana Carvalho Thiengo[1]

[1]Laboratório de Malacologia, Instituto Oswaldo Cruz-Fiocruz,
Av. Brasil 4365, CEP 21040-900, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
[2]Corresponding author: Aline Carvalho de Mattos, e-mail: amattos@ioc.fiocruz.br

MATTOS, A.C., BOAVENTURA, M.F.F., FERNANDEZ, M.A. & THIENGO, S.C. **Larval trematodes in freshwater gastropods from Mato Grosso, Brazil: diversity and host-parasites relationships.** Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/en/abstract?article+bn00613042013

Abstract: A survey for freshwater gastropods carrying trematodes parasites was conducted in Manso Dam and the surrounding areas frequented by tourist, focusing particularly on the Pantanal region. Infected snails were recovered from twelve of the eighteen investigated municipalities and forty-one cercaria-snail pairings were recorded. Among these pairings were several first records of snails serving as intermediate hosts for trematodes in Brazil including *Biomphalaria amazônica* Paraense, 1966, *Biomphalaria occidentalis* Paraense, 1981, *Marisa planogyra* Pilsbry,1933, *Pomacea maculata* Perry, 1830, *Pomacea scalaris* (d'Orbigny, 1835) and *Gundlachia radiata* (Guilding, 1828). Echinostomatidae and Strigeidae were the most common trematode families (ca. 47%) and the greatest diversity of larvae were obtained from *Drepanotrema lucidum* (Pfeiffer, 1839). Paramphistomatidae, Schistosomatidae or Spirorchiidae and Notocotylidae or Pronocephalidae were recovered in *D. lucidum* for the first time extending the number of families which use this gastropod as intermediate host. Although no specimens were found harboring larval stages of *Schistosoma mansoni* Sambon, 1907 other trematode larvae were discovered, including the Schistosomatidae *Brevifurcate apharingeate cercaria* that can cause dermatitis in humans. Continued studies on the taxonomy and biology of trematodes are essential to better understand the biodiversity of these parasites as well as the epidemiological aspects for control of associated zoonosis.
Keywords: *epidemiology, cercariae, biological diversity, hydroelectric power plant, Pantanal.*

MATTOS, A.C., BOAVENTURA, M.F.F., FERNANDEZ, M.A. & THIENGO, S.C. **Larvas de trematódeos encontradas em gastrópodes límnicos provenientes de Mato Grosso, Brasil: diversidade e relações parasito hospedeiro.** Biota Neotrop. 13(4):http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/pt/abstract?article+bn00613042013

Resumo: Foi realizado um levantamento de trematódeos em gastrópodes límnicos provenientes da área da Usina Hidrelétrica de Manso e das proximidades com potencial turístico, como a região do Pantanal. Moluscos parasitados foram encontrados em doze dos dezoito municípios investigados e quarenta e uma interações cercária-gastrópode límnico foram observadas, entre elas *Biomphalaria amazônica* Paraense, 1966, *Biomphalaria occidentalis* Paraense, 1981, *Marisa planogyra* Pilsbry, 1933, *Pomacea maculata* Perry, 1830, *Pomacea scalaris* (d'Orbigny, 1835) and *Gundlachia radiata* (Guilding, 1828) atuando pela primeira vez no Brasil como hospedeiros intermediários de trematódeos. Echinostomatidae e Strigeidae foram as famílias de maior ocorrência (ca. 47%) e a maior variedade de tipos cercarianos foi encontrada em *Drepanotrema lucidum* (Pfeiffer, 1839). Paramphistomatidae, Schistosomatidae or Spirorchiidae and Notocotylidae or Pronocephalidae foram reportadas pela primeira vez em *D. lucidum* ampliando o número de famílias que utilizam esse gastrópode como hospedeiro intermediário. Embora nenhum espécime tenha sido encontrado com formas larvais de *Schistosoma mansoni* Sambon, 1907, outros trematódeos foram observados, como *Brevifurcate apharingeate cercaria* da família Schistosomatidae que pode causar dermatite no homem. Estudos sobre a taxonomia e a biologia de trematódeos são essenciais para melhor compreender a biodiversidade desses parasitos, assim como os aspectos epidemiológicos para o controle de parasitoses associadas.
Palavras-chave: *epidemiologia, cercárias, diversidade biológica, usina hidrelétrica, Pantanal.*

Introduction

Impoundments constitute one of the main human interventions in aquatic ecosystems, causing dramatic changes in the physical, chemical and biological structure and function of rivers (Albrecht et al. 2009). Environmental changes caused by dams interfere with water quality, through eutrophic effects and alter hydrologic patterns and ecological dynamics of the rivers and basins (Nogueira et al. 2005). According to Fundação Nacional de Saúde (the Brazilian National Health Foundation) and the Ministério da Saúde (Brazilian Ministry of Health), the construction of hydroelectric power facilities encourages human population growth and often migrants relocate to the newly dammed region from endemic schistosomiasis areas, searching for work and leisure activities (Fundação... 1995, Brasil 2007, Thiengo & Fernandez 2008). Furthermore, the modified environment generally produces favorable conditions for the reproduction of the *S. mansoni* snail hosts (Southgate 1997, Thiengo et al. 2005, Zheng et al. 2002). Several types of trematodes larvae were recovered from the snails collected in the area and identified. Flukes of the Class Trematoda have a significant medical and veterinary importance because all act as animal parasites. Additionally, invertebrates that live in other organisms may account for more than half of the species on the planet. These animals rarely are found outside of their hosts and may be underestimated (Lewinsohn et al. 2005). Studies on Trematoda in South America began in the XIX century by European helminthologists based on material collected in Brazil. In Brazil larval trematodes were first studied by Pirajá da Silva, who described the *Schistosoma mansoni* cercariae Sambon, 1907 (Cercaria blanchardi), the most important among trematode species because Schistosomiasis disease that is endemic in tropical and subtropical regions (Boaventura et al. 2002). Recently Kohn et al. (2007) reported 460 known and 75 undetermined species in South America. Dams create conditions suitable for the establishment of the mollusk vectors and also lead to increased permanent human settlement and tourism. Hence, justify further studies regarding larval helminthes in freshwater snails in those areas. To determine the distribution of freshwater snails carrying trematode larvae, particularly those acting as intermediate hosts of *Schistosoma mansoni* Sambon, 1907 vectors a qualitative study of freshwater mollusks was performed from 2002 to 2004 in the Aproveitamento Múltiplo de Manso (APM Manso) dam and also in municipalities of the Pantanal Mato-grossense, a singular wetland ecosystem near the dam, formed by the Paraguay river basin.

Material and Methods

The APM Manso is located at the Cuiabá river basin, state of Mato Grosso, and the lake is 7.30×10^9 m^3, covering an area of 427 km^2, between the municipalities of Chapada dos Guimarães and Nova Brasilândia. Freshwater snails collections were done in the reservoir, in 2002 (February, April, August, October and December), 2003 (every two months from February to December) and 2004 (February). Collections were also performed at other sites (streams, ponds, lakes, ditches, etc) in the surrounding municipalities as well as in the Pantanal Mato-grossense (Figure 1). Live snails were kept at the Laboratorio de Referencia Nacional em Malacologia Medica in aquaria containing dechlorinated tap water and at the bottom, a thin layer of a 2:1 mixture of screened soil and ground oyster shells as a source of mineral nutrients. In order to search for the larvae, snails were isolated in jars containing 4 mL filtered dechlorinated water. Jars with snails were maintained in 12:12 hr light:dark cycle for one day with exposure under an incandescent light (60 W) for 6 hours during the light cycle, with maintenance at ambient light for the remaining six, at five-day intervals to determine possible infection with trematode larvae, mainly *S. mansoni*. After, the mollusks were examined under stereoscopic microscope for larvae samples that contained cercariae were again exposed to the light:dark cycles, as described above, weekly until a sufficient number of larvae were obtained for morphological studies. Live cercarial stages recovered in this manner were studied under stereo microscope, either unstained or vitally stained with five percent neutral red. Those that were stained were fixed in 10% formalin following the protocol of Boaventura et al. (2002). Cercarial types and their possible familial affinities were identified according to Schell (1970). Snail specimens of each sample were killed following the protocol of Fernandez et al. (2008) and identified by anatomical dissection.

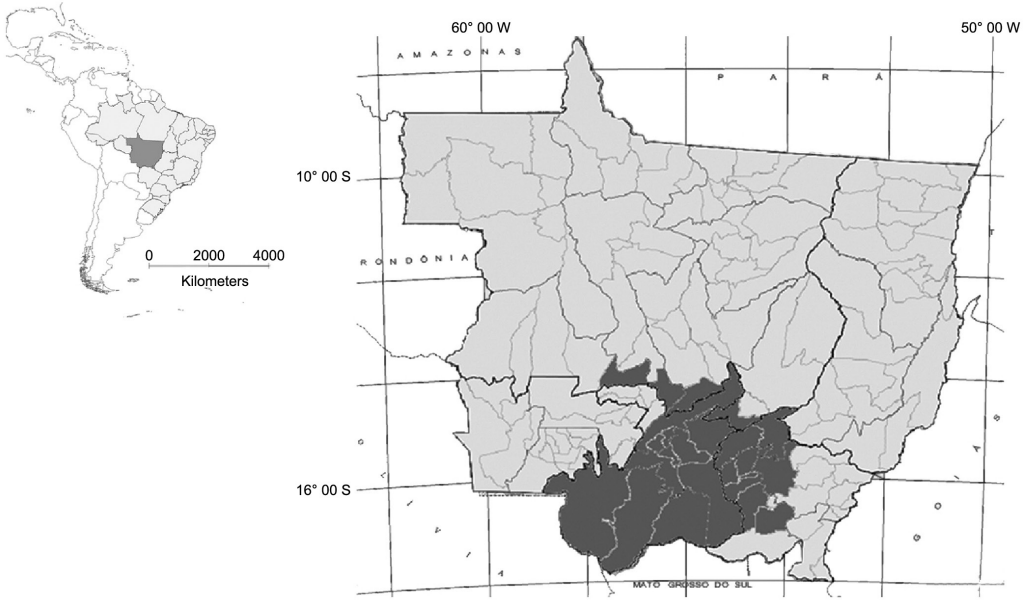


Figure 1. Map of South America, Brazil and Mato Grosso State, with investigated municipalities shaded, showing geographical location of the studied area.

Results

Ten morphologically distinct cercarial types were recovered from *Biomphalaria amazonica* Paraense, 1966, *Biomphalaria occidentalis* Paraense, 1981, *Biomphalaria schrammi* (Crosse, 1864), *Biomphalaria* sp., *Drepanotrema lucidum* (Pfeiffer, 1839), *Drepanotrema depressissimum* (Moricand, 1839), *Gundlachia radiata* (Guilding, 1828), *Physa marmorata* Guilding, 1828, *Marisa planogyra* Pilsbry, 1933, *Pomacea maculata* Perry, 1830, *Pomacea lineata* (Spix, 1827) and *Pomacea scalaris* (d'Orbigny, 1835) in twelve municipalities (Table 1). These cercarial types belong to 15 different trematode families (Table 2). Echinostomatidae and Strigeidae (Figures 2B, C) were the most common families (*ca*. 47%) and the greatest diversity of larvae was obtained from *D. lucidum* with six types. Trematode stages other than cercariae (*i.e.*cysts, rediae and metacercariae) were also observed in *B. amazonica*, *B. schrammi*, *D. lucidum*, *M. planogyra* and *P. marmorata*. Of the trematodes surveyed *Brevifurcate apharyngeate cercaria* (Figure 2A), a Schistosomatidae that can cause human dermatitis was found from *B. amazonica*, *D. lucidum* and *P. maculata*. The highest diversity of cercarial types, nine types, was found in the municipality of Poconé, in the Pantanal region.

Table 1. Trematode-freshwatwer snail interactions in Mato Grosso, Brazil.

Family	Intermediate host	Types of cercarie	Municipalities											
			Alto Paraguai	B. de Melgaço	Cáceres	C. Guimarães	Cuiabá	Jangada	Nobres	N. Brasilândia	NS. Livramento	Poconé	Pedra Preta	Rosário Oeste
Ampullariidae	*M. planogyra*	"Armatae cercaria"										x		
		"Echinostome cercaria"										x		
		"Strigea cercaria"										x		
		"Gymnocephalous cercaria"										x		
	P. figulina	"Ubiquita cercaria"					x							
	P. lineata	"Brev.-apharingeate cercaria"	x											
		"Ubiquita cercaria"					x					x		
	P. maculata	"Brev.-apharingeate cercaria"										x		
		"Ubiquita cercaria"									x			
	P. scalaris	"Echinostome cercaria"										x		
		"Strigea cercaria"										x		
		"Ubiquita cercaria"										x		
Ancylidae	*G. radiata*	"Strigea cercaria"			x	x						x		
	Died, not identified	"Brev.-pharingeate-clinostomatoide cercaria"										x		
Planorbidae	*B. amazonica*	"Brev.-apharingeate cercaria"							x					
		"Brev.-phar.-clinost. cercaria"		x					x					
		"Echinostome cercaria"		x		x								
		"Brev.-phar.-clinost. cercaria"		x										
	B. occidentalis	"Echinostome cercaria"										x		
		"Strigea cercaria"											x	
	Biomphalaria sp.	"Echinostome cercaria"				x								
	B. schrammi	"Echinostome cercaria"							x					
	D. depressissimum	"Ornatae cercaria"	x							x				

Table 2. Trematode larvae and possible definitive hosts in the Mato Grosso, Brazil.

TREMATODA		POSSIBLE DEFINITIVE HOST
Types of cercariae	Possible family(ies)	
"Amphistome cercaria"	Paramphistomatidae	Amphibious, birds and mammals
"Armatae cercaria"	Plagiorchiidae or Telorchiidae	Amphibious, birds fishes, mammals and reptiles.
"Brevifurcate-apharyngeate cercaria"	Schistosomatidae or Spirorchiidae	Birds, mammals and reptiles
"Brevifurcate-pharyngeate-clinostomatoid cercaria"	Clinostomatidae	Birds and reptiles
"Echinostome cercaria"	Echinostomatidae	Birds, mammals and reptiles
"Gymnocephalous cercaria"	Fasciolidae	Mammals
"Monostome cercaria"	Notocotylidae or Pronocephalidae	Birds, mammals and reptiles
"Ornatae cercaria"	Haplometridae or Macrodeiroididae	Amphibious and reptiles
"Strigea cercaria"	Diplostomatidae or Strigeidae	Birds and mammals
"Ubiquita cercaria"	Microphallidae	Birds, fishes and mammals

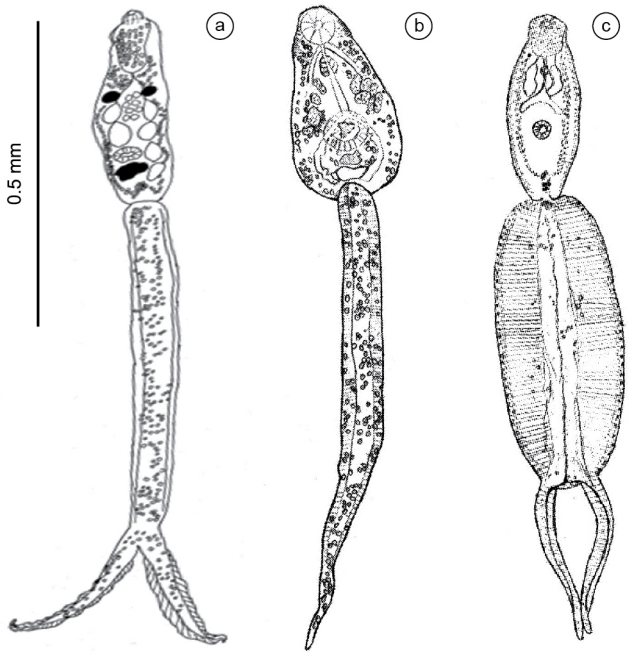


Figure 2. Schematic drawings of cercarial types of trematodes from Mato Grosso: a. Brevifurcate apharingeate cercaria; b. Echinostome cercaria; c. Strigea cercaria.

Discussion

Among the infected snails *B. amazonica, D. lucidum* and *P. maculata* should be detached because harbored *Brevifurcate apharyngeate cercaria* that can cause human dermatitis (Horák & Kolárová 2011, Bosnia et al. 1990, Hanning & Leedom 1978). Cases of human dermatitis in Brazil may be underestimated because some species of trematodes have been found in birds and intermediate hosts widely distributed throughout the country (Pinto et al. 2012). Although no specimens of freshwater snails were found harboring larval stages of *S. mansoni* other trematode larvae were recovered from twelve municipalities, mainly in the Pantanal, a wetland region often visited by tourists admiring its scenic beauty. The high incidence of Echinostomatidae and Strigeidae families, parasites of wild birds, is easily explained by the fact that approximately twenty-seven percent of Brazilian bird species occur in the Pantanal region (Vasconcelos et al. 2008). The relationship between the presence of definitive hosts and the cercarial diversity was also observed by Abdul-Salam & Al-Khedery (1992) in Kwait. Here we report, for the first time in Brazil, *B. amazonica, B. occidentalis, M. planogyra, P. maculata* and *P. scalaris* serving as intermediate hosts of trematodes. This study also extends the number of trematode families that use *D. lucidum* as intermediate host, since only Echinostomatidae, Strigeidae or Diplostomatidae, Macroderoididae or Haplometridae, and Xiphidiocercariae were previously observed in *D. lucidum*. Veitenheimer-Mendes & Almeida-Caon (1989), Veitenheimer-Mendes et al. **(**1995), Thiengo et al. (2001, 2002), Boaventura et al. (2002, 2007), Moraes et al. (2009), have reported numerous new trematode-freshwater snail relationships in Brazil, further reinforcing the important role of molluscs as intermediate hosts of trematodes, as well as their role in increasing the spread of zoonoses associated with these parasites. To accurately estimate the diversity of trematodes, it is necessary to survey their hosts. Such surveys also provides information on interactions between the species allowing a deeper understanding of the cascading effects from loss of species hosts (Lewinsohn et al. 2005). Studies on the morphology of trematode larvae are essential to better understand the taxonomy and epidemiological implications of these parasites. For effective control of their associated zoonoses and spread it is crucial that such studies be continued. Furthermore, studies with the aim of matching the adult parasite with the larval forms via molecular techniques (*i.e*. PCR, Sequencing) or those involving life cycle studies should be strongly encouraged, as they too will provide a wealth of information necessary to understanding these important parasites.

Acknowledgements

To Furnas Centrais Elétricas, especially the Manso Dam staff for providing facilities during the field work. We also thank Kenneth Hayes for the critical reading of this paper and Pablo Menezes Coelho for the illustrations.

References

ABDUL-SALAM, J. & AL-KHEDERY, B. 1992. The occurrence of larval Digenea in some snails in Kwait Bay. Hydrobiologia. 248(2):161-165. http://dx.doi.org/10.1007/BF00006083

ALBRECHT, M.P., CARAMASCHI, E.P. & HORN, M.H. 2009. Population responses of two omnivorous fish species impoundment of a Brazilian tropical river. Hydrobiologia. 627:181-193. http://dx.doi.org/10.1007/s10750-009-9727-7

BOAVENTURA, M.F., FERNANDEZ, M.A., THIENGO, S.C., SILVA, R.E. & MELO, A.L. 2002. Formas larvais de Trematoda provenientes de gastrópodes límnicos da microrregião Rio de Janeiro, Sudeste do Brasil. Lundiana. 3:45-49.

BOAVENTURA, M.F., THIENGO, S.C. & FERNANDEZ, M.A. 2007. Gastrópodes límnicos hospedeiros intermediários de trematódeos digenéticos no Brasil. In Tópicos em Malacologia: Ecos do XVIII Encontro Brasileiro de Malacologia (S.B. Santos, A.D. Pimenta, S.C. Thiengo, M.A. Fernandez & R.S. Absalão, eds.). Sociedade Brasileira de Malacologia, Rio de Janeiro, p.327-337.

BOSNIA, A.S., KAISIN, F.J. & TABLADO, A. 1990. Population dynamics and production of the freshwater snail *Chilina gibbosa* Sowerby 1841 (Chilinidae, Pulmonata) in a North-Patagonian reservoir. Hydrobiologia. 190(2):97-110. http://dx.doi.org/10.1007/BF00014100

BRASIL. Ministério da Saúde. 2007. Vigilância em Saúde – dengue, esquistossomose, hanseníase, malária, tracoma e tuberculose. Cadernos de Saúde Básica, normas e manuais técnicos. 2. ed. Ministério da Saúde, Brasília.

FERNANDEZ, M.A., THIENGO, S.C. & AMARAL, R.S. 2008. Técnicas Malacológicas. In Vigilância e Controle de Moluscos de Importância Epidemiológica: diretrizes técnicas (R.S. Amaral, S.C. Thiengo & O.S. Pieri, eds). Ministério da Saúde, Brasília, p.43-70.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE - FNS. 1995. Controle da esquistossomose: diretrizes técnicas. FNS, Brasília.

HANNING, G.W. & LEEDOM, W.S. 1978. Schistosome Dermatites from *Pomacea paludosa* (Say) (Prosobranchia: Pilidae). The Nautilus 92:105-106.

HORÁK, P. & KOLÁROVÁ, L. 2011. Snails, waterfowl and cercarial dermatitis. Freshw. Biol. 56: 779-790. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2427.2010.02545.x

KOHN, A., FERNANDES, B.M.M. & COHEN, S.C. 2007. South American trematodes parasites of fishes. Imprinta Express, Rio de Janeiro.

LEWINSOHN, T.M., FREITAS, A.V.L. & PRADO, P.I. 2005. Conservação de invertebrados terrestres e seus habitats no Brasil. Megadiversidade. 1(1):62-69.

MORAES, J., SILVA, M.P.N., OHLWEILER, F.P. & KAWANO, T. 2009. *Schistosoma mansoni* and other larval trematodes in *Biomphalaria tenagophila* (Planorbidae) from Guarulhos, São Paulo State, Brazil. Rev. Inst. Med. Trop. S. Paulo 51(2):77-82. PMid:19390735. http://dx.doi.org/10.1590/S0036-46652009000200004

NOGUEIRA, M.G., HENRY, R. & JORCIN, A. 2005. Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata. Rima, São Paulo.

PINTO, H.A., MATI, V.L.T & MELO, A.L. 2012. Dermatite cercariana por esquistossomatídeos de aves: é possível a ocorrência de casos no Brasil?. Rev. Patol. Trop. 41(1):1-14. http://dx.doi.org/10.5216/rpt.v41i1.17742

SCHELL, S.C. 1970. How to know the trematodes. Wm.C. Brown Co., Dubuque.

SOUTHGATE, V.R. 1997. Schistosomiasis in the Senegal river basin: before and after the construction of the dams at Diama, Senegal and Manantali, Mali and future prospects. J. Helminthol. 71:125-132. PMid:9192711. http://dx.doi.org/10.1017/S0022149X00015790

THIENGO, S.C. & FERNANDEZ, M.A. 2008. Moluscos límnicos em reservatórios de usinas hidrelétricas no Brasil: aspectos biológicos e epidemiológicos. In *Schistosoma mansoni* & Esquistossomose: uma visão multidisciplinar. (O.S. Carvalho, P.M.Z. Coelho & H.L. Lenzi, eds.), Fiocruz, Rio de Janeiro, p.435-457.

THIENGO, S.C., FERNANDEZ, M.A., BOAVENTURA, M.F., GRAULT, C.E., SILVA, H.F.R., MATTOS, A.C. & SANTOS, S.B. 2001: Freshwater snails and Schistosomiasis Mansoni in the State of Rio de Janeiro, Brazil: I – Metropolitan Mesorregion. Mem. Inst. Oswaldo Cruz 96(suppl.1):177-184. PMid:11586447. http://dx.doi.org/10.1590/S0074-02762001000900028

THIENGO, S.C., FERNANDEZ, M.A., BOAVENTURA, M.F., SANTOS, S.B. & MATTOS, A.C. 2002. Freshwater snails and Schistosomiasis Mansoni in the State of Rio de Janeiro, Brazil: II – Centro Fluminense Mesorregion. Mem. Inst. Oswaldo Cruz 97(5): 621-626. PMid:12219122. http://dx.doi.org/10.1590/S0074-02762002000500004

THIENGO, S.C., SANTOS, S.B. & FERNANDEZ, M.A. 2005. Malacofauna límnica da área de influência do lago da usina hidrelétrica de Serra da Mesa, Goiás, Brasil. I. Estudo qualitativo. Rev. Bras. Zool. 22(4):867-874. http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752005000400010

VASCONCELOS, M.F., LOPES, L.E., HOFFMANN, D., SILVEIRA, L.F. & SCHUNCK, F. 2008. Noteworthy records of birds from the Pantanal, Chiquitano dry Forest and Cerrado of south-western Brazil. Bull. Br. Ornithol. Club 128(1):57-67.

VEITENHEIMER-MENDES, I.L. & ALMEIDA-CAON, J.E.M. 1989. *Drepanotrema kermatoides* (Mollusca, Planorbidae), hospedeiro de um paranfistomídeo (Trematoda) no Rio Grande do Sul, Brasil. Mem. Inst. Oswaldo Cruz 84(1):107-111. http://dx.doi.org/10.1590/S0074-02761989000100019

VEITENHEIMER-MENDES, I.L., OHLWEILER, F.P. & BLUM, C. 1995: Gastrópodes límnicos (Mollusca) hospedeiros intermediários de trematódeos (Platyelminthes) em Porto Alegre e Viamão, Rio Grande do Sul. Biociências 3:73-84.

ZHENG, J., GU, X.G., YU, Y.L., GE, J.H., YANG, X.X., HE, C.H., TANG, C., CAI, K.P., JIANG, Q.W., LIANG, Y.S., WANG, T.P., XU, X.J., ZHONG, J.H., YUAN, H.C. & ZHOU, X.N. 2002. Relationships between the transmission of Schistosomiasis japonica and the construction of the Three Gorge Reservoir. Acta Trop. 82:147-156. http://dx.doi.org/10.1016/S0001-706X(02)00046-3

Received 01/09/2012
Revised 07/24/2013
Accepted 10/11/2013

Flora vascular da Serra da Pedra Branca, Caldas, Minas Gerais e relações florísticas com áreas de altitude da Região Sudeste do Brasil[1]

Munike Gonçalves de Rezende[2,5], Ricardo Cunha Loyola Elias[2],

Fátima Regina Gonçalves Salimena[3] & Luiz Menini Neto[3,4]

[1]Parte das dissertações dos dois primeiros autores no programa de Pós-graduação em Ecologia da Universidade Federal de Juiz de Fora
[2]Programa de Pós-graduação em Ecologia, Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF, CEP 36036-330, Juiz de Fora, MG, Brasil
[3]Departamento de Botânica, Instituto de Ciências Biológicas – ICB, Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF, Campus Universitário s/n., bairro Martelos, CEP 36036-330, Juiz de Fora, MG, Brasil
[4]Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora, Campus Arnaldo Janssen, Rua Luz Interior, 100, Santa Luzia, CEP 36030-776, Juiz de Fora, MG, Brasil
[5]Autor para correspondência: Munike Gonçalves de Rezende, e-mail: munikebio@gmail.com

REZENDE, M.G., ELIAS, R.C.L., SALIMENA, F.R.G. & MENINI NETO, L. **Vascular flora of Serra da Pedra Branca, Caldas, Minas Gerais and floristic relationships with altitude areas of Southeastern Region of Brazil**. Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/en/abstract?inventory+bn00513042013

Abstract: Serra da Pedra Branca (SPB) is a mountain range located in the Southwestern portion of the state Minas Gerais, in the municipality of Caldas (21°58'-21°55'S, 46°24'-46°22'W). It is a striking feature in the landscape, between 1100 and 1780 m.s.m., in a region that is part of the Atlantic Forest Domain and is considered as a priority area for conservation of the flora in Minas Gerais state. The vegetation is composed by a mosaic of "campo de altitude" (which occupy the greatest extension in the area), Seasonal Semidecidual Montane Forest, Dense Ombrophilous High-Montane Forest and Mixed Ombrophilous Forest. The aims of this study was the elaboration of a floristic survey of SPB added to the specimens collected by Anders Fredrik Regnell in the nineteenth century in Caldas and to analyze its floristic similarity with altitude areas of the Southeastern Region of Brazil. There were recorded 502 vascular plant species, distributed in 274 genera and 100 families. The majority of recorded species present herbaceous habit, terricolous, saxicolous and/or rupicolous (representing around 58% of recorded species), predominantly occurring in the "campo de altitude" (ca. 46%). The richest families were Polypodiaceae (20 spp.) and Dryopteridaceae (10 spp.) among the ferns, and Orchidaceae (56 spp.), Asteraceae (27 spp.) and Fabaceae (26 spp.) among the angiosperms. Just one species of gymnosperm was recorded, *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae). Five new records were made for the Minas Gerais flora, 13 species are cited as threatened with extinction in the state and at least six are endemic to SPB. Amongst 127 species collected in XIX century in the region, only 29 collected again, while 375 new records were made for SPB. The analysis of floristic similarity performed between the flora of SPB and other altitude areas of Southeastern Region revealed isolation of SPB in relation to other areas, highlighting its floristic peculiarity, which can probably be explained by its location in a distinct hydrographic basin. The vegetation of the SPB must be considered as endangered since the presence of endemic species and/or threatened species, associated with local environmental conditions suffering accelerated rate of destruction, highlight the need for urgent actions to preserve local biodiversity.
Keywords: *Atlantic Forest, "campo de altitude", "Serra da Mantiqueira", similairy analysis, Southern of Minas Gerais.*

REZENDE, M.G., ELIAS, R.C.L., SALIMENA, F.R.G. & MENINI NETO, L. **Flora vascular da Serra da Pedra Branca, Caldas, Minas Gerais e relações florísticas com áreas de altitude da Região Sudeste do Brasil**. Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/pt/abstract?inventory+bn00513042013

Resumo: A Serra da Pedra Branca (SPB) localiza-se no sudoeste do estado de Minas Gerais, no município de Caldas (21°58'-21°55'S, 46°24'-46°22'W). É uma feição marcante no relevo, com cotas altimétricas entre 1100 e 1780 m.s.m., inserida no Domínio Atlântico e considerada área prioritária para a conservação da flora no estado de Minas Gerais. Apresenta mosaico composto por campo de altitude (o qual ocupa maior extensão na área), Floresta Estacional Semidecidual Montana, Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana e Floresta Ombrófila Mista. Os objetivos do presente estudo foram realizar o levantamento florístico da SPB complementado pelos exemplares coletados na região por Anders Fredrik Regnell e colaboradores no século XIX e analisar a similaridade florística com outras áreas de altitude na Região Sudeste do Brasil. Foram registradas 502 espécies de plantas vasculares, distribuídas em 274 gêneros e 100 famílias. A maioria das espécies registradas apresenta hábito herbáceo terrícola, saxícola e/ou rupícola (representando cerca de 58% das espécies registradas), ocorrendo predominantemente no campo de altitude (ca. 46%). As famílias mais ricas foram Polypodiaceae (20 spp.) e Dryopteridaceae (10 spp.)

dentre as samambaias e Orchidaceae (56 spp.), Asteraceae (27 spp.) e Fabaceae (26 spp.) dentre as angiospermas. Apenas uma espécie de gimnosperma foi registrada, *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae). Cinco novos registros foram feitos para a flora de Minas Gerais, 13 espécies são citadas como ameaçadas de extinção no estado e pelo menos seis são endêmicas da SPB. Dentre as 127 espécies coletadas no século XIX na região, apenas 29 foram recoletadas, enquanto 375 novos registros foram realizados para a SPB. A análise de similaridade realizada entre a flora da SPB e outras áreas de altitude da Região Sudeste revelou um isolamento da área estudada em relação às demais, destacando sua peculiaridade florística, que provavelmente pode ser explicada pela sua localização em uma bacia hidrográfica diferente das demais. A vegetação da SPB deve ser considerada em perigo uma vez que a presença de espécies ameaçadas de extinção e/ou endêmicas, associada às condições ambientais locais com acelerado ritmo de destruição, evidenciam a necessidade de medidas urgentes de preservação da biodiversidade local.

Palavras-chave: *Floresta Atlântica, campo de altitude, Serra da Mantiqueira, análise de similaridade, Sul de Minas Gerais.*

Introdução

O Domínio Atlântico representa um complexo de ecossistemas de grande importância, pois abriga uma parcela significativa da diversidade biológica do Brasil e do mundo com uma estimativa de pouco menos de 15800 espécies vegetais, sendo muitas endêmicas (Stehmann et al. 2009), incluído entre os 34 *hotspots* mundiais de biodiversidade, devido ao elevado número de endemismos e grande perda de *habitat* (Mittermeier et al. 2005). O processo histórico de colonização do Brasil levou a uma drástica redução de sua cobertura vegetal natural devido às fortes pressões antrópicas como a ocupação desordenada do território, mineração, atividades agropecuárias e industriais que geraram enorme degradação, restando na Floresta Atlântica apenas fragmentos de maior ou menor extensão que representam apenas cerca de 11% de sua área original (Dean 1996, Brasil 2000, Câmara 2003, Hirota 2003, Ribeiro et al. 2009).

Os campos de altitude representam uma das fitofisionomias do Domínio Atlântico, distribuídos predominantemente no norte da Serra do Mar, no estado do Rio de Janeiro (Serra dos Órgãos) e no Complexo da Mantiqueira entre os quatro estados da Região Sudeste do Brasil (Maciço do Itatiaia, Serra do Brigadeiro, Serra do Caparaó e áreas na região do município de Campos do Jordão), além de localidades isoladas nos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina (Lutz 1926, Brade 1956, Leoni 1997, Leoni & Tinte 2004, Caiafa & Silva 2005, 2007, Garcia & Pirani 2005, Ribeiro et al. 2007). Difere dos biomas circundantes, frequentemente florestais, pelas características da matriz rochosa, solos e composição da biota, além da fisionomia vegetacional composta predominantemente por mosaico de arbustos e pequenas árvores, inseridos em uma matriz de touceiras de gramíneas herbáceas e bambus, com esparsas ervas e samambaias (Benites et al. 2003, Safford 2007).

A vegetação da Serra da Pedra Branca (SPB), localizada no município de Caldas (região Sul de Minas Gerais) é representada predominantemente por campo de altitude, com fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual Montana, Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana e Floresta Ombrófila Mista, entremeados às áreas campestres, estando isolada no extremo oeste da Serra da Mantiqueira. Apesar de esta região ter sido visitada no passado por diversos naturalistas como João Barbosa Rodrigues, Gustaf Anders Lindberg, Carl Wilhelm Hjalmar Mosén, Salomon Eberhard Henschen, Johan Friedrik Widgren, dentre outros, poucos estudos sistemáticos sobre a flora da região foram desenvolvidos até o momento. Um dos naturalistas que mais contribuiu para o conhecimento da flora dessa região foi Anders Fredrik Regnell, que chegou ao Brasil em 1841 e permaneceu em Caldas por mais de 40 anos, coletando inúmeras novas espécies de plantas durante este período (Urban 1906, Lindberg 2011).

Segundo Drummond et al. (2005), a região onde se encontra a SPB (Região de Andradas) é considerada área prioritária para a conservação da flora em Minas Gerais e de Importância Biológica Potencial sendo recomendada a investigação científica em forma de inventários uma vez que apresenta reduzido grau de conhecimento científico. Ainda cabe ressaltar o alto grau de ameaça a que estão submetidos os campos de altitude da região, devido à elevada atividade mineradora que ocorre em toda a extensão da SPB, principalmente para extração de granito.

Com isso, alinhado à proposta supracitada de conhecimento da biodiversidade e à escassez de estudos sobre a flora da região (*e.g.* Machado & Menini Neto 2010), este estudo teve como objetivos: 1) levantamento da flora vascular da SPB, complementado pelos registros antigos realizados por Regnell e outros pesquisadores no século XIX, além de coletas recentes, depositados em herbários nacionais e estrangeiros, e 2) aplicação destes dados em uma análise de similaridade florística com outras localidades com predominância de vegetação campestre de altitude da região Sudeste do Brasil, com o intuito de avaliar as relações florísticas da SPB com estas áreas.

Material e métodos

1. Área de estudo

O maciço da Serra da Pedra Branca (21°55'-21°58'S e 46°22'-46°24'W) localiza-se no extremo ocidental da Serra da Mantiqueira, na borda sudeste da caldeira vulcânica de Poços de Caldas (Figuras 1 e 2), unidade geomorfológica denominada Planalto de Poços de Caldas, abrangendo os municípios de Caldas, Santa Rita de Caldas e Ibitiúra de Minas, na Região Sul de Minas Gerais (Leinz & Amaral 1989, Conforti et al. 2007, Instituto... 2007). Apresenta aproximadamente 17 Km de extensão, disposta em um arco no sentido norte-sul.

A região pertence à Bacia do Rio Paraná, Sub-bacia do Rio Grande. Os principais rios da região são Rio Verde, Ribeirão da Pedra Branca e Ribeirão dos Bugres (Agência... 2005). Esta região representa uma importante área de recarga dos aquíferos profundos, estando entre eles o distrito de Pocinhos do Rio Verde, município de Caldas, conhecido pela presença de diversas fontes de águas sulfurosas e termais (Conforti et al. 2007).

A área estudada apresenta solos típicos de região serrana em relevo montanhoso e escarpado: Solos Litólicos (neossolos) com horizonte A proeminente e textura média e argilosa. Basicamente as seguintes classes de solo podem ser encontradas: Cambissolo com textura argilosa e Podzólico Vermelho-amarelo com argila de atividade baixa e textura média e argilosa, ambos com horizonte A

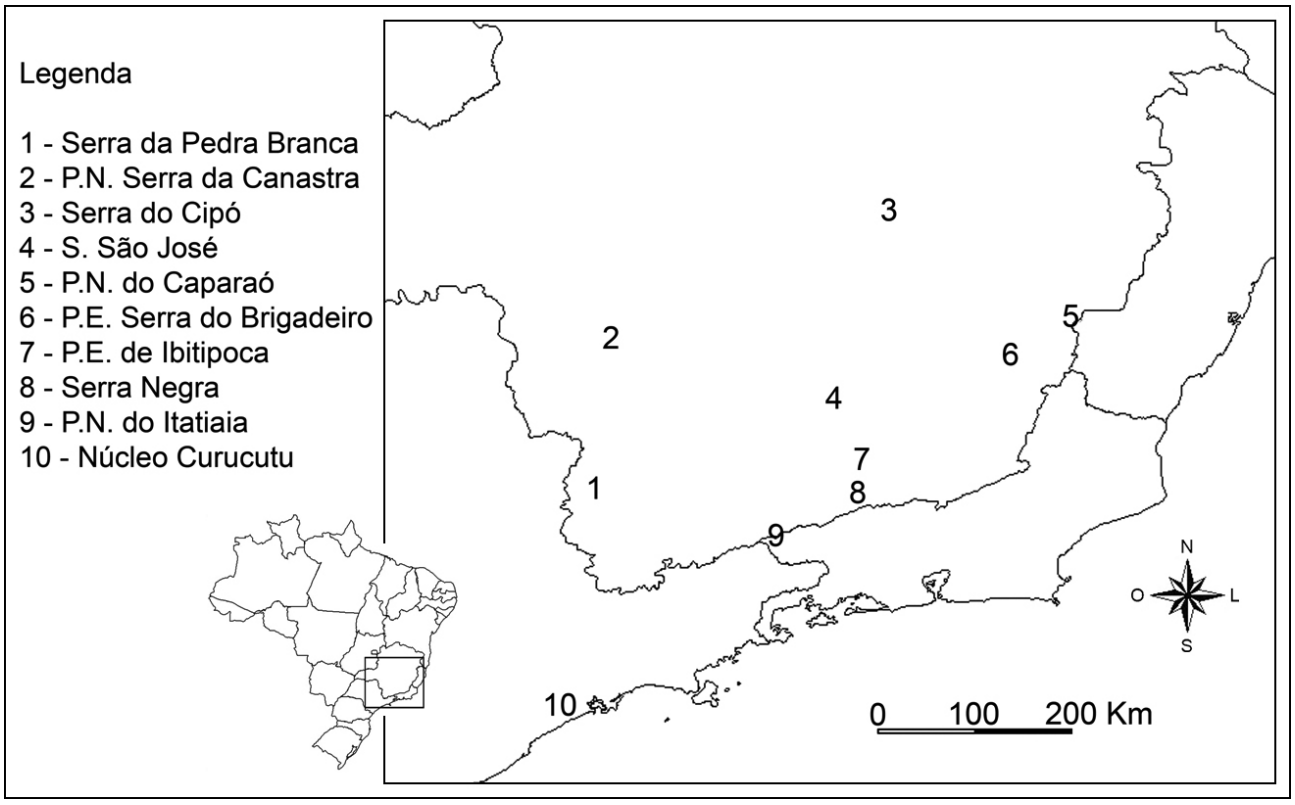


Figura 1. Localização da Serra da Pedra Branca, Caldas, MG e demais áreas utilizadas na análise de similaridade.
Figure 1. Location of Serra da Pedra Branca, Caldas, MG and other areas used in analysis of similarity.

moderado e proeminente. Todos são solos álicos, ou seja, com alto teor de alumínio (Gatto et al. 1983).

A vegetação da região faz parte do Domínio Atlântico e é constituída por um mosaico de fisionomias incluindo Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana (FOD), Floresta Estacional Semidecidual Montana (FES), fragmentos de Floresta Ombrófila Mista (FOM), campos de altitude com afloramentos graníticos e áreas antropizadas (Ferri 1980, Veloso et al. 1991, Conforti et al. 2007). O campo de altitude e as áreas antropizadas ocupam aproximadamente 70% da área, não sendo possível fazer uma delimitação clara entre os dois ambientes, devido à ação antrópica e à prática da pecuária, causando extensos danos às áreas naturais. Os 30% restantes estão distribuídos pelas fisionomias florestais em vales entremeados às áreas campestres: a FES ocorre em cotas altimétricas mais baixas, entre 1000 e 1500 m.s.m., enquanto a FOD ocorre acima dos 1500 m.s.m., com fragmentos esparsos de FOM em cotas altitudinais similares.

No ano de 2006, através do Decreto Municipal Lei 1.973, foi estabelecida a unidade de conservação de uso sustentável APA Santuário Ecológico da Pedra Branca. A APA está localizada na região sudoeste do município e apresenta altitudes superiores a 1000 metros, englobando integralmente o distrito de Pocinhos do Rio Verde e parte da área rural do município (Conforti et al. 2007). Nela está inserido parte do complexo serrano que forma a SPB.

O clima da região é tropical, mesotérmico brando úmido, do tipo Cwb pela classificação de Köppen-Geiger (Pell et al. 2007) que se caracteriza por apresentar estações bem definidas (verão chuvoso e inverno seco). O índice pluviométrico anual é de ca. 1500 mm e a temperatura média anual é 18,2°C (Instituto... 2012).

2. *Levantamento florístico*

O levantamento florístico da SPB foi realizado através de expedições mensais, com duração média de três dias cada uma, que percorreram as diversas fitofisionomias da região, no período de março de 2008 a fevereiro de 2009, em três localidades do Distrito de Pocinhos do Rio Verde no município de Caldas, parte integrante da Serra. As localidades apresentam os gradientes altitudinais mais elevados da SPB, entre 1160 e 1780 m.s.m. (Figura 2), sendo a Pedra Branca o ponto de maior altitude da Serra e um dos principais pontos turísticos da região.

Os espécimes foram fotografados e os dados relevantes anotados em campo, posteriormente coletados e herborizados segundo técnicas usuais e incorporados ao Herbário Prof. Leopoldo Krieger (CESJ) da Universidade Federal de Juiz de Fora.

As espécies foram identificadas através de bibliografia especializada, comparações com o acervo do Herbário CESJ, além de consultas a especialistas (destacados após as respectivas famílias na Tabela 1). As famílias de angiospermas estão de acordo com APG III (Angiosperm… 2009) e as de samambaias seguem Smith et al. (2006). A ortografia e conferência das sinonímias foram realizadas com auxílio dos bancos de dados disponíveis na *internet*: *Missouri Botanical Garden* (www.tropicos.org), *The International Plant Names Index* (www.ipni.org), *World Checklist of Selected Plant Families* (www.kew.org/wcsp). Para os nomes de autores adotou-se Brummitt & Powell (1992).

Os exemplares provenientes da SPB coletados por Regnell e colaboradores (*e.g.* Mosén, Barbosa Rodrigues) no século XIX, além das coletas recentes depositados nos herbários BHCB,

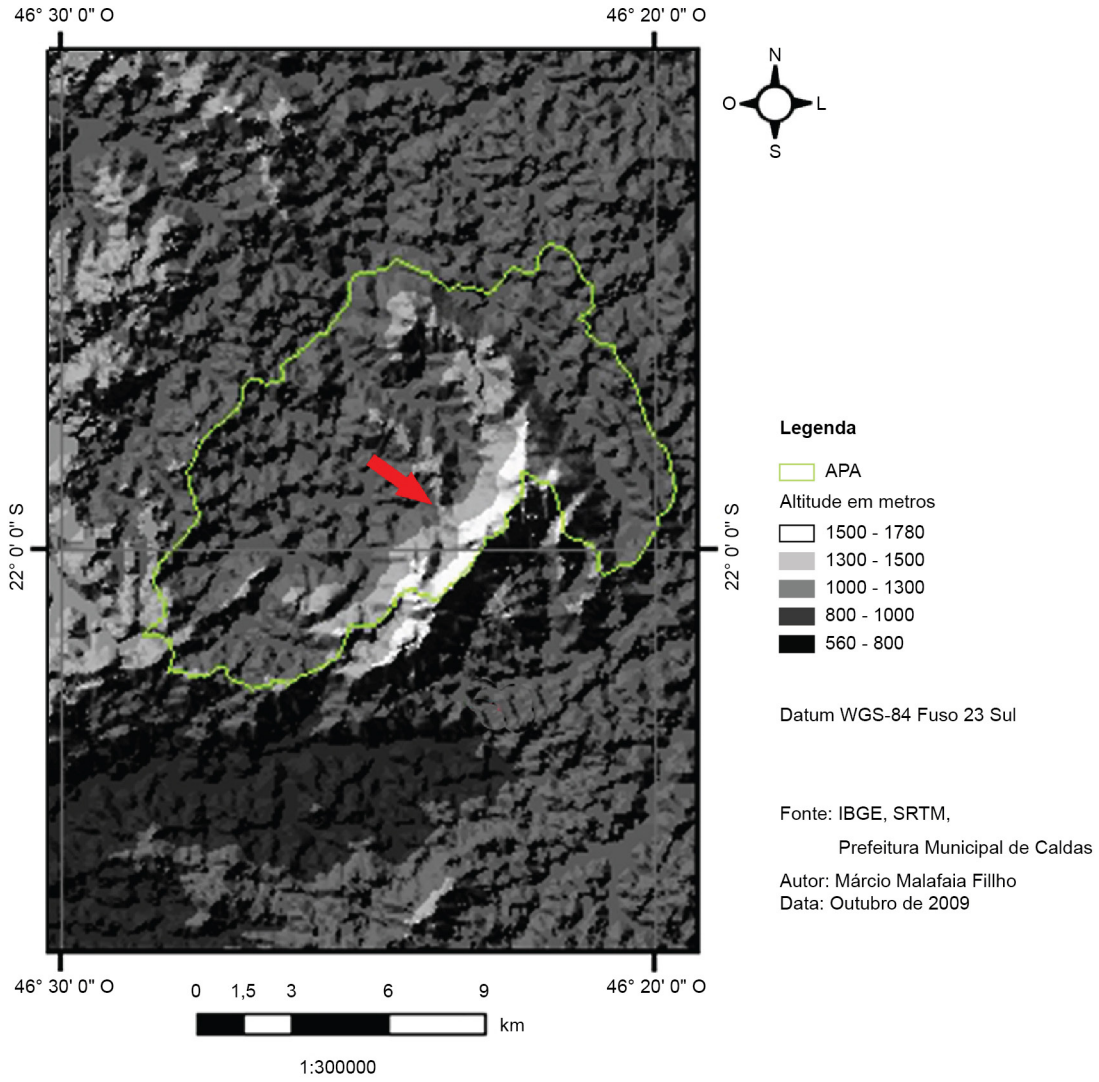


Figura 2. Gradientes altitudinais, destacando a Serra da Pedra Branca (seta), sudeste da APA Santuário Ecológico da Pedra Branca.

Figure 2. Altitudinal gradients, highlighting the Serra da Pedra Branca (arrow), southeast of APA Santuário Ecológico da Pedra Branca.

HUEFS, HSJRP, IAC, MO, NY, S, SP, RB e US, foram utilizados para complementar os dados obtidos no trabalho de campo e estão destacados na Tabela 1. Foram considerados apenas as coletas em que a etiqueta trazia de forma explícita as localidades "Pedra Branca" ou "Serra de Caldas" (antigo topônimo atribuído à Serra da Pedra Branca), em virtude do grande número de coletas realizadas por Regnell em outras localidades do município de Caldas, o qual possuía maior extensão territorial, reduzida em virtude de seu desmembramento em outros municípios, como Andradas e Poços de Caldas.

Os dados das espécies ameaçadas de extinção seguem a "Revisão das Listas das Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção para o estado de Minas Gerais" (Biodiversitas 2007) e a "Lista Nacional das Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção" (Brasil 2008).

3. Análise de similaridade

Para a análise de similaridade a flora de angiospermas da Serra da Pedra Branca foi comparada com a de outras nove áreas de altitude com vegetação predominantemente campestre (Figura 1, Tabela 2). Os dados foram obtidos em estudos publicados e na base de dados de acervos de herbários disponível no sítio *SpeciesLink*, do Centro de Referência em Informação Ambiental (CRIA) (www.splink.org.br). Foram usadas apenas as angiospermas devido à ausência de listagem de samambaias para algumas áreas e, de modo geral onde há, o esforço de coleta foi predominantemente direcionado às angiospermas, estando as samambaias subamostradas. Todas as espécies não identificadas ou com identificação dúbia foram excluídas, de modo que a compilação das listagens resultou em uma planilha de 4607 espécies, usadas na montagem de uma matriz de presença (1) e ausência (0). O método de agrupamento usado foi UPGMA (Unweighted Pair-Group Method with Arithmetic Mean) empregando o índice de similaridade de Jaccard no programa de acesso livre PAST v. 2.15 (Hammer et al. 2001).

Resultados

Foram registradas 502 espécies de plantas vasculares na SPB, subordinadas a 274 gêneros e 100 famílias.

A distribuição das espécies em cada hábito e *habitat* está apresentada, respectivamente, nas Figuras 3 e 4. Há maior predominância de espécies de hábito herbáceo (terrícolas, saxícolas e/ou rupícolas) que representam cerca de 58% dos hábitos das espécies.

Tabela 1. Lista das espécies de plantas vasculares registradas na Serra da Pedra Branca, Minas Gerais.

Table 1. List of vascular plant species recorded in Serra da Pedra Branca, Minas Gerais.

Famílias/Espécies	Hábito	*Habitat*	Material testemunho
SAMAMBAIAS - Alexandre Salino (BHCB), Filipe S. Souza (CESJ)			
ANEMIACEAE –1/2			
Anemia hirsuta (L.) Sw.	et	ca	Rezende et al. 339 *
A. villosa Humb. & Bonpl. ex Willd.	et, er	ca	Souza et al. 565 *
ASPLENIACEAE – 1/8			
Asplenium auriculatum Sw.	ee	ca	Souza et al. 562 *
A. auritum Sw.	es	ca	Rezende et al. 73 *
A. formosum Willd.	et	ca	Rezende et al. 340 *
A. incurvatum Fée	et, er	ca, ma	Souza et al. 546 *
A. feei Kunze ex Fée	er	ma	Souza et al. 569 *
A. cf. *kunzeanum* Klotzsch ex Rosenst.	et	ma	Souza et al. 568 *
A. praemorsum Sw.	ee	ma	Rezende et al. 315 *
A. serra Langsd. & Fisch.	et	ma	Souza et al. 557 *
BLECHNACEAE – 1/1			
Blechnum binervatum (Desv.) R.M. Tryon & Stolze	et	ma	Monteiro et al. 492 *
CYATHEACEAE – 1/1			
Cyathea phalerata Mart.	arb	ma	Valente et al. 503 *
DICKSONIACEAE – 1/1			
Dicksonia sellowiana Hook.	arb	ma	Valente et al. 501 *
DRYOPTERIDACEAE – 4/10			
Elaphoglossum burchellii (Baker) C. Chr.	et, er, es	ca, bm, aa	Rezende et al. 35 ***
E. gayanum (Fée) T. Moore	es	ca	Rezende et al. 167 *
E. iguapense Brade	ee	ma	Krapovickas 35463 (MO) *
E. lindbergii (Mett. ex Kuhn) Rosenst.	es	ma	Mosén 2250 (S) **
E. piloselloides (C. Presl) T. Moore	-	-	Regnell III 1434 (S) **
E. tectum (Humb. & Bonpl. ex Willd.) T. Moore	er	ca	Mosén 2254 (S) **
E. vagans (Mett.) Hieron.	es	ca	Souza et al. 535 ***
Megalastrum connexum (Kaulf.) A.R. Sm. & R.C. Moran	et, es	ma	Mosén 2187 (S) **
Polystichum montevidense (Spreng.) Rosenst.	et	ma	Souza et al. 559 *
Rumohra adiantiformis (G. Forst.) Ching	et	ca	Souza et al. 556 *
HYMENOPHYLLACEAE – 1/1			
Hymenophyllum polyanthos (Sw.) Sw.	ee	ma	Souza et al. 564 *
LYCOPODIACEAE – 1/1			
Huperzia regnellii (Maxon) B.Øllg. & P.G.Windisch	er, es	ca	Rezende et al. 157 *
OPHIOGLOSSACEAE – 1/1			
Botrychium virginianum (L.) Sw.	et	ma	Rezende et al. 269 *
POLYPODIACEAE – 9/20			
Campyloneurum acrocarpon Fée	ee	bm	Rezende et al. 49 *
C. austrobrasilianum (Alston) de la Sota	ee	bm, ma	Rezende et al. 50 *
C. nitidum (Kaulf.) C. Presl	ee	ma	Souza et al. 567 *
***C. vulpinum* (Lindm.) Ching +**	ee	ma	Mosén 2220 (S) **
Lellingeria apiculata (Kunze ex Klotzsch) A.R.Sm. & R.C. Moran	ee	ma	Mosén 2194 (S) **
Melpomene pilosissima (M.Martens & Galeotti) A.R.Sm. & R.C. Moran	er, es	ca, ma	Rezende et al. 70 *
Microgramma squamulosa (Kaulf.) de la Sota	ee	ca	Souza et al. 550 *

Espécies destacadas em negrito são aquelas citadas na lista de espécies ameaçadas da flora de Minas Gerais (Biodiversitas 2007): ○ "Criticamente em Perigo" (CR), ■ "Em Perigo" (EN), ◊ "Vulnerável" (VU), □ "Quase Ameaçada" (NT), + "Deficiente de Dados" (DD), ● "Não Ameaçada" (LC). Hábito – et: erva terrícola, ee: erva epífita, es: erva saxícola, er: erva rupícola, av: árvore, ab: arbusto, li – liana. *Habitat* – ca: campo de altitude, ma: interior de mata, bm: borda de mata, aa: área antrópica. Material testemunho: está citado um exemplar para cada espécie. * espécies coletadas apenas no presente estudo ou coletadas recentemente e depositadas nos acervos dos herbários analisados; ** espécies coletadas apenas por Regnell ou colaboradores no século XIX; *** espécies coletadas em ambos os casos.

Species in bold are those cited in the list of threatened species of Minas Gerais flora (Biodiversitas 2007): ○ "Critically endangered" (CR), ■ "Endangered" (EN), ◊ "Vulnerable" (VU), □ "Near Threatened" (NT), + "Data Defficient" (DD), ● "Least Concern" (LC). Hábito – et: terrestrial herb, ee: epiphyte herb, es: saxicolous herb, er: rupicolous herb, av: tree, ab: shrub, li – liana. *Habitat* – ca: *campo de altitude*, ma: forest interior, bm: forest edge, aa: anthropic area. Material testemunho: one specimen is cited for each species. * species collected only on the present study or recently collected and deposited in the analyzed herbaria; ** species collected only by Regnell or collaborators in XIX century; *** species collected on both cases.

Tabela 1. Continuação...

Table 1. Continued...

Famílias/Espécies	Hábito	*Habitat*	Material testemunho
Niphidium crassifolium (L.) Lellinger	ee, er	ma	Valente et al. 490 *
Pecluma camptophyllaria (Fée) M.G. Price	er	ca	Souza et al. 543 ***
P. filicula (Kaulf.) M.G. Price	er	ca	Regnell III 1441 (S) **
P. pectinatiformis (Lindm.) M.G. Price	es	ma	Mosén 2198 (S) **
P. singeri (de la Sota) M.G. Price	ee	ma	Rezende et al. 71 ***
P. truncorum (Lindm.) M.G.Price	ee	ma	Regnell 1473 (MO) **
Phlebodium pseudoaureum (Cav.) Lellinger	es	ca	Rezende & Elias 269 *
Pleopeltis angusta Humb & Bonpl. ex Willd	ee	bm	Rezende et al. 48 *
P. hirsutissima (Raddi) de la Sota	er	ca	Souza et al. 538 *
P. macrocarpa (Bory ex Willd.) Kaulf.	ee	ca	Rezende & Elias 264 *
P. cf. *pleopeltidis* (Fée) de la Sota	et, er	ca, bm	Rezende & Elias 266 *
Serpocaulon catharinae (Langsd. & Fisch.) A.R. Sm.	et	ca	Rezende & Elias 260 *
S. cf. *latipes* (Langsd. & Fisch.) A.R. Sm.	et	ma	Souza et al. 566 *
PTERIDACEAE – 4/9			
Adiantopsis radiata (L.) Fée	et	aa	Souza et al. 659 *
***Cheilanthes regnelliana* Mett.** ◊	er, es	ca	Rezende et al. 72 ***
Cheilanthes sp.	et	ca	Rezende et al. 341 *
Doryopteris collina (Raddi) J. Sm.	er, es	ca	Elias et al. 29 *
D. crenulans (Fée) H. Christ	et	aa	Machado et al. 125 *
D. majestosa Yesilyurt	et	ca	Souza et al. 561 *
D. nobilis (T. Moore) C. Chr.	et	bm, ma	Souza et al. 551 *
D. ornithopus (Mett.) J. Sm.	er	ca	Souza et al. 554 *
Pteris deflexa Link	et	ca	Souza et al. 573 *
THELYPTERIDACEAE – 1/1			
Thelypteris regnelliana (C. Chr.) Ponce	et	ma	Souza et al. 572 *
WOODSIACEAE – 1/3			
Diplazium ambiguum Raddi	es	ma	Regnell 1473 (MO) **
D. cristatum (Desr.) Alston	es	ma	Regnell 1473d (S) **
D. lindbergii (Mett.) Christ.	et	ma	Souza et al. 563 *
GIMNOSPERMAS			
ARAUCARIACEAE – 1/1			
Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntze	av	aa	Souza et al. 665 *
ANGIOSPERMAS			
ACANTHACEAE – 1/2			
Ruellia jussieuoides Schltdl. & Cham.	et	ca	Regnell I 373 (S) **
Ruellia sp.	er	bm, ma	Rezende et al. 133 *
ALSTROEMERIACEAE – 2/4			
***Alstroemeria cunha* Vell.** ●	et	bm	Regnell III 1230 (S) **
***A. foliosa* Mart.** ◊	et	ca	Hoehne 2882 (NY) *
***A. variegata* M.C.Assis** ○	er	ca, ma	Elias et al. 36 *
Bomarea edulis (Tussac) Herb.	li	ma	Rezende et al. 291b *
AMARANTHACEAE – 3/5			
Alternanthera brasiliana (L.) Kuntze	et	ca	Krapovickas 35488 (MO) *
Alternanthera sp.	et	ca	Rezende et al. 314 *

Espécies destacadas em negrito são aquelas citadas na lista de espécies ameaçadas da flora de Minas Gerais (Biodiversitas 2007): ○ "Criticamente em Perigo" (CR), ■ "Em Perigo" (EN), ◊ "Vulnerável" (VU), □ "Quase Ameaçada" (NT), + "Deficiente de Dados" (DD), ● "Não Ameaçada" (LC). Hábito – et: erva terrícola, ee: erva epífita, es: erva saxícola, er: erva rupícola, av: árvore, ab: arbusto, li – liana. *Habitat* – ca: campo de altitude, ma: interior de mata, bm: borda de mata, aa: área antrópica. Material testemunho: está citado um exemplar para cada espécie. * espécies coletadas apenas no presente estudo ou coletadas recentemente e depositadas nos acervos dos herbários analisados; ** espécies coletadas apenas por Regnell ou colaboradores no século XIX; *** espécies coletadas em ambos os casos.

Species in bold are those cited in the list of threatened species of Minas Gerais flora (Biodiversitas 2007): ○ "Critically endangered" (CR), ■ "Endangered" (EN), ◊ "Vulnerable" (VU), □ "Near Threatened" (NT), + "Data Defficient" (DD), ● "Least Concern" (LC). Hábito – et: terrestrial herb, ee: epiphyte herb, es: saxicolous herb, er: rupicolous herb, av: tree, ab: shrub, li – liana. *Habitat* – ca: *campo de altitude*, ma: forest interior, bm: forest edge, aa: anthropic area. Material testemunho: one specimen is cited for each species. * species collected only on the present study or recently collected and deposited in the analyzed herbaria; ** species collected only by Regnell or collaborators in XIX century; *** species collected on both cases.

Tabela 1. Continuação...

Table 1. Continued...

Famílias/Espécies	Hábito	*Habitat*	Material testemunho
Chamissoa altissima (Jacq.) Kunth	et	ma	Monteiro et al. 470 *
Iresine diffusa Humb. & Bonpl. ex Willd.	et, es	ca, aa	Monteiro et al. 471 *
INDET.	ee	bm	Rezende et al. 302 *
AMARYLLIDACEAE – 1/1			
Hippeastrum psittacinum (Ker Gawl.) Herb.	er	ca	Elias et al. 43 *
ANACARDIACEAE – 1/1			
Lithraea molleoides Engl.	av	ca, ab, aa	Rezende & Elias 28 *
ANNONACEAE – 1/1			
Annona sylvatica A. St.-Hil.	av	aa	Machado et al. 147 *
APIACEAE – 2/4			
Apium leptophyllum (Pers.) F. Muell. ex Benth.	et	ca, aa	Machado et al. 129 *
Eryngium ebracteatum Lam.	et	ca	Rezende et al. 189 *
E. eurycephalum Malme	et	ca	Rezende et al. 27 *
E. regnellii Malme	et	ca	Mosén 541 (S) **
APOCYNACEAE - Carolina N. Matozinhos (CESJ) – 9/15			
Asclepias bracteolata E. Fourn.	et	ca	Regnell 187 (RB) **
A. candida Vell.	et	ca	van den Berg 1283 (HUEFS) *
A. curassavica L.	et	bm, aa	Rezende & Elias 241 *
Aspidosperma parvifolium A. DC.	av	aa	Souza et al. 662 *
Gonolobus rostratus (Vell.) R.Br.	li	bm	Regnell 1601 (MO) **
Jobinia lindbergii E.Fourn.	li	bm	Mosén 951 (MO) **
Mandevilla emarginata (Vell.) C. Ezcurra	li	aa	Souza et al. 651 *
M. hirsuta (Rich.) K. Schum.	li	ca	Machado et al. 119 *
M. venulosa (Müll. Arg.) Woodson	li	ca	Rezende et al. 81 *
Marsdenia montana Malme	li	bm	Regnell 893 (MO) **
Orthosia scoparia (Nutt.) Liede & Meve	li	ca, bm	Rezende et al. 128 *
Oxypetalum multiflorum (Malme) Malme	li	ma	Regnell III 892 (S) **
O. regnellii (Malme) Malme	li	bm	Regnell III 73 (S) **
Pseudibatia suberosa Malme	li	bm	Mosén 4283 (S) **
INDET.	li	bm	Machado et al. 164 *
APODANTHACEAE – 1/1			
Pilostyles ingae (H. Karst.) Hook. f.	ee	bm, aa	Souza et al. 672 *
ARACEAE - Marcus Nadruz Coelho (RB) – 1/1			
Anthurium minarum Sakuragui & Mayo	es	ca	Rezende et al. 74 *
ARALIACEAE – 2/2			
Dendropanax cuneatus (DC.) Decne. & Planch.	av	bm	Rezende et al. 55 *
Hydrocotyle barbarossae Cham. & Schltdl.	et	ma, aa	Rezende et al. 123 *
ARISTOLOCHIACEAE – 1/1			
Aristolochia burchellii Mast.	li	aa	Rezende & Elias 214 *
ASTERACEAE - Aristônio M. Teles (UFGO), Jimi N. Nakajima (HUFU), Mariana M. Saavedra (RB) – 18/27			
Ayapana amygdalina (Lam.) R.M.King & H.Rob	ab	ca	Rezende & Elias 10 *
Baccharidastrum triplinervium (Less.) Cabr.	ab	ca	Rezende et al. 278 *
Baccharis caprariifolia DC.	ab	ca	Regnell III 750 (S) **
Bidens graveolens Mart.	et	ca	Regnell II 164 (S) **

Espécies destacadas em negrito são aquelas citadas na lista de espécies ameaçadas da flora de Minas Gerais (Biodiversitas 2007): ○ "Criticamente em Perigo" (CR), ■ "Em Perigo" (EN), ◊ "Vulnerável" (VU), □ "Quase Ameaçada" (NT), + "Deficiente de Dados" (DD), ● "Não Ameaçada" (LC). Hábito – et: erva terrícola, ee: erva epífita, es: erva saxícola, er: erva rupícola, av: árvore, ab: arbusto, li – liana. *Habitat* – ca: campo de altitude, ma: interior de mata, bm: borda de mata, aa: área antrópica. Material testemunho: está citado um exemplar para cada espécie. * espécies coletadas apenas no presente estudo ou coletadas recentemente e depositadas nos acervos dos herbários analisados; ** espécies coletadas apenas por Regnell ou colaboradores no século XIX; *** espécies coletadas em ambos os casos.

Species in bold are those cited in the list of threatened species of Minas Gerais flora (Biodiversitas 2007): ○ "Critically endangered" (CR), ■ "Endangered" (EN), ◊ "Vulnerable" (VU), □ "Near Threatened" (NT), + "Data Defficient" (DD), ● "Least Concern" (LC). Hábito – et: terrestrial herb, ee: epiphyte herb, es: saxicolous herb, er: rupicolous herb, av: tree, ab: shrub, li – liana. *Habitat* – ca: *campo de altitude*, ma: forest interior, bm: forest edge, aa: anthropic area. Material testemunho: one specimen is cited for each species. * species collected only on the present study or recently collected and deposited in the analyzed herbaria; ** species collected only by Regnell or collaborators in XIX century; *** species collected on both cases.

Tabela 1. Continuação...

Table 1. Continued...

Famílias/Espécies	Hábito	*Habitat*	Material testemunho
Calea mediterranea (Vell.) Pruski	et	ca	Regnell III 787 (S) **
Calea sp.	ab	ca	Rezende & Elias 6 *
Campuloclinium purpurascens (Sch. Bip. ex Baker) R.M. King & H. Rob.	es	ca	Monteiro et al. 481 *
Chrysolaena herbacea (Vell.) H. Rob.	er	ca	Rezende & Elias 14 *
Cirsium vulgare (Savi) Ten.	ab	aa	Souza et al. 667 *
***Dasyphyllum flagellare* (Casar.) Cabrera** ◊	ab	ca	Ramos & Conforti 235 (IAC) ***
***D. synacanthum* (Baker) Cabr. +**	li	ca	Lindberg 19 (S) **
D. tomentosum (Spreng.) Cabrera	av	bm	Valente et al. 505 ***
Eupatoriopsis hoffmanniana Hieron.	es, et	ca	Regnell III 684 (S) **
Hieracium warmingii Baker	et	ca	Regnell III 817 (S) **
Hypochaeris gardneri Baker	et	ca	Rezende & Elias 251 *
Leptostelma maximum (D. Don) Otto ex DC.	ab	ca	Rezende & Elias 11 *
***Mikania decumbens* Malme** ●	li	bm	Regnell III 1739 (S) **
M. pseudohoffmanniana G.M. Barroso ex W.C. Holmes	li	bm	Mosén 3973 (S) **
Senecio brasiliensis (Spreng.) Less.	et	ca	Rezende et al. 178 *
***Stevia decussata* Baker** ◊	ab	ca	Regnell III 677 (S) **
S. menthifolia Sch.Bip. ex Baker	ab	ca	Rezende et al. 77 *
Trixis verbasciformis Less.	et	ca	Rezende et al. 138 *
Trixis sp.	et	bm	Rezende et al. 264 *
Verbesina cf. *glabrata* Hook. & Arn.	et	ca	Rezende et al. 41 *
Vernonia membranacea Gardner	et	ca	Rezende et al. 187 *
INDET.1	et	ca	Rezende & Elias 218 *
INDET.2	et	ca	Rezende et al. 78 *
BEGONIACEAE – 1/2			
Begonia angulata Vell	et	ma	Rezende et al. 195 *
B. geniculata Vell.	er	ca	Souza et al. 669 *
BIGNONIACEAE – 4/6			
Dolichandra unguis-cati (L.) L.G.Lohmann	li	bm	Mosén 4332 (MO) **
Fridericia leucopogon (Cham.) L.G. Lohmann	et	ca	Rezende et al. 334 *
Pyrostegia venusta (Ker Gawl.) Miers	li	ca	Rezende et al. 362 *
***Tabebuia alba* (Cham.) Sandwith** ◊	av	ca	Torres et al. 1927 (IAC) *
Tabebuia sp.1	av	ca	Rezende *et al.* 182 *
Tabebuia sp.2	av	ca	Elias et al. 38 *
BORAGINACEAE – 1/3			
Cordia ecalyculata Vell.	av	bm	Rezende et al. 61 *
Cordia sp.1	ab	ca	Rezende & Elias 229 *
Cordia sp.2	av	ca	Monteiro *et al.* 489 *
BROMELIACEAE - Talita M. Machado (BHCB) – 7/15			
Aechmea distichantha Lem.	ee, et, er	ca, ma	Machado et al. 75 *
A. nudicaulis (L.) Griseb.	ee, et, er	ca	Rezende et al. 33 ***
Billbergia distachia (Vell.) Mez	ee, er, es	ma	Rezende et al. 153 *
Bromelia regnellii Mez	et	bm, ma	Machado et al. 93 *
Pitcairnia caldasiana Baker	er	ca	Regnell III 1253 (S) **

Espécies destacadas em negrito são aquelas citadas na lista de espécies ameaçadas da flora de Minas Gerais (Biodiversitas 2007): ○ "Criticamente em Perigo" (CR), ■ "Em Perigo" (EN), ◊ "Vulnerável" (VU), □ "Quase Ameaçada" (NT), + "Deficiente de Dados" (DD), ● "Não Ameaçada" (LC). Hábito – et: erva terrícola, ee: erva epífita, es: erva saxícola, er: erva rupícola, av: árvore, ab: arbusto, li – liana. *Habitat* – ca: campo de altitude, ma: interior de mata, bm: borda de mata, aa: área antrópica. Material testemunho: está citado um exemplar para cada espécie. * espécies coletadas apenas no presente estudo ou coletadas recentemente e depositadas nos acervos dos herbários analisados; ** espécies coletadas apenas por Regnell ou colaboradores no século XIX; *** espécies coletadas em ambos os casos.

Species in bold are those cited in the list of threatened species of Minas Gerais flora (Biodiversitas 2007): ○ "Critically endangered" (CR), ■ "Endangered" (EN), ◊ "Vulnerable" (VU), □ "Near Threatened" (NT), + "Data Defficient" (DD), ● "Least Concern" (LC). Hábito – et: terrestrial herb, ee: epiphyte herb, es: saxicolous herb, er: rupicolous herb, av: tree, ab: shrub, li – liana. *Habitat* – ca: *campo de altitude*, ma: forest interior, bm: forest edge, aa: anthropic area. Material testemunho: one specimen is cited for each species. * species collected only on the present study or recently collected and deposited in the analyzed herbaria; ** species collected only by Regnell or collaborators in XIX century; *** species collected on both cases.

Tabela 1. Continuação...

Table 1. Continued...

Famílias/Espécies	Hábito	*Habitat*	Material testemunho
Tillandsia gardneri Lindl.	ee, er	ca	Machado et al. 97 ***
T. pohliana Mez	ee	ca, aa	Rezende et al. 96 *
T. recurvata (L.) L.	ee	bm	Machado et al. 83 *
T. stricta Sol. ex Ker Gawl.	ee	ca, bm	Rezende et al. 28 *
T. tenuifolia L.	ee	ca	Rezende et al. 351 *
T. usneoides (L.) L.	ee	ca, bm	Machado et al. 82 *
Vriesea friburgensis Mez	ee	bm	Machado et al. 92 *
V. regnellii Mez	ee, er	ca, ma	Rezende et al. 95 *
V. sceptrum Mez	ee, er, es	ca, ma	Rezende et al. 155 ***
Wittrockia cyathiformis (Vell.) Leme	ee, et, er	ma	Rezende et al. 152 ***
BURSERACEAE – 1/1			
Protium heptaphyllum (Aubl.) Marchand	av	ma	Valente et al. 555 *
CACTACEAE - Julio Antonio Lombardi (HRCB) – 2/4			
Lepismium houlletianum (Lem.) Barthlott	ee, er	ca, ma	Rezende et al. 154 *
Rhipsalis floccosa Salm-Dyck ex Pfeiff.	ee, et	ca, bm	Rezende et al. 39 *
R. pulchra Löfgren	ee	bm	Rezende et al. 68 *
Rhipsalis sp.	ee	bm	Rezende & Elias 268 *
CAMPANULACEAE - Silvana A. P. Godoy (PMSP) – 1/3			
Siphocampylus macropodus G. Don	ab	ca, aa	Rezende et al. 127 *
S. westinianus Pohl	et	ca	Elias et al. 26 *
Siphocampylus sp.	ab	bm	Valente et al. 506 *
CANNABACEAE – 2/3			
Celtis pubescens (Kunth) Spreng.	ab	aa	Machado et al. 136 *
C. spinosa Spreng.	ab	aa	Torres et al. 1919 (IAC) *
Trema micrantha (L.) Blume	ab	aa	Machado et al. 138 *
CAPPARACEAE – 1/1			
Tarenaya sp.	et	aa	Rezende et al. 344 *
CARYOPHYLLACEAE – 1/1			
Cerastium sp.	et	aa	Rezende & Elias 208 *
CELASTRACEAE – 1/2			
Maytenus ilicifolia Mart. ex Reissek	av	bm, ma	Rezende et al. 99 *
M. salicifolia Reissek	av	ma	Rezende et al. 80 ***
CLEOMACEAE – 1/2			
Cleome regnellii Eichler	et	ca	Regnell II 147 (S) **
C. rosea Vahl. ex DC.	er, es	ca	Rezende et al. 118 *
CLUSIACEAE – 1/1			
Clusia cf. *criuva* Cambess.	av	bm, ab	Rezende & Elias 206 *
COMMELINACEAE – 4/4			
Commelina erecta L.	et, er	ca, aa	Rezende & Elias 2 *
Dichorisandra thyrsiflora J.C. Mikan	et	ca, ma	Rezende et al. 91 *
Tinantia erecta (Jacq.) Schltdl.	et, er	ma, aa	Rezende et al. 303 *
Tripogandra diuretica (Mart.) Handlos	et	aa	Rezende et al. 354 *
CONVOLVULACEAE – 4/7			
Convolvulus crenatifolius Ruiz & Pav.	li	aa	Rezende & Elias 213 *

Espécies destacadas em negrito são aquelas citadas na lista de espécies ameaçadas da flora de Minas Gerais (Biodiversitas 2007): ○ "Criticamente em Perigo" (CR), ■ "Em Perigo" (EN), ◊ "Vulnerável" (VU), □ "Quase Ameaçada" (NT), + "Deficiente de Dados" (DD), ● "Não Ameaçada" (LC). Hábito – et: erva terrícola, ee: erva epífita, es: erva saxícola, er: erva rupícola, av: árvore, ab: arbusto, li – liana. *Habitat* – ca: campo de altitude, ma: interior de mata, bm: borda de mata, aa: área antrópica. Material testemunho: está citado um exemplar para cada espécie. * espécies coletadas apenas no presente estudo ou coletadas recentemente e depositadas nos acervos dos herbários analisados; ** espécies coletadas apenas por Regnell ou colaboradores no século XIX; *** espécies coletadas em ambos os casos.

Species in bold are those cited in the list of threatened species of Minas Gerais flora (Biodiversitas 2007): ○ "Critically endangered" (CR), ■ "Endangered" (EN), ◊ "Vulnerable" (VU), □ "Near Threatened" (NT), + "Data Defficient" (DD), ● "Least Concern" (LC). Hábito – et: terrestrial herb, ee: epiphyte herb, es: saxicolous herb, er: rupicolous herb, av: tree, ab: shrub, li – liana. *Habitat* – ca: *campo de altitude*, ma: forest interior, bm: forest edge, aa: anthropic area. Material testemunho: one specimen is cited for each species. * species collected only on the present study or recently collected and deposited in the analyzed herbaria; ** species collected only by Regnell or collaborators in XIX century; *** species collected on both cases.

Tabela 1. Continuação...

Table 1. Continued...

Famílias/Espécies	Hábito	*Habitat*	Material testemunho
Evolvulus lithospermoides Mart.	et	aa	Souza et al. 653*
Ipomoea purpurea (L.) Roth	li	aa	Rezende et al. 356 *
I. regnellii Meisn.	li	bm, aa	Rezende & Elias 265 *
Ipomoea sp.1	ab	ca	Gimenes et al. 3 *
Ipomoea sp.2	li	bm	Rezende et al. 288 *
Jacquemontia evolvuloides Meissn.	li	ca	Ramos & Conforti 219 (IAC) ***
CUCURBITACEAE – 3/3			
Fevillea trilobata L.	li	ca	Souza et al. 670 *
Cayaponia diversifolia (Cogn.) Cogn.	li	ca	Regnell III 630 (S) **
Cyclanthera hystrix (Gillies) Arn.	li	ca	Regnell III 633 x a (S) **
CUNONIACEAE – 1/1			
Lamanonia ternata Vell.	av	ca, bm, aa	Rezende & Elias 210 *
CYPERACEAE – 4/10			
Bulbostylis cf. *juncoides* (Vahl) Kük. ex Osten	et	ca	Rezende & Elias 261 *
***B. scabra* (J. Presl & C. Presl) C.B. Clarke ●**	et	ca	Mosén 4456 (S) **
Bulbostylis sp.	et	ca	Rezende et al. 30 *
Carex hilairei Boott	et	ca	Regnell III 1326 (S) **
Cyperus sp.1	et	aa	Rezende et al. 347 *
Cyperus sp.2	et	ca	Machado et al. 142 *
***Pleurostachys regnellii* C.B. Clarke □**	et	ma	Regnell III 1319 (S) **
INDET.1	es	ca	Rezende et al. 156 *
INDET.2	er	ca	Rezende et al. 31 *
INDET.3	et	ca	Rezende et al. 29 *
DIOSCOREACEAE – 1/4			
Dioscorea adenocarpoides T. Clayton	li	ca	Regnell III 1242 (S) **
D. caldasensis R. Knuth	li	ma	Regnell III 1245 (S) **
D. de-mourae Uline ex R. Knuth	li	ca	Mosén 2545 (S) **
D. ovata Vell.	li	ca	Monteiro et al. 469 *
ELAEOCARPACEAE – 1/1			
Sloanea lasiocoma K. Schum.	av	ma	Lindberg 491 (S) **
ERIOCAULACEAE - Marcelo Trovó L. Oliveira (SPF) – 2/2			
Eriocaulon regnellii Moldenke	et	ca	Regnell III 1740 (S) **
Paepalanthus manicatus Pouls. ex Malme	es	ca	Rezende et al. 109 ***
ERYTHROXYLACEAE - Maria I. B. Loiola (EAC) – 1/2			
Erythroxylum amplifolium Baill.	av	bm	Machado et al. 160 *
E. daphnites Mart.	av	ca, bm	Rezende & Elias 220 *
EUPHORBIACEAE – 6/10			
Acalypha brasiliensis Müll. Arg.	et	ca	Rezende et al. 284 *
A. gracilis Spreng.	et	bm	Machado et al. 168 ***
Alchornea triplinervia (Spreng.) Müll. Arg.	ab	ca	Rezende et al. 164 ***
Croton eichleri Müll. Arg.	ab	bm	Regnell II 242x (S) **
C. erythroxyloides Baill.	ab	bm	Torres et al. 1613 (IAC) *
C. floribundus Spreng.	av	bm	Rezende et al. 54 *
C. migrans Casar.	ab	ca	Rezende et al. 175 *

Espécies destacadas em negrito são aquelas citadas na lista de espécies ameaçadas da flora de Minas Gerais (Biodiversitas 2007): ○ "Criticamente em Perigo" (CR), ■ "Em Perigo" (EN), ◊ "Vulnerável" (VU), □ "Quase Ameaçada" (NT), + "Deficiente de Dados" (DD), ● "Não Ameaçada" (LC). Hábito – et: erva terrícola, ee: erva epífita, es: erva saxícola, er: erva rupícola, av: árvore, ab: arbusto, li – liana. *Habitat* – ca: campo de altitude, ma: interior de mata, bm: borda de mata, aa: área antrópica. Material testemunho: está citado um exemplar para cada espécie. * espécies coletadas apenas no presente estudo ou coletadas recentemente e depositadas nos acervos dos herbários analisados; ** espécies coletadas apenas por Regnell ou colaboradores no século XIX; *** espécies coletadas em ambos os casos.

Species in bold are those cited in the list of threatened species of Minas Gerais flora (Biodiversitas 2007): ○ "Critically endangered" (CR), ■ "Endangered" (EN), ◊ "Vulnerable" (VU), □ "Near Threatened" (NT), + "Data Defficient" (DD), ● "Least Concern" (LC). Hábito – et: terrestrial herb, ee: epiphyte herb, es: saxicolous herb, er: rupicolous herb, av: tree, ab: shrub, li – liana. *Habitat* – ca: *campo de altitude*, ma: forest interior, bm: forest edge, aa: anthropic area. Material testemunho: one specimen is cited for each species. * species collected only on the present study or recently collected and deposited in the analyzed herbaria; ** species collected only by Regnell or collaborators in XIX century; *** species collected on both cases.

Tabela 1. Continuação...

Table 1. Continued...

Famílias/Espécies	Hábito	*Habitat*	Material testemunho
Dalechampia regnellii Müll. Arg.	li	ma	Regnell III 1053 (S) **
Sapium glandulosum (L.) Morong	av	ca, bm	Rezende & Elias 249 *
Sebastiania trichogyne Pax & K. Hoffm.	ab	ca	Mosén 716 (S) **
FABACEAE – 13/26			
Bauhinia aculeata L.	av	aa	Rezende & Elias 256 *
Camptosema ellipticum (Desv.) Burkart	li	ca	van den Berg 1288 (HUEFS) *
C. scarlatinum (Benth.) Burkart	li	ca, ab, aa	Rezende et al. 92 *
Cassia patellaria DC. ex Collad.	et	ca, aa	Rezende & Elias 3 *
Clitoria sp.1	ab	ca	Rezende et al. 67 *
Clitoria sp.2	li	ca	Gimenes et al. 4 *
Collaea speciosa (Loisel.) DC.	at	ca, bm, aa	Elias et al. 37 *
Desmodium purpureum Hook. & Arn.	ab	ca, aa	Gimenes et al. 6 *
Inga vulpina Mart. ex Benth.	av	bm	Valente et al. 498 *
Machaerium stipitatum Vogel	av	ma	Rezende 69 (RB) *
M. villosum Vogel	av	ca, bm	Rezende et al. 60 *
Mimosa dolens Vell.	ab	ca	Rezende 139 (RB) *
M. furfuracea Hoehne	ab	ma	Hoehne s.n. (SP 2878) *
M. insidiosa Mart.	ab	ca	Regnell I 92xx (S) **
M. pilulifera Benth.	ab	ca	Hoehne s.n. (SP 2879) *
M. cf. *ramosissima* Benth.	et	ca	Rezende & Elias 270 *
M. scabrella Benth.	av	ma	Ramos & Conforti 236 (IAC) *
Mimosa sp.1	ab	ca	Rezende et al. 139 *
Mimosa sp.2	ab	bm	Elias et al. 31 *
Platycyamus regnellii Benth.	av	bm	Rezende et al. 64 *
Senna cernua (Balb.) H.S. Irwin & Barneby	ab	aa	Machado et al. 137 *
S. pendula (Willd.) H.S.Irwin & Barneby	ab	ca	Rezende et al. 63 *
S. splendida (Vogel) H.S.Irwin & Barneby	ab	aa	Ramos & Conforti 223 (IAC) *
Senna sp.	ab	ca	Elias et al. 21 *
Vigna sp.	li	ca, ma	Rezende et al. 119 *
Zornia diphylla (L.) Pers.	et	ca	Valente et al. 551 *
GESNERIACEAE - Alain Chautems (G), Luciana C. Pereira (CESJ) – 1/5			
Sinningia aggregata (Ker Gawl.) Wiehler	et, er, es	ca	Rezende et al. 116 *
S. allagophylla (Mart.) Wiehler	et	ca	Rezende & Elias 221 *
S. douglasii (Lindl.) Chautems	ee	ma	Valente et al. 504 *
S. magnifica (Otto & A. Dietr.) Wiehler	er, es	ca	Rezende & Elias 12 *
S. striata (Fritsch) Chautems ◊	er, es	ca	Rezende & Elias 248 ***
HYPOXIDACEAE – 1/1			
Hypoxis decumbens L.	es	ca	Souza et al. 560 *
IRIDACEAE – 4/5			
Calydorea campestris (Klatt) Baker	et	ca	Rezende et al. 146 *
Cipura xanthomelas Mart. ex Klatt	et	ca, aa	Rezende et al. 69 *
Sisyrinchium vaginatum Spreng.	es	ca	Rezende et al. 75 *
Trimezia martinicensis (Jacq.) Herb.	et	ca	Machado et al. 146 *
Trimezia sp.	es	ca	Monteiro et al. 465 *

Espécies destacadas em negrito são aquelas citadas na lista de espécies ameaçadas da flora de Minas Gerais (Biodiversitas 2007): ○ "Criticamente em Perigo" (CR), ■ "Em Perigo" (EN), ◊ "Vulnerável" (VU), □ "Quase Ameaçada" (NT), + "Deficiente de Dados" (DD), ● "Não Ameaçada" (LC). Hábito – et: erva terrícola, ee: erva epífita, es: erva saxícola, er: erva rupícola, av: árvore, ab: arbusto, li – liana. *Habitat* – ca: campo de altitude, ma: interior de mata, bm: borda de mata, aa: área antrópica. Material testemunho: está citado um exemplar para cada espécie. * espécies coletadas apenas no presente estudo ou coletadas recentemente e depositadas nos acervos dos herbários analisados; ** espécies coletadas apenas por Regnell ou colaboradores no século XIX; *** espécies coletadas em ambos os casos.

Species in bold are those cited in the list of threatened species of Minas Gerais flora (Biodiversitas 2007): ○ "Critically endangered" (CR), ■ "Endangered" (EN), ◊ "Vulnerable" (VU), □ "Near Threatened" (NT), + "Data Defficient" (DD), ● "Least Concern" (LC). Hábito – et: terrestrial herb, ee: epiphyte herb, es: saxicolous herb, er: rupicolous herb, av: tree, ab: shrub, li – liana. *Habitat* – ca: *campo de altitude*, ma: forest interior, bm: forest edge, aa: anthropic area. Material testemunho: one specimen is cited for each species. * species collected only on the present study or recently collected and deposited in the analyzed herbaria; ** species collected only by Regnell or collaborators in XIX century; *** species collected on both cases.

Tabela 1. Continuação...

Table 1. Continued...

Famílias/Espécies	Hábito	*Habitat*	Material testemunho
JUNCACEAE – 1/1			
Juncus cf. *densiflorus* Kunth.	et	ca	Rezende et al. 304 *
LAMIACEAE – 5/11			
Aegiphila sellowiana Cham.	av	ma	Valente et al. 556 *
Aegiphila sp.	av	ca	Rezende et al. 87 *
Hyptis rugosa Benth.	ab	ca	Rezende 204 *
H. sidifolia (L'Herit.) Briq.	ab	bm	van den Berg 1296 (HUEFS) *
Ocimum gratissimum L.	et	ca	Machado et al. 141 *
Scutellaria sp.	es	ca, aa	Gimenes et al. 5 *
Vitex polygama Cham.	av	ca, bm, ma	Rezende et al. 125 *
INDET.1	et	ca	Rezende et al. 120 *
INDET.2	et	ca	Rezende et al. 365 *
INDET.3	at	bm	Rezende & Elias 224 *
INDET.4	at	aa	Rezende & Elias 204 *
LAURACEAE - Leandro C. S. Assis (BHCB) – 2/5			
Endlicheria paniculata (Spreng.) J.F. Macbr.	av	bm	Rezende *et al.* 132 *
Ocotea corymbosa (Meisn.) Mez	av	ma	Regnell III 76 (S) **
***O. frondosa* (Meisn.) Mez +**	av	ma	Regnell III 80 (S) **
O. pulchella (Nees) Mez	ab	ca	Rezende et al. 94 *
INDET.	at	ma	Rezende & Elias 226 *
LENTIBULARIACEAE – 2/2			
Genlisea violacea A. St. -Hil	et, es	ca	Rezende et al. 147 ***
Utricularia warmingii Kamienski	et, es	ca	Rezende et al. 114 *
LOGANIACEAE – 1/1			
Strychnos brasiliensis (Spreng.) Mart.	av	ca	Elias et al. 39 *
LYTHRACEAE – 2/2			
Cuphea sp.	et	ca	Monteiro *et al.* 485 *
Lafoensia pacari A.St.-Hil.	av	ca, aa	Rezende et al. 52 *
MAGNOLIACEAE – 1/1			
Magnolia ovata (A.St.-Hil.) Spreng.	av	bm	Rezende et al. 102 *
MALPIGHIACEAE – 4/9			
Banisteriopsis adenopoda (A. Juss.) B.Gates	li	bm	Sem coletor (MO 100183889) *
B. campestris (A. Juss.) Little	li	aa	Souza et al. 649 *
B. laevifolia (A. Juss.) B. Gates	ab	ab	Rezende et al. 329 *
Bunchosia pallescens Skottsb.	av	ma	Regnell III 1537 (S) **
Byrsonima pachyphylla A. Juss.	av	ca	Regnell II 31 (S) **
Heteropterys syringifolia Griseb.	-	-	Regnell I 31 (S) **
Heteropterys umbellata A. Juss.	ab	ca	Rezende et al. 328 *
Heteropterys sp.	av	bm	Rezende et al. 103 *
INDET.	av	bm	Rezende et al. 140 *
MALVACEAE - Aluísio J. Fernandes Júnior (CESJ) – 8/11			
Ceiba speciosa (A.St.-Hil.) Ravenna	av	aa	Machado et al. 135 *
Luehea candicans Mart.	av	bm	Rezende et al. 59 *
L. grandiflora Mart. & Zucc.	av	bm	Rezende et al. 136 *

Espécies destacadas em negrito são aquelas citadas na lista de espécies ameaçadas da flora de Minas Gerais (Biodiversitas 2007): ○ "Criticamente em Perigo" (CR), ■ "Em Perigo" (EN), ◊ "Vulnerável" (VU), □ "Quase Ameaçada" (NT), + "Deficiente de Dados" (DD), ● "Não Ameaçada" (LC). Hábito – et: erva terrícola, ee: erva epífita, es: erva saxícola, er: erva rupícola, av: árvore, ab: arbusto, li – liana. *Habitat* – ca: campo de altitude, ma: interior de mata, bm: borda de mata, aa: área antrópica. Material testemunho: está citado um exemplar para cada espécie. * espécies coletadas apenas no presente estudo ou coletadas recentemente e depositadas nos acervos dos herbários analisados; ** espécies coletadas apenas por Regnell ou colaboradores no século XIX; *** espécies coletadas em ambos os casos.

Species in bold are those cited in the list of threatened species of Minas Gerais flora (Biodiversitas 2007): ○ "Critically endangered" (CR), ■ "Endangered" (EN), ◊ "Vulnerable" (VU), □ "Near Threatened" (NT), + "Data Defficient" (DD), ● "Least Concern" (LC). Hábito – et: terrestrial herb, ee: epiphyte herb, es: saxicolous herb, er: rupicolous herb, av: tree, ab: shrub, li – liana. *Habitat* – ca: *campo de altitude*, ma: forest interior, bm: forest edge, aa: anthropic area. Material testemunho: one specimen is cited for each species. * species collected only on the present study or recently collected and deposited in the analyzed herbaria; ** species collected only by Regnell or collaborators in XIX century; *** species collected on both cases.

Tabela 1. Continuação...

Table 1. Continued...

Famílias/Espécies	Hábito	*Habitat*	Material testemunho
Pavonia communis A.St-Hil.	ab	aa	Machado et al. 127 *
P. sagittata A. St.-Hil.	ab	ca	Regnell III 174 (S) **
Peltaea sp.	es	ca	Rezende & Elias 4 *
Pseudobombax longiflorum (Mart. & Zucc.) A. Robyns	av	ca	Regnell I 23 (S) **
Sida rhombifolia L.	et	aa	Machado et al. 143 *
Triumfetta semitriloba Jacq.	et	aa	Ramos & Conforti 240 (IAC) *
Wissadula parviflora (A.St.-Hil.) R.E.Fr.	et	aa	Krapovickas 35471 (NY) *
INDET.	et	aa	Machado et al. 140 *
MELASTOMATACEAE - Renato Goldenberg (UPCB), Rosana Romero (HUFU) – 4/14			
Leandra regnellii (Triana) Cogn.	ab	ma	Mosén 493 (S) **
Miconia cinerascens Miq.	ab	bm, ma	Rezende et al. 62 *
M. pusilliflora (DC.) Naudin	av	ma	Rezende et al. 101 *
M. theaezans (Bonpl.) Cogn.	av	ma	Hoehne s.n. (SP 2877) *
***Microlepis mosenii* Cogn. +**	ab	ca	Regnell I 155 (S) **
Tibouchina clidemioides (Triana) Cogn.	et	ca	Rezende et al. 160 *
T. fothergillae (DC.) Cogn.	er	ma	Elias et al. 33 *
T. gracilis (Bonpl.) Cogn.	et	aa	Machado et al. 103 *
T. heteromalla (D. Don) Cogn.	ab	ca	Rezende et al. 126 *
T. martialis (Cham.) Cogn.	ab	ca, aa	Rezende et al. 130 *
T. mosenii Cogn.	ab	ca	Mosén 1972 (S) **
T. regnellii Cogn.	ab	ca	Regnell III 1763 (S) **
T. sellowiana Cogn.	av	ma	Sem coletor (MO 1002240620) **
Tibouchina sp.	av	ca	Rezende et al. 197 *
MELIACEAE – 2/2			
Cabralea canjerana (Vell.) Mart.	av	aa	Rezende et al. 349 *
Trichilia elegans A. Juss.	av	ca	Rezende et al. 57 *
MONIMIACEAE – 2/3			
Macropeplus cf. *dentatus* (Perkins) I. Santos & Peixoto	av	bm	Valente et al. 496 *
Mollinedia schottiana (Spreng.) Perkins	av	bm	Machado et al. 155 *
M. widgrenii A. DC.	av	bm, ma	Rezende 83 *
MORACEAE – 1/1			
Sorocea bonplandii (Baill.) W.C. Burger, Lanj. & Bôer	av	ma	Valente et al. 499 *
MYRTACEAE - Marcos Sobral (UFSJ) – 7/12			
Campomanesia guazumifolia (Cambess.) O.Berg	av	ma	Regnell II 118 (S) **
C. pubescens (DC.) O.Berg	av	ca	Rezende 219 *
Campomanesia sp.	ab	ca	Rezende et al. 198 *
Eugenia involucrata DC.	av	bm	Rezende & Elias 279 *
Myrcia obovata (O. Berg) Nied.	ab	ca	Rezende & Elias 255 *
M. splendens (SW.) DC.	ab	ca, bm, aa	Rezende et al. 176 *
Myrciaria floribunda (H. West ex Willd.) O. Berg	av	ma	Rezende et al. 192 *
Pimenta pseudocaryophyllus (Gomes) Landrum	av	bm	Rezende et al. 82 *
Psidium guajava L.	av	aa	Machado et al. 132 *
P. rufum Mart ex DC.	ab	ma	Ramos & Conforti 239 (IAC) ***
Siphoneugena widgreniana O. Berg	av	bm	Rezende et al. 86 *

Espécies destacadas em negrito são aquelas citadas na lista de espécies ameaçadas da flora de Minas Gerais (Biodiversitas 2007): ○ "Criticamente em Perigo" (CR), ■ "Em Perigo" (EN), ◊ "Vulnerável" (VU), □ "Quase Ameaçada" (NT), + "Deficiente de Dados" (DD), ● "Não Ameaçada" (LC). Hábito – et: erva terrícola, ee: erva epífita, es: erva saxícola, er: erva rupícola, av: árvore, ab: arbusto, li – liana. *Habitat* – ca: campo de altitude, ma: interior de mata, bm: borda de mata, aa: área antrópica. Material testemunho: está citado um exemplar para cada espécie. * espécies coletadas apenas no presente estudo ou coletadas recentemente e depositadas nos acervos dos herbários analisados; ** espécies coletadas apenas por Regnell ou colaboradores no século XIX; *** espécies coletadas em ambos os casos.

Species in bold are those cited in the list of threatened species of Minas Gerais flora (Biodiversitas 2007): ○ "Critically endangered" (CR), ■ "Endangered" (EN), ◊ "Vulnerable" (VU), □ "Near Threatened" (NT), + "Data Defficient" (DD), ● "Least Concern" (LC). Hábito – et: terrestrial herb, ee: epiphyte herb, es: saxicolous herb, er: rupicolous herb, av: tree, ab: shrub, li – liana. *Habitat* – ca: *campo de altitude*, ma: forest interior, bm: forest edge, aa: anthropic area. Material testemunho: one specimen is cited for each species. * species collected only on the present study or recently collected and deposited in the analyzed herbaria; ** species collected only by Regnell or collaborators in XIX century; *** species collected on both cases.

Tabela 1. Continuação...

Table 1. Continued...

Famílias/Espécies	Hábito	*Habitat*	Material testemunho
INDET.	av	bm	Rezende et al. 84 *
NYCTAGINACEAE – 1/1			
Guapira sp.	av	ca	Torres et al. 1914 *
ONAGRACEAE – 1/1			
Fuchsia regia (Vell.) Munz	et	bm	Elias et al. 35 *
OPILIACEAE - Ronaldo Marquete (RB) – 1/1			
Agonandra excelsa Griseb.	av	aa	Rezende & Elias 209 *
ORCHIDACEAE - Luiz Menini Neto (CESJ), Narjara L. Abreu (CESJ), Cláudio N. Fraga (RB) – 28/56			
Bifrenaria harrisoniae (Hook.) Rchb. f.	er	ca	Souza et al. 539 *
Brassavola tuberculata Hook.	er	ca	Rezende et al. 345 *
Bulbophyllum epiphytum Barb. Rodr.	er	ca	Rezende et al. 202 *
B. exaltatum Lindl.	ee, er	ca, aa	Rezende et al. 26 *
B. plumosum (Barb. Rodr.) Cogn.	er	ca	Souza et al. 656 *
Capanemia superflua (Rchb. f.) Garay	ee	ma	Regnell III 1168 (S) **
Cyclopogon cf. *congestus* (Vell.) Hoehne	er	ca	Machado et al. 85 *
C. graciliscapus Schltr.	et	ma	Regnell III 1196B (S) **
C. longibracteatus (Barb. Rodr.) Schltr.	et	ca	Rezende et al. 370 *
C. cf. *truncatus* (Lindl.) Schltr.	et	ma	Rezende et al. 368 *
Cyclopogon sp.	et	bm	Souza et al. 552 *
Epidendrum avicula Lindl.	er	ca	Machado et al. 99 *
Epidendrum chlorinum Barb. Rodr.	ee	ma	van den Berg 1049 (HUEFS) *
E. mantiqueiranum Porto & Brade	ee	ma	van den Berg 1280 (HUEFS) *
E. minarum Hoehne & Schltr.	et	ca	Hoehne s.n. (SP 2876) *
E. secundum Jacq.	et, er, es	ca	Rezende et al. 89 *
Govenia utriculata (Sw.) Lindl.	et	ma	Rezende et al. 299 *
Habenaria caldensis Kraenzl.	et	ca	Regnell III 1181 (S) **
H. macronectar (Vell.) Hoehne	er	ca	Rezende & Elias 280 *
H. regnellii Cogn.	et	ca	Regnell III 1182 (S) **
H. rupicola Barb. Rodr.	et	ca	van den Berg 1279 (HUEFS) *
Habenaria sp.	es	ca	Monteiro et al. 461 *
Hapalorchis lineatus (Lindl.) Schltr.	et	ma	Mosén 746 (S) **
H. micranthus (Barb. Rodr.) Hoehne	et	ma	van den Berg 1841 (HUEFS) *
Isochilus linearis (Jacq.) R.Br.	ee	ma, aa	Rezende et al. 23 *
Malaxis sp.	et	ma	van den Berg 1284 (HUEFS) *
Maxillaria chrysantha Barb. Rodr.	ee	ma	Regnell 426A (SP) **
M. picta Hook.	er	ca	Elias et al. 40 *
Nemaconia striata (Lindl.) van den Berg, Salazar & Soto Arenas	ee	ma	Regnell III 1153 (S) **
Notylia longispicata Hoehne & Schltr.	ee	aa	Machado et al. 151 *
Octomeria albiflora Hoehne & Schltr.	ee	ma	Hoehne s.n. (SP 2887) *
Oncidium blanchetii Rchb. f.	et	ca	Batista et al. 2784 (BHCB) *
O. longipes Lindl.	ee	ma	van den Berg 1964 (HUEFS) *
O. ramosum Lindl.	er	ca	Rezende et al. 283 *
O. varicosum Lindl. & Paxton	ee, et	ca	Rezende et al. 32 *
Pelexia bonariensis (Lindl.) Schltr.	es	ca	Regnell III 2007 (S) **

Espécies destacadas em negrito são aquelas citadas na lista de espécies ameaçadas da flora de Minas Gerais (Biodiversitas 2007): ○ "Criticamente em Perigo" (CR), ■ "Em Perigo" (EN), ◊ "Vulnerável" (VU), □ "Quase Ameaçada" (NT), + "Deficiente de Dados" (DD), ● "Não Ameaçada" (LC). Hábito – et: erva terrícola, ee: erva epífita, es: erva saxícola, er: erva rupícola, av: árvore, ab: arbusto, li – liana. *Habitat* – ca: campo de altitude, ma: interior de mata, bm: borda de mata, aa: área antrópica. Material testemunho: está citado um exemplar para cada espécie. * espécies coletadas apenas no presente estudo ou coletadas recentemente e depositadas nos acervos dos herbários analisados; ** espécies coletadas apenas por Regnell ou colaboradores no século XIX; *** espécies coletadas em ambos os casos.

Species in bold are those cited in the list of threatened species of Minas Gerais flora (Biodiversitas 2007): ○ "Critically endangered" (CR), ■ "Endangered" (EN), ◊ "Vulnerable" (VU), □ "Near Threatened" (NT), + "Data Defficient" (DD), ● "Least Concern" (LC). Hábito – et: terrestrial herb, ee: epiphyte herb, es: saxicolous herb, er: rupicolous herb, av: tree, ab: shrub, li – liana. *Habitat* – ca: *campo de altitude*, ma: forest interior, bm: forest edge, aa: anthropic area. Material testemunho: one specimen is cited for each species. * species collected only on the present study or recently collected and deposited in the analyzed herbaria; ** species collected only by Regnell or collaborators in XIX century; *** species collected on both cases.

Tabela 1. Continuação...

Table 1. Continued...

Famílias/Espécies	Hábito	*Habitat*	Material testemunho
P. novofriburgensis (Rchb. f.) Garay	et	ma	Rodrigues 1168 (S) **
Pelexia sp.	er	ca	Elias et al. 30 *
Pleurothallis fenestrata Barb. Rodr.	ee	ma	Regnell III 1676 bis (S) **
P. grobyi Lindl.	es	ma	Regnell III 1129 (S) **
P. klotzschiana Rchb. f.	ee	ma	Regnell II 273 (S) **
P. recurva Lindl.	ee	bm	Rezende & Elias 281 *
P. rubens Lindl.	ee	ma	Rezende & Elias 263 *
P. saurocephala Lodd.	ee	ma	Rezende et al. 65 *
Polystachya pinicola Barb. Rodr.	ee	ma	Regnell III 1145 (S) **
Prescottia montana Barb. Rodr.	et	ca	Azevedo 324 (HUEFS) *
Prosthechea allemanoides (Hoehne) W.E. Higgins	ee	ca	Rezende et al. 200 *
P. regnelliana (Hoehne & Schltr.) W.E.Higgins	ee	ma	Hoehne 4320 (SP) *
Pteroglossa macrantha (Rchb. f.) Schltr.	et	ca	Regnell III 1198 (S) **
Sacoila lanceolata (Aubl.) Garay	et	ca	Rezende et al. 188 **
Skeptrostachys paraguayensis (Rchb. f.) Garay	et	ca	Regnell III 1194 (S) **
Stelis aprica Lindl.	ee	ma	Regnell I 423 (S) **
Stigmatosema polyaden (Vell.) Garay	et	ca	Rezende et al. 201 *
Zygopetalum mackayi Hook.	er	ca	Souza et al. 537 *
***Z. triste* Barb. Rodr. ■**	et	ca	van den Berg 1797 (HUEFS) *
OROBANCHACEAE – 1/1			
Escobedia grandiflora (L.f.) Kuntze	et	ca	Rezende et al. 129 *
OXALIDACEAE – 1/2			
Oxalis rupestris A.St.-Hil.	et	ca	Regnell I 43 (S) **
O. tetraphylla Cav.	et	ca	Rezende & Elias 273 *
PASSIFLORACEAE - Ana Carolina Mezzonato (CESJ), Luís Carlos Bernacci (BHCB) – 2/6			
Passiflora alata Curtis	li	ca	Rezende et al. 93 *
P. caerulea L.	li	bm	Regnell III 636 (S) **
P. capsularis L.	li	aa	Machado et al. 126 *
P. organensis Gardner	li	ca	Machado et al. 111 *
P. suberosa L.	li	aa	Machado et al. 134 *
Turnera hilaireana Urb.	ab	ca	Regnell I 100 (S) **
PHYLLANTHACEAE - Maria Iracema Bezerra Loiola (EAC) – 1/3			
Phyllanthus dictyospermus Müll. Arg.	et	ca	Regnell II 48 (S) **
P. niruri L.	et	ca	Hoehne s.n. (SP 2892) *
P. stipitatus M.Schmid	et	ca	Rezende et al. 166 *
PHYTOLACCACEAE – 1/1			
Phytolacca sp.	ab	aa	Machado et al. 107 *
PIPERACEAE - Daniele Monteiro (RB) – 2/19			
Peperomia augescens Miq.	ee, er, es	ca, bm	Rezende et al. 47 ***
P. blanda (Jacq.) Kunth	ee	ca, aa	Souza et al. 666 *
P. corcovadensis Gardner	ee	ma	Rezende et al. 190 ***
P. galioides Kunth	ee, et, er	ca, ma	Rezende et al. 36 *
P. hilariana Miq.	et	ma	Monteiro et al. 487 *
P. loxensis Kunth	ee	ma	Lindberg 485 (NY) **

Espécies destacadas em negrito são aquelas citadas na lista de espécies ameaçadas da flora de Minas Gerais (Biodiversitas 2007): ○ "Criticamente em Perigo" (CR), ■ "Em Perigo" (EN), ◊ "Vulnerável" (VU), □ "Quase Ameaçada" (NT), + "Deficiente de Dados" (DD), ● "Não Ameaçada" (LC). Hábito – et: erva terrícola, ee: erva epífita, es: erva saxícola, er: erva rupícola, av: árvore, ab: arbusto, li – liana. *Habitat* – ca: campo de altitude, ma: interior de mata, bm: borda de mata, aa: área antrópica. Material testemunho: está citado um exemplar para cada espécie. * espécies coletadas apenas no presente estudo ou coletadas recentemente e depositadas nos acervos dos herbários analisados; ** espécies coletadas apenas por Regnell ou colaboradores no século XIX; *** espécies coletadas em ambos os casos.

Species in bold are those cited in the list of threatened species of Minas Gerais flora (Biodiversitas 2007): ○ "Critically endangered" (CR), ■ "Endangered" (EN), ◊ "Vulnerable" (VU), □ "Near Threatened" (NT), + "Data Defficient" (DD), ● "Least Concern" (LC). Hábito – et: terrestrial herb, ee: epiphyte herb, es: saxicolous herb, er: rupicolous herb, av: tree, ab: shrub, li – liana. *Habitat* – ca: *campo de altitude*, ma: forest interior, bm: forest edge, aa: anthropic area. Material testemunho: one specimen is cited for each species. * species collected only on the present study or recently collected and deposited in the analyzed herbaria; ** species collected only by Regnell or collaborators in XIX century; *** species collected on both cases.

Tabela 1. Continuação...

Table 1. Continued...

Famílias/Espécies	Hábito	*Habitat*	Material testemunho
P. oreophila Henschen	er, es	ca	Monteiro et al. 459 ***
P. tetraphylla (G. Forst.) Hook. & Arn.	ee, er, es	ca, ma	Rezende et al. 150 *
P. trineura Miq.	ee	ca, ma	Rezende et al. 104 *
Piper arboreum Aubl.	et	ma	Rezende et al. 359 *
P. caldense C.DC.	ab	ma	Mosén 735 (S) **
P. chimonanthifolium Kunth.	ab	bm	Rezende et al. 358 *
P. crassinervium Kunth	av	bm	Elias et al. 24 *
P. divaricatum G. Mey	ab	ma	Regnell III 1114 (S) **
P. gaudichaudianum Kunth	ab	ca	Rezende et al. 184 *
P. lucaeanum Kunth	ab	ma	Mosén 1026 (NY) **
P. regnellii (Miq.) C. DC	ab	bm, aa	Rezende et al. 98 ***
P. schenckii C. DC.	li	ma	Rezende et al. 194 *
P. solmsianum C. DC.	ab	ma	Monteiro et al. 488 *
POACEAE - Fabrício M. Ferreira (HUEFS), Pedro L. Viana (BHCB) – 8/12			
Andropogon bicornis L.	et	ca	Rezende et al. 312 *
Chusquea meyeriana Rupr.	et	ma	Clark 841 (HSJRP) *
Dichanthelium stigmosum (Trin.) Zuloaga	et	ca	Rezende et al. 38 *
Eragrostis apiculata Döll	et	ca	Regnell III 1411 (S) **
E. polytricha Nees	et	ca	Regnell III 1405 (S) **
Panicum cf. *cyanescens* Nees ex Trin.	et, es	ca	Rezende et al. 76 *
P. exiguum Mez	et	ca	Mosén s.n. (US623.2144933) **
Paspalum rupium Renvoize	et	ca	Rezende et al. 79 *
Setaria sphacelata Stapf & C.E.Hubb. ex M.B.Moss	et	ca	Rezende & Elias 246 ***
S. vulpiseta (Lam.) Roem. & Schult.	et	ca, aa	Machado et al. 145 *
Sporobolus indicus (L.) R. Br.	et	ca	Rezende et al. 124 *
S. metallicolus Longhi-Wagner & Boechat	et	ca	Rezende et al. 305 *
POLYGALACEAE – 2/2			
Bredemeyera sp.	et	aa	Rezende & Elias 216 *
Polygala paniculata L.	et, es	ca	Rezende et al. 110 *
PRIMULACEAE – 2/5			
Anagallis alternifolia Cav.	et, er	ca	Rezende et al. 112 *
Myrsine guianensis (Aubl.) Kuntze	av	ca	Rezende et al. 24 *
M. lancifolia Mart.	av	bm, ma	Elias et al. 34 *
M. loefgrenii (Mez) Otegui	av	bm	Mosén 1895 (S) **
INDET.	ab	bm	Monteiro et al. 466 *
PROTEACEAE – 1/1			
Roupala montana Aubl.	av	ma	Rezende et al. 117 *
ROSACEAE – 2/3			
Prunus myrtifolia (L.) Urb.	av	ca	Rezende et al. 56 *
P. reflexa Walp.	av	ma	Krapovickas 35473 (NY) *
Rubus brasiliensis Mart.	ab	ca	Rezende & Elias 203 *
RUBIACEAE - Juliana Oliveira (CESJ) – 11/17			
Borreria verticillata (L.) G. Mey.	et	ca	Rezende & Elias 231 *
Chiococca alba (L.) Hitchc.	ab	ca, aa	Monteiro et al. 479 *

Espécies destacadas em negrito são aquelas citadas na lista de espécies ameaçadas da flora de Minas Gerais (Biodiversitas 2007): ○ "Criticamente em Perigo" (CR), ■ "Em Perigo" (EN), ◊ "Vulnerável" (VU), □ "Quase Ameaçada" (NT), + "Deficiente de Dados" (DD), ● "Não Ameaçada" (LC). Hábito – et: erva terrícola, ee: erva epífita, es: erva saxícola, er: erva rupícola, av: árvore, ab: arbusto, li – liana. *Habitat* – ca: campo de altitude, ma: interior de mata, bm: borda de mata, aa: área antrópica. Material testemunho: está citado um exemplar para cada espécie. * espécies coletadas apenas no presente estudo ou coletadas recentemente e depositadas nos acervos dos herbários analisados; ** espécies coletadas apenas por Regnell ou colaboradores no século XIX; *** espécies coletadas em ambos os casos.

Species in bold are those cited in the list of threatened species of Minas Gerais flora (Biodiversitas 2007): ○ "Critically endangered" (CR), ■ "Endangered" (EN), ◊ "Vulnerable" (VU), □ "Near Threatened" (NT), + "Data Defficient" (DD), ● "Least Concern" (LC). Hábito – et: terrestrial herb, ee: epiphyte herb, es: saxicolous herb, er: rupicolous herb, av: tree, ab: shrub, li – liana. *Habitat* – ca: *campo de altitude*, ma: forest interior, bm: forest edge, aa: anthropic area. Material testemunho: one specimen is cited for each species. * species collected only on the present study or recently collected and deposited in the analyzed herbaria; ** species collected only by Regnell or collaborators in XIX century; *** species collected on both cases.

Tabela 1. Continuação...

Table 1. Continued...

Famílias/Espécies	Hábito	*Habitat*	Material testemunho
Chomelia obtusa Cham. & Schltdl.	av	bm	Machado et al. 161 *
Chomelia sp.	av	bm	Machado et al. 162 *
Coccocypselum lanceolatum (Ruiz & Pav.) Pers.	et	ca	Rezende & Elias 247 *
Faramea hyacinthina Mart.	ab	ca, aa	Rezende et al. 292 *
Galianthe valerianoides (Cham. & Schltdl.) E.L. Cabral	et	ca	Rezende & Elias 253 *
Galium megapotamicum Spreng.	et	ca	Regnell I 173d (S) **
Guettarda angelica Mart. ex Müll. Arg.	av	bm	Rezende & Elias 233 *
G. viburnoides Cham. & Schltdl.	av	ca, ma	Rezende et al. 317 *
Manettia cordifolia Mart.	et	ca, bm	Rezende et al. 300 *
M. luteo-rubra (Vell.) Benth.	li	aa	Souza et al. 650 *
Psychotria dusenii Standl.	av	ma	Valente et al. 502 *
P. leiocarpa Cham. & Schltdl.	ab	bm	Monteiro et al. 472 *
P. vellosiana Benth.	av	bm	Rezende et al. 311 *
Rudgea gardenioides (Cham.) Müll. Arg.	av	ma	Rezende et al. 97 *
R. jasminoides (Cham.) Müll. Arg.	ab	ma	Rezende et al. 335 ***
RUTACEAE – 1/1			
Zanthoxylum sp.	ab	ca	Rezende et al. 170 *
SALICACEAE – 2/4			
Casearia decandra Jacq.	ab	ca, bm	Rezende et al. 171 *
C. lasiophylla Eichler	av	bm	Rezende & Elias 242 *
C. obliqua Spreng.	av	ma	Machado et al. 116 *
Xylosma ciliatifolia (Clos) Eichler	av	ma	Torres 1897 (IAC) *
SANTALACEAE - Claudenir S. Caires (UB) – 1/1			
Phoradendron affine (Pohl ex DC.) Engler & Krause	ee	aa	Machado et al. 133 *
SAPINDACEAE - Joana Miloski (CESJ) – 4/4			
Cupania zanthoxyloides Cambess.	av	ma	Ramos & Conforti 231 (IAC) *
Matayba juglandifolia Radlk.	av	ca, bm	Elias et al. 46 *
Paullinia carpopodea Cambess.	ab	ca	Rezende et al. 163 ***
Serjania multiflora Cambess.	av	ma	Rezende et al. 357 *
SAPOTACEAE – 2/2			
Chrysophyllum marginatum (Hook. & Arn.) Radlk.	ab	ca, bm	Rezende et al. 332 *
Pouteria pachycalyx T.D.Penn	av	bm	Rezende et al. 58 *
SIPARUNACEAE – 1/1			
Siparuna guianensis Aubl.	av	ca	Machado et al. 106 ***
SOLANACEAE - Eveline Feliciano (CESJ), João Renato Stehmann (BHCB) – 3/13			
Capsicum cf. *baccatum* L.	er	ab	Machado et al. 110 *
C. flexuosum Sendtn.	ab	bm	Rezende et al. 100 *
Cestrum cf. *amictum* Schltdl.	et	bm	Rezende et al. 161 *
C. schlechtendahlii G. Don	ab	ma	Mosén 4305 (S) **
C. strigilatum Ruiz & Pav.	ab	ma	Mosén 664 (S) **
Solanum cf. *americanum* Mill.	ab	bm	Rezende et al. 185 ***
S. gnaphalocarpum Vell.	ab	ma	Rezende et al. 85 *
S. guaraniticum A.St.-Hil.	ab	ca	Rezende & Elias 222 *
S. palinacanthum Dunal	et	ca, aa	Rezende & Elias 230 *

Espécies destacadas em negrito são aquelas citadas na lista de espécies ameaçadas da flora de Minas Gerais (Biodiversitas 2007): ○ "Criticamente em Perigo" (CR), ■ "Em Perigo" (EN), ◊ "Vulnerável" (VU), □ "Quase Ameaçada" (NT), + "Deficiente de Dados" (DD), ● "Não Ameaçada" (LC). Hábito – et: erva terrícola, ee: erva epífita, es: erva saxícola, er: erva rupícola, av: árvore, ab: arbusto, li – liana. *Habitat* – ca: campo de altitude, ma: interior de mata, bm: borda de mata, aa: área antrópica. Material testemunho: está citado um exemplar para cada espécie. * espécies coletadas apenas no presente estudo ou coletadas recentemente e depositadas nos acervos dos herbários analisados; ** espécies coletadas apenas por Regnell ou colaboradores no século XIX; *** espécies coletadas em ambos os casos.

Species in bold are those cited in the list of threatened species of Minas Gerais flora (Biodiversitas 2007): ○ "Critically endangered" (CR), ■ "Endangered" (EN), ◊ "Vulnerable" (VU), □ "Near Threatened" (NT), + "Data Defficient" (DD), ● "Least Concern" (LC). Hábito – et: terrestrial herb, ee: epiphyte herb, es: saxicolous herb, er: rupicolous herb, av: tree, ab: shrub, li – liana. *Habitat* – ca: *campo de altitude*, ma: forest interior, bm: forest edge, aa: anthropic area. Material testemunho: one specimen is cited for each species. * species collected only on the present study or recently collected and deposited in the analyzed herbaria; ** species collected only by Regnell or collaborators in XIX century; *** species collected on both cases.

Tabela 1. Continuação...

Table 1. Continued...

Famílias/Espécies	Hábito	*Habitat*	Material testemunho
S. paniculatum L.	ab	ca	Rezende et al. 327 *
S. pseudoquina A.St-Hil.	et	ab	Machado et al. 112 *
S. sciadostylis (Sendtn.) Bohs	av	bm	Rezende et al. 131 *
INDET.	av	ca	Elias et al. 20 *
STYRACACEAE – 1/2			
Styrax leprosus Hook. & Arn.	ab	ma	Monteiro et al. 484 ***
S. pohlii A. DC.	av	bm	Rezende et al. 51 *
SYMPLOCACEAE – 1/1			
***Symplocos platyphylla* (Pohl) Benth. +**	av		Regnell I 47 (S) **
TALINACEAE – 1/1			
Talinum patens (L.) Willd	et	aa	Machado et al. 170 *
THYMELAEACEAE – 2/2			
Daphnopsis brasiliensis Mart.	ab	ab	Machado et al. 98 *
D. fasciculata (Meisn.) Nevling	av	ca, bm, ma	Rezende et al. 165 *
URTICACEAE – 1/2			
Urera baccifera (L.) Gaudich. ex Wedd.	av	bm	Rezende et al. 108 *
INDET.	av	bm	Rezende et al. 53 *
VERBENACEAE - Fátima R. G. Salimena (CESJ) – 3/6			
Lantana camara L.	ab	ca	Rezende & Elias 254 *
L. fucata Lindl.	ab	ma, aa	Rezende & Elias 225 *
L. lilacina Desf.	ab	ca, aa	Souza et al. 648 *
Petrea sp.	ab		Rezende 224 *
Verbena alata Moldenke	et	ca	Regnell 326 (NY) **
Verbena sp.1	et	aa	Machado et al. 154 *
VITACEAE – 1/1			
Cissus striata Ruiz & Pav.	li	bm	Regnell III 365 (S) **
VOCHYSIACEAE – 2/3			
Qualea jundiahy Warm.	av	ca	Machado et al. 115 *
Vochysia magnifica Warm.	av	ma	Regnell III 531 (S) **
V. tucanorum Mart.	av	bm	Valente et al. 558 *
XYRIDACEAE – 1/3			
Xyris capensis L.A.Nilsson	et	ca	Regnell 1275 (MO) **
X. hymenachne Mart.	et	ca	Regnell 1273 (MO) **
Xyris sp.	et, es	ca	Rezende et al. 113 *

Espécies destacadas em negrito são aquelas citadas na lista de espécies ameaçadas da flora de Minas Gerais (Biodiversitas 2007): ○ "Criticamente em Perigo" (CR), ■ "Em Perigo" (EN), ◊ "Vulnerável" (VU), □ "Quase Ameaçada" (NT), + "Deficiente de Dados" (DD), ● "Não Ameaçada" (LC). Hábito – et: erva terrícola, ee: erva epífita, es: erva saxícola, er: erva rupícola, av: árvore, ab: arbusto, li – liana. *Habitat* – ca: campo de altitude, ma: interior de mata, bm: borda de mata, aa: área antrópica. Material testemunho: está citado um exemplar para cada espécie. * espécies coletadas apenas no presente estudo ou coletadas recentemente e depositadas nos acervos dos herbários analisados; ** espécies coletadas apenas por Regnell ou colaboradores no século XIX; *** espécies coletadas em ambos os casos.

Species in bold are those cited in the list of threatened species of Minas Gerais flora (Biodiversitas 2007): ○ "Critically endangered" (CR), ■ "Endangered" (EN), ◊ "Vulnerable" (VU), □ "Near Threatened" (NT), + "Data Defficient" (DD), ● "Least Concern" (LC). Hábito – et: terrestrial herb, ee: epiphyte herb, es: saxicolous herb, er: rupicolous herb, av: tree, ab: shrub, li – liana. *Habitat* – ca: *campo de altitude*, ma: forest interior, bm: forest edge, aa: anthropic area. Material testemunho: one specimen is cited for each species. * species collected only on the present study or recently collected and deposited in the analyzed herbaria; ** species collected only by Regnell or collaborators in XIX century; *** species collected on both cases.

Em termos de *habitat*, pode ser observado que a maioria das espécies ocorre nas áreas de campo de altitude (ca. 46%).

As áreas campestres são caracterizadas pela predominância das famílias Poaceae, Cyperaceae, Orchidaceae, Bromeliaceae, Asteraceae, Fabaceae e Rubiaceae, com destaque para as espécies *Anthurium minarum* (Araceae), *Siphocampylus macropodus*, *S. westinianus* (Campanulaceae), *Doryopteris* spp. (Pteridaceae), além de *Aechmea distichantha*, *Vriesea sceptrum* (Bromeliaceae), *Epidendrum secundum*, *Bulbophyllum exaltatum* (Orchidaceae) e *Peperomia oreophila* (Piperaceae) nos afloramentos rochosos. No ambiente campestre deve ser mencionada ainda a presença de *Melinis minutiflora* P. Beauv. (Poaceae), invasora de origem africana.

Nas fisionomias florestais destaca-se a ocorrência das famílias Orchidaceae, Bromeliaceae, Aspleniaceae, Polypodiaceae, Piperaceae, Myrtaceae, Euphorbiaceae, Salicaceae, Fabaceae e Rubiaceae, com destaque para as espécies arborescentes *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae), *Dicksonia sellowiana* (Dicksoniaceae), *Alchornea triplinervia*, *Sapium glandulosum* (Euphorbiaceae), *Pimenta pseudocaryophyllus* (Myrtaceae) e *Rudgea gardenioides* (Rubiaceae), além das herbáceas *Billbergia distachia*,

Tabela 2. Listagem das áreas utilizadas na análise de similaridade.

Table 2. List of areas used in the similarity analysis.

Sigla	Localidade	N	Coordenadas	Altitude (m)	Referência
SPB	Serra da Pedra Branca – MG	366	21º55'S-46º22'W	1160-1780	presente estudo
SSJ	Serra de São José – MG	817	21º03'S-44º06'W	900-1430	Alves & Kolbek (2009)
PNSC	Parque Nacional da Serra da Canastra – MG	704	20º30'S-46º15'W	800-1400	*Specieslink* (CRIA)
SC	Serra do Cipó – MG	1421	19º15'S-43º35'W	800-1300	Giulietti et al. (1987)
PESB	Parque Estadual da Serra do Brigadeiro – MG	515	20º40'S-42º26'W	1200-1980	Leoni & Tinte (2004)
PEI	Parque Estadual de Ibitipoca – MG	1008	21º40'S-43º52'W	1000-1784	Forzza et al. (dados não publicados)
SN	Serra Negra – MG	912	21º58'S-43º53'W	900-1670	Salimena et al. (2013)
PNC	Parque Nacional do Caparaó – MG/ES	414	20º20'S-41º45'W	1300-2890	*Specieslink* (CRIA)
PNI	Parque Nacional de Itatiaia – RJ/MG	1804	22º30'S-44º35'W	650-2780	*Specieslink* (CRIA)
NC	Núcleo Curucutu (Parque Estadual da Serra do Mar) – SP	390	23º59'S-46º44'W	750-850	Garcia & Pirani (2005)

N – Número de espécies de angiospermas utilizadas na análise de similaridade florística. Specieslink: http://www.splink.org.br/. N – Number of angiosperm species used in the floristic similarity analysis. Specieslink: http://splink.org.br/.

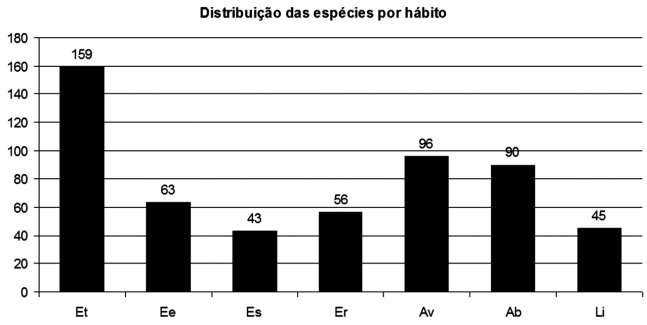


Figura 3. Distribuição das espécies por hábito. Et: erva terrícola; Ee: erva epífita; Es: Erva saxícola, Er: Erva rupícola; Av: árvore; Ab: arbusto; Li: liana.

Figure 3. Distribution of species by habit. Et: terricolous herb; Ee: epiphytic herb; Es: saxicolous herb, Er: rupicolous herb; Av: tree; Ab: shrub; Li: vine.

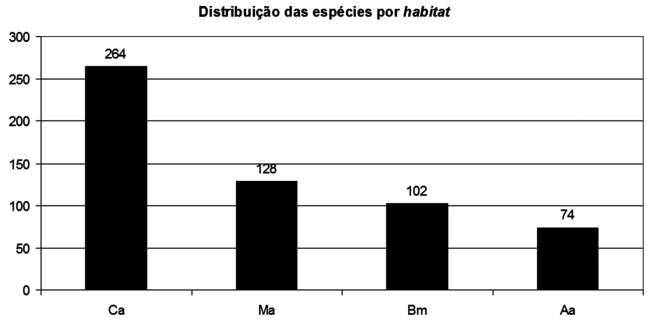


Figura 4. Distribuição das espécies por *habitat.* Ca: campo de altitude; Ma: interior de mata; Bm: borda de mata; AA: área antropizada.

Figure 4. Distribution of species by *habitat.* Ca: "campo de altitude"; Ma: interior of forest; Bm: border of forest; AA: anthropic area.

Vriesea sceptrum (Bromeliaceae), *Rhipsalis* spp. (Cactaceae), *Sinningia douglasii* (Gesneriaceae), *Hymenophyllum polyanthos* (Hymenophyllaceae), *Pleurothallis rubens* (Orchidaceae), *Peperomia* spp. (Piperaceae), *Microgramma squamulosa* e *Pleopeltis* spp. (Polypodiaceae).

As samambaias estão representadas por 59 espécies distribuídas em 27 gêneros e 13 famílias. As três famílias mais representativas foram Polypodiaceae (20 spp.), Dryopteridaceae (10 spp.) e Aspleniaceae (8 spp.), englobando ca. 65% das espécies de samambaias registradas na área. Os gêneros mais ricos foram *Asplenium* (oito spp.), *Elaphoglossum* (sete spp.), *Pecluma* e *Doryopteris* (cinco spp. cada um).

Apenas uma espécie de gimnosperma foi registrada, *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae), nos fragmentos de Floresta Ombrófila Mista.

As angiospermas constituem o grupo de maior representatividade, com 442 espécies pertencentes a 246 gêneros e 86 famílias. As famílias mais ricas foram Orchidaceae (56 spp.), Asteraceae (27 spp.), Fabaceae (26 spp.), Piperaceae (19 spp.), Rubiaceae (17 spp.), Apocynaceae e Bromeliaceae (15 spp. cada uma), Melastomataceae (14 spp.), Solanaceae (13 spp.) e Lamiaceae, Myrtaceae e Poaceae (12 spp. cada uma). Assim, apenas 12 famílias perfazem aproximadamente 53,8% do total de espécies de angiospermas registradas. Os gêneros mais representativos foram *Piper* (10 spp.), *Peperomia* e *Tibouchina* (nove spp. cada), *Mimosa* (oito spp.), *Solanum* (sete spp.), *Pleurothallis s.l.* e *Tillandsia* (seis spp. cada), *Cyclopogon*, *Epidendrum*, *Habenaria*, *Passiflora*, *Sinningia* (cinco spp. cada um).

Os seguintes táxons não haviam sido registrados para o estado de Minas Gerais, segundo a Lista da Flora do Brasil (Forzza et al. 2012), tendo o conhecimento de sua distribuição geográfica ampliado com a realização do presente estudo: *Celtis spinosa* Spreng. (Cannabaceae), *Croton eichleri* Müll. Arg. (Euphorbiaceae), *Bunchosia pallescens* Skottsb., *Heteropterys syringifolia* Griseb. (Malpighiaceae) e *Myrsine loefgrenii* (Mez) Otegui (Primulaceae).

Segundo a mesma obra, as seguintes espécies são endêmicas do estado de Minas Gerais (as espécies provavelmente restritas à região estudada estão destacadas com *): **Campyloneurum vulpinum* (Lindm.) Ching (Polypodiaceae), **Pseudibatia suberosa* Malme (Apocynaceae), **Eupatoriopsis hoffmanniana* Hieron., *Hieracium warmingii* Baker (Asteraceae), *Pitcairnia caldasiana* Baker (Bromeliaceae), **Dioscorea caldasensis* R.Knuth (Dioscoreaceae), **Eriocaulon regnellii* Moldenke (Eriocaulaceae), *Dalechampia regnellii* Müll. Arg. (Euphorbiaceae), *Microlepis mosenii* Cogn. (Melastomataceae), **Prosthechea regnelliana* (Hoehne & Schltr.) W.E.Higgins (Orchidaceae), *Phyllanthus dictyospermus* Müll. Arg. (Phyllanthaceae), *Eragrostis apiculata* Döll (Poaceae).

Dentre as plantas vasculares registradas na SPB, 13 são citadas na lista de espécies ameaçadas de Minas Gerais (Biodiversitas 2007), pertencentes a 10 famílias, nas categorias "Criticamente em Perigo" (CR) (uma sp.); "Em Perigo" (EN) (uma sp.), "Vulnerável" (VU) (cinco spp.), "Quase Ameaçada" (NT) (uma sp.), além de cinco espécies na categoria de "Deficiente de Dados" (DD) em que as

informações disponíveis não são suficientes para uma caracterização mais precisa, embora provavelmente estejam ameaçadas. Ainda, três outras espécies são citadas como "Não Ameaçadas" (LC), pois tiveram seu *status* revisado em relação à lista apresentada por Mendonça & Lins (2000) (Tabela 1). Apenas *Alstroemeria variegata* M.C.Assis está citada na lista de espécies ameaçadas do Brasil como Deficiente de Dados (Brasil 2008).

O levantamento nos acervos dos herbários supracitados resultou em 127 espécies coletadas por Regnell e colaboradores na SPB. Apenas 29 espécies foram recoletadas no presente estudo ou em coletas recentes depositadas nas coleções dos herbários analisados. Assim, dentre as espécies citadas na Tabela 2, 375 foram adicionadas àquelas já coletadas na região, sendo mais de 90% proveniente de coletas realizadas especificamente para o presente estudo.

A análise de similaridade resultou no dendrograma apresentado na Figura 5 em que, de modo geral, podem ser observados dois grupos principais. O primeiro formado (A) pelas áreas de campo rupestre no Domínio do Cerrado: Serra de São José (SSJ), Serra do Cipó (SC) e Parque Nacional da Serra da Canastra (PNSC). O segundo (B) com áreas de campo rupestre (Parque Estadual de Ibitipoca (PEI) e Serra Negra (SN)) e campos de altitude (Parque Nacional do Itatiaia (PNI), Parque Nacional do Caparaó (PNC), Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (PESB)) localizados na Serra da Mantiqueira, no Domínio Atlântico e separado neste ramo o Núcleo Curucutu (NC), em São Paulo. A SPB (*) ficou em um ramo isolado, com baixa similaridade em relação aos dois grandes grupos formados (ca. 0,05). O coeficiente de correlação cofenético foi de 0,8597, mostrando que o método de agrupamento aplicado causou distorção reduzida entre a matriz e o dendrograma obtido.

Discussão

1. Flora

A maior predominância das espécies de hábito herbáceo e arbustivo, ocorrendo no campo de altitude, em detrimento das espécies arbóreas (seja em ambiente campestre ou nas fisionomias florestais), segue o padrão típico observado em ambientes montanos similares, nos quais a vegetação é formada por mosaico constituído por arbustos e pequenas árvores, muitas vezes atrofiadas, situados em uma matriz com várias espécies de Poaceae, Cyperaceae, Orchidaceae, Bromeliaceae, Xyridaceae e samambaias (Safford 1999a).

A composição florística é discutida a seguir para os grupos de samambaias e angiospermas, abordando as famílias de maior destaque nas fisionomias campestres e florestais da Serra da Pedra Branca.

A Floresta Atlântica é considerada um dos grandes centros de diversidade e endemismos de samambaias da região Neotropical, sendo as regiões montanhosas uma das áreas mais ricas (Tryon 1972). Segundo Moran (1995) as montanhas influenciam na distribuição e diversidade das samambaias impedindo a migração e promovendo assim elevada riqueza e endemismo. Na SPB, três famílias se destacaram em relação à riqueza: Polypodiaceae, Dryopteridaceae e Aspleniaceae. Segundo Smith et al. (2006) e Haufler (2007), Polypodiaceae, a mais rica dentre as samambaias da Serra da Pedra Branca, é considerada uma das famílias mais representativas deste grupo, se refletindo também nos campos de altitude (Safford 1999a, Ribeiro et al. 2007). Esse padrão também foi observado em campos rupestres e florestas montanas em estudos realizados por Figueiredo

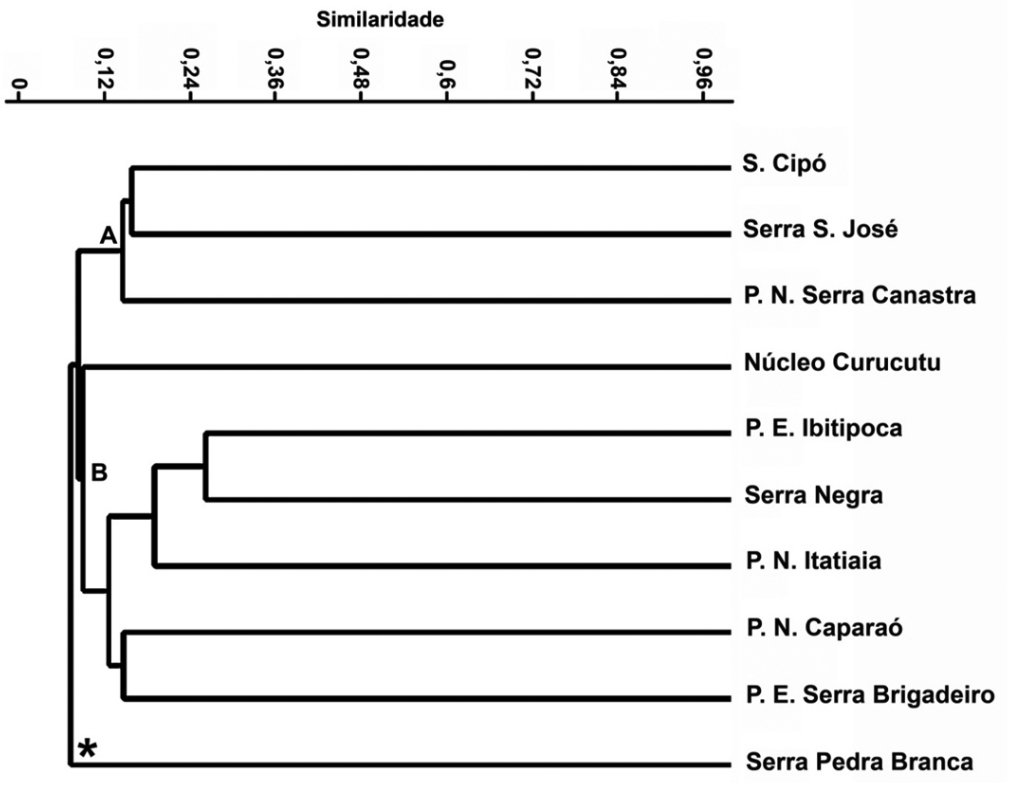


Figura 5. Dendrograma resultante da análise de similaridade, empregando o coeficiente de Jaccard, entre 10 áreas com predominância de vegetação campestre na Região Sudeste do Brasil. Coeficiente de correlação cofenética 0,8597. * ramo da Serra da Pedra Branca.

Figure 5. Dendrogram resulting from similarity analysis, using Jaccard coefficient, between 10 areas with predominance of field vegetation in Southeastern Region of Brasil. Cophenetic coefficient 0.8597. * Serra da Pedra Branca branch.

& Salino (2005) na região metropolitana de Belo Horizonte, por Melo & Salino (2007) em fragmentos florestais da APA Fernão Dias no Sul de Minas Gerais e por Souza et al. (2012) na Serra Negra e Salino et al. (dados não publicados) no Parque Estadual de Ibitipoca, ambos na Zona da Mata do estado de Minas Gerais.

As famílias mais ricas de angiospermas na área estudada são frequentemente citadas entre as mais representativas em áreas predominantemente campestres em Minas Gerais, seja em campos de altitude ou campos rupestres, embora em ordem variada (Giulietti et al. 1987, Pirani et al. 2003, Leoni & Tinte 2004, Alves & Kolbek 2009, Salimena et al. 2013, Forzza et al. dados não publicados).

As três principais famílias em número de espécies na SPB (Orchidaceae, Asteraceae e Fabaceae) são também as mais ricas de forma global (Judd et al. 2009), na flora do Brasil (Forzza et al. 2010), e, em menor escala, no Domínio Atlântico (Stehmann et al. 2009) embora em ordem diversa nas três escalas.

Especificamente para o Domínio Atlântico, Orchidaceae é a família mais rica, figurando frequentemente como a mais representativa em estudos realizados em área com predominância de campo de altitude ou campo rupestre, como no PESB (Leoni & Tinte 2004, Caiafa & Silva 2005), PEI (Menini Neto et al. 2007) e Serra Negra (Abreu et al. 2011).

Asteraceae e Rubiaceae estão entre as famílias com maior riqueza em inventários florísticos de campos rupestres como apresentado no levantamento florístico realizado por Alves & Kolbek (2009). Ribeiro et al. (2007) destacam que essas duas famílias estão entre as mais dominantes nos campos de altitude do PNI, padrão este encontrado nas áreas campestres em geral. De acordo com Gentry (1995), a família Rubiaceae torna-se mais rica em altitudes entre 1500 a 2000m, sendo considerada a segunda família com maior riqueza nessa classe altitudinal. Nas florestas brasileiras, presentes em elevadas altitudes, esse padrão florístico também é observado, sendo considerada uma das mais representativas (Oliveira-Filho & Fontes 2000, Pereira et al. 2006).

Fabaceae também foi significativa na área de estudo, assim como apresentado por Mourão & Stehmann (2007) e Viana & Lombardi (2007), para os campos rupestres sobre canga na região do Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais e por Alves & Kolbek (2009), embora, por outro lado, para uma área de campo de altitude essa representatividade não tenha sido encontrada por Caiafa & Silva (2005). Ainda, a presença de poucas espécies de Fabaceae nas fisionomias florestais da SPB, acima de 1500m de altitude, reflete o padrão de riqueza conhecido para a família no qual, em altitudes elevadas, ocorre um decréscimo de sua riqueza (Gentry 1995, Oliveira-Filho & Fontes 2000, França & Stehmann 2004).

Piperaceae foi objeto de estudo no município de Caldas por Salomon Henschen, que descreveu diversas novas espécies durante o século XIX (Henschen 1873). Representa a quarta família mais rica e seus gêneros, *Piper* e *Peperomia*, são os dois mais representativos na SPB. No Brasil, Piperaceae apresenta grande concentração de espécies na Floresta Atlântica, distribuída principalmente nestes dois gêneros (Yuncker 1972, 1973, 1974), justificando a representatividade de ambos na SPB. De modo semelhante, a família também se mostrou representativa na composição das floras do Parque Nacional do Itatiaia (Monteiro & Guimarães 2008, 2009), da Serra de São José (Alves & Kolbek 2009) e da Serra Negra (Salimena et al. 2013).

Peperomia também foi um dos gêneros mais representativos tanto na Serra Negra (Salimena et al. 2013), quanto no Parque Estadual de Ibitipoca (Forzza et al., dados não publicados). O gênero também figura como o mais rico entre as espécies epifíticas da SPB, corroborando o estudo realizado por Menini Neto et al. (2009) e tal riqueza deve-se nas três áreas supracitadas (SPB, SN e PEI) aos fragmentos de florestas montanas entremeados às áreas campestres, fornecendo ambiente propício ao seu estabelecimento. O hábito epifítico de muitas espécies de Piperaceae também auxilia na melhor adaptação a diferentes ambientes (Smith et al. 2008).

Outra família com representatividade destacada, tanto em número de espécies quanto em número de indivíduos na SPB foi Bromeliaceae, embora em Minas Gerais ocorra nítida diminuição da diversidade no sentido leste para oeste do estado, com a maior concentração de riqueza no sul da Cadeia do Espinhaço e no sudeste do estado (Versieux & Wendt 2007). Leoni & Tinte (2004), Salimena et al. (2013) e Forzza et al. (dados não publicados) também destacam a importância da família Bromeliaceae na composição florística de áreas predominantemente campestres na Serra da Mantiqueira.

Bromeliaceae foi a única família estudada em detalhe até o momento na SPB e Machado & Menini Neto (2010) apontaram que algumas espécies formam extensas populações nas altitudes mais elevadas da área, acima de 1700m: *Aechmea distichantha* Lem., *Vriesea sceptrum* Mez e *Wittrockia cyathiformis* (Vell.) Leme. A alta disponibilidade de umidade favorecida pelas matas nebulares, bem representadas nessa classe altitudinal na área de estudo, pode ter favorecido a adaptação dessas espécies em elevadas altitudes (Webster 1995). *Tillandsia* foi um dos gêneros mais ricos e o segundo mais representativo entre as espécies epifíticas da SPB. A elevada riqueza deste gênero foi destacada por Versieux & Wendt (2007) em estudo realizado sobre a diversidade de Bromeliaceae para o estado de Minas Gerais, por Martinelli et al. (2008) no Domínio Atlântico no Brasil e por Menini Neto et al. (2009) em diversos fragmentos florestais no Sudeste de Minas Gerais.

2. *Relações florísticas*

A análise de similaridade realizada neste estudo demonstra a peculiaridade da composição da flora da Serra da Pedra Branca, embora fisionomicamente sua vegetação predominantemente campestre guarde semelhanças com as demais áreas usadas na comparação. Esta singularidade da flora reforça ainda a importância dada por Drummond et al. (2005) que indicaram a necessidade de inventários florísticos na região reconhecendo-a como potencialmente importante para a conservação da flora de Minas Gerais, fato confirmado com os resultados ora apresentados.

Aparentemente há reduzida influência do domínio fitogeográfico ou altitude, nas relações florísticas entre a SPB e as demais áreas utilizadas na análise de similaridade, devido ao completo isolamento da área estudada em relação às demais. Possivelmente, esta relação observada é devida, pelo menos em parte, às respectivas bacias hidrográficas em que as áreas se encontram, que podem atuar como barreiras geográficas à dispersão das espécies, aumentando a heterogeneidade entre essas áreas campestres.

A SPB faz parte da Bacia do Rio Paraná (Instituto... 2000), enquanto as demais áreas do Domínio Atlântico usadas na comparação estão incluídas na Bacia do Atlântico Leste (com exceção do Núcleo Curucutu, que faz parte da Bacia do Atlântico Sudeste). As três áreas pertencentes ao Domínio do Cerrado (P.N. da Serra da Canastra, Serra do Cipó e Serra de São José) fazem parte de bacias distintas, estando predominantemente localizadas na Bacia do Rio São Francisco embora, PNSC e SSJ, estejam em uma região de transição com a Bacia do Rio Paraná e a SC, esteja na transição com a Bacia do Atlântico Leste.

Em uma escala mais ampla, a análise comparativa da flora de diversas áreas de altitude das Américas do Sul e Central feita por Safford (1999a, b, 2007) mostra maior relação de gêneros e espécies entre campos de altitude e áreas andinas do que com áreas próximas geograficamente no leste e região central do Brasil, como aquelas

de cerrado e restinga (Safford 2007). Variações climáticas ocorridas no final do Terciário e Quaternário permitiram que diversas espécies temperadas e tropicais andinas migrassem em direção aos campos de altitude e, atualmente, análises amplas dos dados climáticos evidenciam elevadas congruências entre essas áreas e os Andes (Safford 1999a, b). As floras atuais dos Andes e campos de altitude apresentam elevada afinidade biogeográfica e podem ser consideradas oriundas de uma mistura formada principalmente por elementos fitogeográficos tropicais, temperados e cosmopolitas (Safford 2007).

Os gêneros listados por Safford (1999a, 2007) para os Andes, e compartilhados com a Serra da Pedra Branca, são os seguintes: *Andropogon, Begonia, Bulbostylis, Cassia, Cissus, Cleome, Croton, Cyperus, Doryopteris, Elaphoglossum, Eriocaulon, Eugenia, Genlisea, Habenaria, Hymenophyllum, Hyptis, Lantana, Maytenus, Mikania, Mimosa, Ocotea, Paspalum, Peperomia, Phyllanthus, Phytolacca, Pleopeltis, Polystachya, Rapanea, Rhipsalis, Setaria, Symplocos, Vitex, Xyris* (Tropical, amplamente distribuídos); *Araucaria, Dicksonia, Fuchsia, Rumohra, Sisyrinchium* (Austral-Antártico, temperado do Hemisfério Sul); *Carex, Eriocaulon, Hieracium, Juncus, Prunus, Rubus, Senecio, Thelypteris* (Cosmopolita); *Anagallis, Asplenium, Bidens, Blechnum, Borreria, Botrychium, Cerastium, Dioscorea, Eragrostis, Eryngium, Galium, Huperzia, Hydrocotyle, Oxalis, Panicum, Polygala, Polypodium, Polystichum, Solanum, Utricularia* (Temperado, amplamente distribuídos).

Pelo menos 11% das espécies vasculares analisadas no estudo realizado por Safford (2007) são compartilhadas entre os campos de altitude e os Andes, sendo o número de criptógamas compartilhadas bastante elevado, evidenciando uma forte conexão florística entre essas áreas. Dentre as espécies utilizadas nessas análises, são compartilhadas com a Serra da Pedra Branca: as samambaias *Asplenium auritum*, *Dicksonia sellowiana*, *Elaphoglossum gayanum*, *Hymenophyllum polyanthos* e *Rumohra adiantiformis* e as angiospermas *Cissus striata* e *Peperomia galioides*.

Áreas antes contínuas e climaticamente similares, como os Andes e os campos de altitude, foram separadas em distância e altitude ao longo dos períodos geológicos (Safford 1999a), porém, a análise de diversos aspectos climáticos mostra que os campos de altitude podem ser considerados uma variação dos páramos tropicais andinos com uma grande sazonalidade (Safford 1999b), além de serem consideradas ilhas de clima temperado acima da Floresta Tropical Atlântica (Safford 2007).

3. Conservação

Diversos autores vêm ressaltando a riqueza, endemismos e fragilidades dos ambientes campestres ou rochosos de altitude evidenciando assim, a necessidade de priorizar a proteção e conservação desses ambientes (Meirelles et al. 1999, Safford 1999a, Giulietti et al. 2000, Porembski 2007, Ribeiro et al. 2007, Viana & Lombardi 2007, Martinelli 2007). Fica patente a importância de proteção da SPB que é a localidade-típica de várias espécies, em sua maioria coletada por Regnell no século XIX, sendo muitas delas endêmicas da região ou raramente coletadas em outras localidades. *Octomeria leptophylla* Barb. Rodr. (Orchidaceae) é um exemplo cuja localidade-típica é a SPB, tendo sido considerada extinta por Biodiversitas (2007) e recentemente redescoberta (Menini Neto & Docha Neto 2009), embora não na SPB, mas em duas serras de municípios próximos, Andradas e Poços de Caldas, não tendo sido observada na área durante o presente estudo.

A presença de espécies ameaçadas de extinção e endêmicas associada à singularidade biótica da área e ao elevado ritmo de destruição ao qual o ambiente foi e está sendo submetido devido à intensa visitação e elevada atividade minerária que ocorre na Serra da Pedra Branca evidencia a urgente e necessária conservação de seus afloramentos rochosos. O fato de apenas 29 das espécies anteriormente registradas por Regnell terem sido recoletadas e 375 outras serem registradas pela primeira vez reforça a relevância deste argumento e a importância do presente estudo que confirma o potencial da região sugerido por Drummond et al. (2005). O incentivo à pesquisa é essencial, devido ao incipiente conhecimento científico da região. Para conservar a biota local é necessário maior comprometimento das autoridades e maior fiscalização dos órgãos ambientais, uma vez que a região está inserida em uma Área de Proteção Ambiental que por definição é uma categoria de unidade de conservação com ocupação permitida, não apresentando assim, elevado poder de conservação (Menini Neto & Docha Neto 2009).

Agradecimentos

Agradecemos a CAPES e FAPEMIG pelas bolsas concedidas aos dois primeiros autores, ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal de Juiz de Fora. Aos especialistas das famílias e a todos que auxiliaram nas identificações das espécies. Ao Márcio Malafaia Filho pela confecção do mapa apresentado na Figura 2, à Transportadora Menezes de Poços de Caldas pelo apoio logístico e ao botânico Filipe Soares de Souza pelo auxílio em diversas etapas do trabalho. Ao Tiago Henrique Ramos pela revisão do abstract.

Referências Bibliográficas

ABREU, N.L., MENINI NETO, L. & KONNO, T.U.P. 2011. Orchidaceae das Serras Negra e do Funil, Rio Preto, Minas Gerais, e similaridade florística entre formações campestres e florestais do Brasil. Acta. Bot. Bras. 25(1):58-70.

ALVES, R.J.V. & KOLBEK, J. 2009. Summit vascular flora of Serra de São José, Minas Gerais, Brasil. Check List 5(1):35-73.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. 2005. http://hidroweb.ana.gov.br (último acesso em 04/03/2009).

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP III - APG III. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. Bot. J. Linn. Soc. 161:105-121.

BENITES, V.M., CAIAFA, A.N., MENDONÇA, E.S, SCHAEFER, C.E. & KER, J.C. 2003. Solos e vegetação nos complexos rupestres de altitude da Mantiqueira e Espinhaço. Floresta e Ambiente 10(1):76-85.

BIODIVERSITAS. 2007. Revisão das listas das espécies da flora e da fauna ameaçadas de extinção do estado de Minas Gerais. Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte, p.1-69. (Relatório final, v.2).

BRADE, A.C. 1956. A flora do Parque Nacional do Itatiaia. Boletim do Parque Nacional do Itatiaia 5:1-114.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. 2000. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos. MMA/SBF, Brasília, 40p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. 2008. Lista Nacional das Espécies da Flora Brasileira Ameaçada de Extinção. http://www.mma.gov.br/estruturas/179/_arquivos/179_05122008033615.pdf (último acesso em 11/01/2010).

BRUMMITT, R.K. & POWELL, C.E. 1992. Authors of plants names. Kew, Royal Botanic Gardens, p.1-732.

CAIAFA, A.N. & SILVA, A.F. 2007. Structural analysis of the vegetation on a highland granitic rock outcrop in Southeast Brazil. Rev. Bras. Bot. 30(4):657-664.

CAIAFA, A.N. & SILVA, A.F. 2005. Composição florística e espectro biológico de um campo de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais-Brasil. Rodriguésia 56(87):163-173.

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.

CONFORTI, T.B., RAMOS, E., ADAMI, S.F., ROSAS, P.F.C., BATISTA FILHO, J.J., CAPONI. H.L. & PARDALIS, A.A. 2007. Zoneamento da APA "Santuário Ecológico da Pedra Branca" Unidade de Conservação Municipal, Caldas, 116p.

DEAN, W. 1996. A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira. Companhia das Letras, São Paulo, 484p.

DRUMMOND, G.M., MARTINS, C.S., MACHADO, A.B.M., SEBAIO, F.A. & ANTONINI, Y. 2005. Biodiversidade em Minas Gerais, um atlas para sua conservação. 2. ed. Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte, 222p.

FERRI, M.G. 1980. Vegetação Brasileira. Universidade de São Paulo, São Paulo, 157p.

FIGUEIREDO, J.B. & SALINO, A. 2005. Samambaias de quatro Reservas Particulares do Patrimônio Natural ao sul da região metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. Lundiana 6(2):83-94.

FORZZA, R.C., BAUMGRATZ, J.F.A., BICUDO, C.E.M., CANHOS, D.A.L., CARVALHO JUNIOR, A.A., COSTA. A., COSTA, D.P., HOPKINS, M., LEITMAN, P.M., LOHMANN, L.G., LUGHADHA, E.N., MAIA, L.C., MARTINELLI, G., MENEZES, M., MORIM, M.P., COELHO, M.A.N., PEIXOTO, A.L., PIRANI, J.R., PRADO, J., QUEIROZ, L.P., SOUZA, S., SOUZA, V.C., STEHMANN, J.R., SYLVESTRE, L.S., WALTER, B.M.T. & ZAPPI, D. 2010. Introdução. In Catálogo de plantas e fungos do Brasil (R.C. Forzza, J.F.A. Baumgratz, C.E.M. Bicudo Junior, A.A. Carvalho, A. Costa, D.P. Costa, M. Hopkins, P.M. Leitman, L.G. Lohmann, L.C. Maia, G. Martinelli, M. Menezes, M.P. Morim, M.A.N. Coelho, A.L. Peixoto, J.R. Pirani, J. Prado, L.P. Queiroz, V.C. Souza, J.R. Stehmann, L.S. Sylvestre, B.M.T. Walter & D. Zappi, eds.). Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, v.1, p.19-42.

FORZZA, R.C., STEHMANN, J.R., COELHO, M.A.N., FILARDI, F.L.R., COSTA. A., CARVALHO JUNIOR, A.A., PEIXOTO, A.L., WALTER, B.M.T., BICUDO, C.E.M., MOURA, C.W.N., ZAPPI, D., COSTA, D.P., LLERAS, E., MARTINELLI, G., LIMA, H.C., PRADO, J., BAUMGRATZ, J.F.A., PIRANI, J.R., SYLVESTRE, L.S., MAIA, L.C., LOHMANN, L.G., QUEIROZ, L.P., ALVES, M.V.S., SILVEIRA, M., MAMEDE, M.C.H., BASTOS, M.N.C., MORIM, M.P., BARBOSA, M.R., MENEZES, M., HOPKINS, M., EVANGELISTA, P.H.L., GOLDENBERG, R., SECCO, R., RODRIGUES, R.S., CAVALCANTI, T. & SOUZA, V.C. 2012. Lista de Espécies da Flora do Brasil. http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012 (último acesso em 24/06/2012).

FRANÇA, G.S. & STEHMANN, J.R. 2004. Composição florística e estrutura do componente arbóreo de uma floresta altimontana no município de Camanducaia, Minas Gerais, Brasil. Rev. Bras. Bot. 27(1):19-30.

GARCIA, R.J.F. & PIRANI, J.R. 2005. Análise florística, ecológica e fitoecológica do Núcleo Curucutu, Parque Estadual da Serra do Mar (São Paulo, SP), com ênfase nos campos junto à crista da Serra do Mar. Hoehnea 32(1):1-48.

GATTO, L.C.S., RAMOS, V.L.S., NUNES, B.T.A., MAMEDE, L., GÓES, M.H.B, MAURO, C.A., ALVARENGA, S.M., FRANCO, E.M.S., QUIRICO, A.F. & NEVES, L.B. 1983. Geomorfologia. In Projeto RADAMBRASIL - Levantamento dos Recursos Naturais - Folhas Sf. 23/24 Rio de Janeiro/Vitória (Brasil. Ministério das Minas e Energia, ed.). MME/SG/Projeto RADAMBRASIL, Rio de Janeiro, v.32, p.305-384.

GENTRY, A.H. 1995. Patterns of diversity and floristic composition in neotropical montane forests. In Biodiversity and conservation of Neotropical montane forest (S.P. Churchill, H. Balslev, E. Forero & J.L. Luteyn, eds.). New York Botanical Garden, New York, p.103-126.

GIULIETTI, A.M., MENEZES, N.L., PIRANI, J.R., MEGURO, M. & WANDERLEY, M.G.L. 1987. Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: caracterização e lista das espécies. Bol. Bot. Univ. São Paulo 9:1-151.

GIULIETTI, A.M., HARLEY, R.M., QUEIROZ, L.P., WANDERLEY, M.G.L. & PIRANI, J.R. 2000. Caracterização e endemismos nos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço. In Tópicos atuais em botânica (T.B. Cavalcanti & B.M.T. Walter, eds.). Embrapa Recursos Genéticos, Brasília, p.311-318.

HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T. & RYAN, P.D. 2001. PAST: paleontological Statistics software package for education and data analysis. Paleontol. Elec. 4(1):1-9.

HAUFLER, C.H. 2007. Genetics, phylogenetics, and biogeography: Considering how shifting paradigms and continents influence fern diversity. Brittonia 59(2):108-114.

HENSCHEN, S. 1873. Études sur le genre *Peperomia*, comprenant les espéces de Caldas, Brésil. Nova Acta Regiae Soc. Sci. Upsal. 8:1-53.

HIROTA, M.M. 2003. Monitoring the Brazilian Atlantic Forest cover. In The Atlantic Forest of South America (C. Galindo-Leal & I.G. Câmara, eds.). Center for Applied Biodiversity Science and Island Press, Washington, p.60-65.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 2000. Saneamento básico segundo bacia hidrográfica. In Atlas nacional do Brasil (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 3. ed. IBGE, Rio de Janeiro, p.99.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 2007. Cidades. http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1 (último acesso em 04//03/2009).

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. Seção de Armazenamento de Dados Meteorológicos. 2012. http://www.inmet.gov.br/html/central_servicos/combo_produtos.html. (último acesso em 24/06/2012).

JUDD, W.S.; CAMPBELL, C.S.; KELLOG, E.A.; STEVENS, P.F. & DONOUGHUE, M.J. 2009. Sistemática Vegetal: Um Enfoque Filogenético. 3. ed. Artmed Editora, Porto Alegre, 632p.

LEINZ, V. & AMARAL, S.E. 1989. Geologia geral. Companhia Editora Nacional, São Paulo, 487p.

LEONI, L.S. 1997. Catálogo preliminar das fanerógamas ocorrentes no Parque Nacional do Caparaó - MG. Pabstia 8(2):1-28.

LEONI, L.S. & TINTE, V.A. 2004. Flora do Parque Estadual do Brigadeiro: caracterização da vegetação e lista preliminar das espécies. Universidade Estadual de Minas Gerais, Carangola, 91p.

LINDBERG, B.S. 2011. Anders Fredrik Regnell: Läkare, botanist och donator. Acta Univ. U., Uppsala, 244p.

LUTZ, B. 1926. The Flora of the Serra da Bocaina. Proc. Am. Phil. Soc. 65(5):27-43.

MACHADO, T.M. & MENINI NETO, L. 2010. Bromeliaceae de um campo de altitude no sul de Minas Gerais (Brasil). Fontqueria 56(13):109-124.

MARTINELLI, G. 2007. Mountain biodiversity in Brazil. Rev. Bras. Bot. 30(4):587-597.

MARTINELLI, G., VIEIRA, C.M., GONZALEZ, M., LEITMAN, P., PIRATININGA, A., COSTA, A.F. & FORZZA, R.F. 2008. Bromeliaceae da Mata Atlântica brasileira: lista de espécies, distribuição e conservação. Rodriguésia 59(1):209-258.

MEIRELLES, S.T., PIVELLO, V.R. & JOLY, C.A. 1999. The vegetation of granite rock outcrops in Rio de Janeiro, Brazil, and the need for its protection. Environ. Conserv. 26(1):10-20.

MELO, L.C.N. & SALINO, A. 2007. Samambaias em fragmentos florestais da Apa Fernão Dias, Minas Gerais, Brasil. Rodriguésia 58(1):207-220.

MENDONÇA, M.P. & LINS, L.V. 2000. Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da flora de Minas Gerais. Fundação Biodiversitas, Fundação Zoo-Botânica, Belo Horizonte, 157p.

MENINI NETO, L., ALVES, R.J.V., BARROS, F. & FORZZA, R.C. 2007. Orchidaceae do Parque Estadual de Ibitipoca, MG, Brasil. Acta Bot. Bras. 21(3):687-696.

MENINI NETO, L. & DOCHA NETO, A. 2009. Redescoberta e tipificação de *Octomeria leptophylla* Barb. Rodr. (Orchidaceae), micro-orquídea endêmica de Minas Gerais, Brasil. Rodriguésia 60(2):461-465.

MENINI NETO, L., FORZZA, R.C. & ZAPPI, D. 2009. Angiosperm epiphytes as conservation indicators in forest fragments: A case study from southeastern Minas Gerais, Brazil. Biodivers. Conserv. 18:3785-3807.

MITTERMEIER, R.A., GIL, P.R, HOFFMAN, M., PILGRIM, J., BROOKS, T., MITTERMEIER, C.G., LAMOREUX, J. & FONSECA, G.A.B. 2005. *Hotspots* revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. Conservation International, Washington, 392p.

MONTEIRO, D. & GUIMARÃES, E.F. 2008. Flora do Parque Nacional do Itatiaia – Brasil: *Peperomia* (Piperaceae). Rodriguésia 59(1):161-195.

MONTEIRO, D. & GUIMARÃES, E.F. 2009. Flora do Parque Nacional do Itatiaia – Brasil: *Manekia* e *Piper* (Piperaceae). Rodriguésia 60(4):999-1024.

MORAN, R. 1995. The importance of mountains to pteridophytes with emphasis on neotropical montane forests. In Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests (S.P. Churchill, H. Balslev, E. Forero, & J.L. Luteyn, eds.). The New York Botanical Garden, New York, p.359-366.

MOURÃO, A. & STEHMANN, J.R. 2007. Levantamento da flora do campo rupestre sobre canga hematítica couraçada remanescente na Mina do Brucutu, Barão de Cocais, Minas Gerais, Brasil. Rodriguésia 58(4):775-786.

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(4):793-810.

PELL, M.C., FINLAYSON, B.L. & MCMHON, T.A. 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. Hydrol. Earth Syst. Sci. 11:1633-1644.

PEREIRA, I.M., OLIVEIRA-FILHO, A.T., BOTELHO, S.A., CARVALHO, W.A.C., FONTES, M.A.L., SCHIAVINI, I. & SILVA, A.F. 2006. Composição florística do compartimento arbóreo de cinco remanescentes florestais do Maciço do Itatiaia, Minas Gerais e Rio de Janeiro. Rodriguésia 57(1):103-126.

PIRANI, J.R., MELLO-SILVA, R. & GIULIETTI, A.M. 2003. Flora de Grão-Mogol, Minas Gerais, Brasil. Bol. Bot. Univ. São Paulo 21:1-24.

POREMBSKI, S. 2007. Tropical inselbergs: habitat types, adaptive strategies and diversity patterns. Rev. Bras. Bot. 30(4):579-586.

RIBEIRO, K.T., MEDINA, B.M.O. & SCARANO, F.R. 2007. Species composition and biogeographic relations of the rock outcrop flora on the high plateau of Itatiaia, SE-Brazil. Rev. Bras. Bot. 30(4):623-639.

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.

SAFFORD, H.D. 1999a. Brazilian Páramos I. An introduction to the physical environment and vegetation of the campos de altitude. J. Biogeogr. 26: 693-712.

SAFFORD, H.D. 1999b. Brazilian Páramos II. Macro- and mesoclimate of the campos de altitude and affinities with mountain climates of the tropical Andes and Costa Rica. J. Biogeogr. 26:713-737.

SAFFORD, H.D. 2007. Brazilian Páramos IV. Phytogeography of the campos de altitude. J. Biogeogr. 34: 1701-1722.

SALIMENA, F.R.G., MATOZINHOS, C.N., ABREU, N.L., RIBEIRO, J.H.C. & MENINI NETO, L. 2013. Flora fanerogâmica da Serra Negra, Minas Gerais, Brasil. Rodriguésia 64(2):311-320.

SMITH, A.R., PRYER, K.M., SCHUETTPELZ, E., KORALL, P., SCHNEIDER, H. & WOLF, P.G. 2006. A classification for extant ferns. Taxon 55(3):705-731.

SMITH, J.F., STEVENS, A.C., TEPE, E.J. & DAVIDSON, C. 2008. Placing the origin of two species-rich genera in the late cretaceous with later species divergence in the tertiary: a phylogenetic, biogeographic and molecular dating analysis of *Piper* and *Peperomia* (Piperaceae). Plant. Syst. Evol. 275(1-2):9-30.

SOUZA, F.S., SALINO, A., VIANA, P.L. & SALIMENA, F.R.G. 2012. Pteridófitas da Serra Negra, Minas Gerais, Brasil. Acta. Bot. Bras. 26(2):378-390.

STEHMANN, J.R., FORZZA, R.C., SALINO, A., SOBRAL, M., COSTA, D.P. & KAMINO, L.H.Y. 2009. Plantas da Floresta Atlântica. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 515p.

TRYON, R.M. 1972. Endemic areas and geographic speciation in tropical american ferns. Biotropica 4(3):121-131.

URBAN, I. 1906. Vitae Itineraque Collectorum Botanicorum, Notae Collaboratorum Biographicae, Florae Brasiliensis Ratio Edendi Chronologica, Systema, Index Familiarum. In Flora brasiliensis (C.F.P.D. Martius, A.G. Eichler & I. Urban, eds). Typographia Regia, Monachii, v.1, 487p.

VELOSO, H.P., RANGEL-FILHO, A.L.R. & LIMA, J.C. 1991. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 124 p.

VERSIEUX, L.M. & WENDT, T. 2007. Bromeliaceae diversity and conservation in Minas Gerais state, Brazil. Biodvers. Conserv. 16: 2989-3009.

VIANA, P.L. & LOMBARDI, J.A. 2007. Florística e caracterização dos campos rupestres sobre canga na serra da Calçada, Minas Gerais, Brasil. Rodriguésia 58(1):159-177.

WEBSTER, G.L. 1995. The panorama of neotropical cloud forest. In Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests (S.P. Churchill, H. Balslev, E. Forero & J.L. Luteyn, eds.) The New York Botanical Garden, New York, p.53-77.

YUNCKER, T.G. 1972. The Piperaceae of Brazil I – *Piper*: Group I, II, III, IV. Hoehnea 2:19-366.

YUNCKER, T.G. 1973. The Piperaceae of Brazil II – *Piper*: Grupo V, *Ottonia*, *Pothomorphe*, *Sarcorhachis*. Hoehnea 3: 29-284.

YUNCKER, T.G. 1974. The Piperaceae of Brazil III – *Peperomia*, Taxa of uncertain status. Hoehnea 4:71-413.

Recebido em 27/01/2013
Versão reformulada recebida em 08/07/2013
Publicado em 09/10/2013

Ecomorphological differences between *Rhamdia* (Bleeker, 1858) populations from the Iguaçu River basin

Fabio Teruo Mise[1,3], Luiz Fernando Caserta Tencatt[1] & Fagner de Souza[2]

[1]Programa de Pós-graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Universidade Estadual de Maringá – UEM, Av. Colombo, 5790, CEP 87020-900, Maringá, PR, Brasil
[2]Coleção Ictiológica do Núcleo de Pesquisa em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura – NUPÉLIA, Programa de Pós-graduação em Biologia Comparada, Universidade Estadual de Maringá – UEM, Av. Colombo, 5790, CEP 87020-900, Maringá, PR, Brasil
[3]Corresponding author: Fabio Teruo Mise, e-mail: fabio_mise@hotmail.com

MISE, F.T., TENCATT, L.F.C. & SOUZA, F. **Ecomorphological differences between *Rhamdia* populations (Bleeker, 1858) from the Iguaçu River basin**. Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/en/abstract?article+bn01513042013

Abstract: Morphological and genetic evidences suggest that *Rhamdia branneri* and *Rhamdia voulezi*, currently considered synonymous of *Rhamdia quelen*, are in fact two valid species. Furthermore, in the taxonomic revision of *R. quelen*, no exemplars from the Iguaçu River were examined, which makes the synonymy doubtful. Considering the two species as valid, it was hypothesized that *R. branneri* and *R. voulezi* have ecomorphological differences, with the objective to verify if they can be considered ecologically distinct. Ecomorphological characterization was conducted using ecomorphological indices. For statistical analysis, a Principal Component Analysis (PCA), a Multiresponse Permutation Procedure (MRPP), and a Discriminant Analysis (DA) were performed. The ordination provided by the PCA evidenced ecomorphological separation, with *R. branneri* having morphological aspects related to benthic fishes, and *R. voulezi* having morphological characteristics related to pelagic and lentic habitats. The DA results confirmed the morphological tendencies found in the PCA, and the MRPP showed significant statistical differences between the ecomorphology of *Rhamdia* species. In this way, the initial hypothesis can be corroborated. These results allied to information about diet, genetics, and reproduction can be helpful for the elucidation of the taxonomic status of *R. branneri* and *R. voulezi*.
Keywords: *endemism, Heptapteridae, Rhamdia voulezi, Rhamdia branneri, Rhamdia quelen, ecomorphology.*

MISE, F.T., TENCATT, L.F.C. & SOUZA, F. **Diferenças ecomorfológicas entre populações de *Rhamdia* (Bleeker, 1858) da bacia do rio Iguaçu**. Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/pt/abstract?article+bn01513042013

Resumo: Evidências morfológicas e genéticas sugerem que *Rhamdia branneri* e *Rhamdia voulezi*, atualmente consideradas sinônimas de *Rhamdia quelen*, são, de fato, duas espécies válidas. Adicionalmente, na revisão taxonômica de *R. quelen* nenhum exemplar do rio Iguaçu foi examinado, o que torna a sinonímia duvidosa. Considerando as duas espécies como válidas, foi testada a hipótese de que *R. branneri* e *R. voulezi* possuem diferenças ecomorfológicas, com o objetivo de verificar se elas podem ser consideradas ecologicamente distintas. A caracterização ecomorfológica foi conduzida utilizando os índices ecomorfológicos. Para a análise estatística foram feitas Análise de Componentes Principais (ACP), Procedimento de Permutação Multiresposta (PPMR) e Análise Discriminante (AD). A ordenação proveniente da ACP evidenciou separação ecomorfológica, com *R. branneri* possuindo aspectos morfológicos relacionados a peixes bentônicos e *R. voulezi* possuindo características morfológicas relacionadas a habitats pelágicos e lênticos. Os resultados da AD confirmaram as tendências morfológicas encontradas na ACP, e o PPMR mostrou diferenças estatísticas significativas entre as espécies de *Rhamdia*. Dessa maneira, a hipótese inicial pôde ser corroborada. Esses resultados, aliados a informações sobre a dieta, genética e reprodução, podem ser úteis para a elucidação do status taxonômico de *R. branneri* e *R. voulezi*.
Palavras-chave: *endemismo, Heptapteridae, Rhamdia voulezi, Rhamdia branneri, Rhamdia quelen, ecomorfologia.*

Introduction

The Iguaçu River drainage is the largest basin among the rivers of Paraná State (Eletrosul 1978), and is known by its high endemism, estimated in 69.7% of the total of species (Baumgartner et al. 2012). This unique condition is probably caused by the basin isolation propitiated by the Iguaçu falls (Baumgartner et al. 2012) and a series of smaller falls on its main channel. Thus, the river has great hydroelectric potential, which has been explored for over thirty years, resulting in a large sequence of dams, whose reservoirs occupy at least 41% of its total extension (Júlio-Junior et al. 1997). Although its geomorphological and hydrographical features provide a high ecological importance for the basin, its fish fauna has been relatively poorly studied, since most studies are generally restricted to the lower Iguaçu River basin (Universidade… 2002, Baumgartner et al. 2012).

Rhamdia branneri (Haseman, 1911) and *Rhamdia voulezi* (Haseman, 1911) are two endemic catfish species of Iguaçu River, currently considered synonymous with *Rhamdia quelen* (see Silfvergrip 1996). Silfvergrip (1996) considered these two species synonymous with *R. quelen*, however, no exemplar from Iguaçu basin was examined by the author, as mentioned by Baumgartner et al. (2012). On the other hand, genetic studies conducted by Abucarma & Martins-Santos (2001) demonstrated karyotypic differences between the species of *Rhamdia* of Iguaçu River basin.

Recently, Baumgartner et al. (2012) provided an identification manual of fishes from the lower Iguaçu River basin. The authors considered both species of *Rhamdia* valid based on the morphological divergences like length of the dorsal-fin rays, which is bigger in *R. voulezi*, touching the adipose-fin when adpressed, allied to the endemic condition of Iguaçu River and their genetic difference (Abucarma & Martins-Santos 2001). Despite a minor superposition, the general body shape, mainly the relative body depth, can be also useful to identify the two species (Baumgartner et al. 2012). Additionally, differences in standard length (SL) at first maturation between *R. branneri* and *R. voulezi* are conspicuously different (Suzuki & Agostinho 1997).

Based on these arguments, the present study sought to investigate ecomorphological differences between the two species of *Rhamdia* from the Iguaçu River basin. Trying to corroborate the previous studies that considered *R. branneri* and *R. voulezi* as distinct species, we expect that these fishes have some differences in their ecology since they coexist in the Iguaçu River basin. Despite their morphological similarities that resulted in taxonomical problems, ecomorphological studies can elucidate morphological aspects that might favor the coexistence of these fishes.

The principal idea in ecomorphology is that different morphologies can result in distinct ecological aspects, influencing the use of food resources, habitat occupation, and the species' fitness (Norton et al. 1995). Studies comparing congeneric and sympatric species may provide valuable evolutionary insights (Douglas & Matthews 1999). Thus, the morphological aspects evidenced can be considered adaptive, showing divergences or convergences between the species.

In this way, we hypothesize that these closely related species show morphological differences that can be linked to differences in habitat use and feeding behavior, evidencing that *R. branneri* and *R. voulezi*, both from the Iguaçu River basin, are ecologically distinct and, therefore, are valid species. Furthermore, these aspects can provide useful information in explaining their coexistence in the Iguaçu River basin.

Material and Methods

1. Morphological measurements and ecomorphological indices. In order to characterize the ecomorphology of the specimens, linear measures and areas were obtained. Only aspects related to feeding behavior, habitat occupation and body hydrodynamics were analyzed (Gatz Jr. 1979, Winemiller 1991, Peres-Neto 1999). The morphological measurements adopted were: standard length, maximum body height, body midline height, maximum body width, caudal peduncle's length, height and width, head's length, height and width, mouth's width and height, eye's height, fins length and height and areas of the eyes and fins. Linear measures were obtained using a digital caliper to the nearest 0.01mm. The software *AutoCad* 2009 was used to compute areas of the fins and eyes from drawings of the structures that were previously digitalized. Ecomorphological indices were calculated using data obtained from linear measures and areas. The indices and their respective formulae were adopted according to previous studies (Gosline 1971, Gatz Jr. 1979, Watson & Balon 1984, Wikramanayake 1990, Norton & Brainerd 1993, Casatti & Castro 1998, Pouilly et al. 2003, Breda et al. 2005, Hulsey & García de León 2005, Kerfoot Jr. & Schaefer 2006, Cochran-Biederman & Winemiller 2010, Oliveira et al. 2010).

2. Biological material. Examined specimens are hosted in the Coleção Ictiológica do Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aqüicultura (NUP) - Universidade Estadual de Maringá (Figure 1). All specimens were collected in reservoirs or next to their influence area. Numbers in parentheses indicate the number of specimens analyzed in their respective localities: *Rhamdia branneri*: NUP 3733 (9, Santa Clara Reservoir); 569 (3, Salto do Vau Reservoir); 10849 (12, Pinhãozinho River); 149 (3, Chopin Reservoir), *Rhamdia voulezi* : NUP 5271 (2, Salto Caxias Reservoir); 3721 (1, Capivara River, tributary of Jordão River); 5300 (6, Jordão Reservoir); 2426 (7, Jordão Reservoir); 1596 (7, Segredo Reservoir); 5289 (1, Caxias Reservoir); 2763 (1, Foz do Areia Reservoir); 568 (1, Salto do Vau Reservoir); 2905 (4, Iguaçu River).

3. Data analysis. From the ecomorphological indices, a principal component analysis (PCA) with a correlation matrix was performed in order to verify morphological patterns in the species. The criterion adopted for the axes' interpretation was the *broken-stick* (Jackson 1993). To test if there is a significant difference in morphology between the species, a multi response permutation procedure (MRPP – McCune & Grace 2002) was conducted. This is a non-parametric analysis that uses groups determined *a priori* and a distance matrix. Thus, each *Rhamdia* species was assigned as a group, and the distance measure adopted was Euclidean distance.

In addition, a discriminant analysis (DA) was made using the forward-stepwise method with the aim to verify which morphological indices maximize the differences between the species. Similarly to



Figure 1. Specimens of *Rhamdia branneri* (a) and *Rhamdia voulezi* (b), NUP 10849 (SL= 111.58 mm) and NUP 2426 (SL= 90.74 mm), respectively.

the MRPP, the DA has groups determined *a priori*, but differently, it provides a reclassification of the specimens according to morphology. The DA analysis can indicate if any individual show morphological features that can include it in another group.

All analyses were conducted using the software *PcOrd* (McCune & Mefford 1999) except the DA that was performed in Statistica 7.0.

Results

The principal component analysis had two axes retained for interpretation, according to the *broken-stick* criterion. In general, there was a clear segregation between *R. branneri* and *R. voulezi* along the first axis (Figure 2). Some individuals of *R. branneri* had a separation in the second axis, and did not show evident segregation of *R. voulezi* in the first axis.

Most of the morphological characters that separated the *Rhamdia* species were related to body shape (Table 1). Therefore, the specimens of *R. voulezi* can be characterized by having more compressed and less depressed bodies (major values for this index indicates less depression of the trunk, according to Watson & Balon 1984), longer caudal peduncle, wider mouth, and larger aspect ratio of the anal fin. The individuals of *R. branneri* can be characterized by having a higher mouth opening and anal fin. The MRPP showed significant differences (A=0.12; p<0.001) in the ecomorphological indices between the groups (or species), validating the differences found in the ordination.

The DA revealed only one axis for interpretation with *R. branneri* showing negative scores and *R. voulezi* positive ones (Figure 3). The morphological attributes that separated the species were a higher anal fin for *R. branneri*, and a longer caudal peduncle, larger head width

Table 1. Eigenvalues and percentage of variation for each axis as well as the indices' loadings. The indices that were more important for interpretation are in bold.

Indices	PCA 1	PCA 2
Compression index	**–0.874**	–0.211
Depression index	**–0.766**	–0.289
Relative length of the caudal peduncle	**–0.782**	–0.145
Relative height of the caudal peduncle	0.480	–0.475
Relative width if the caudal peduncle	–0.590	**–0.568**
Relative length of the head	0.231	–0.184
Relative height of the head	0.295	–0.402
Relative width of the head	**–0.707**	–0.527
Relative height of the mouth	**0.850**	–0.060
Relative width of the mouth	–0.524	–0.549
Vertical eye position	0.487	0.015
Relative area of the eye	0.230	–0.113
Relative height of the dorsal fin	0.282	**–0.601**
Relative area of the dorsal fin	0.391	–0.459
Aspect ratio of the caudal fin	–0.530	–0.200
Relative height of the anal fin	**0.668**	–0.461
Aspect ratio of the anal fin	**–0.634**	0.152
Aspect ratio of the pectoral fin	–0.278	0.596
Aspect ratio of the pelvic fin	–0.531	0.456
Eigenvalue	6.185	2.898
Broken-stick Eigenvalue	3.548	2.548
Variability (%)	32.551	15.253
Accumulated variability (%)	32.551	47.803

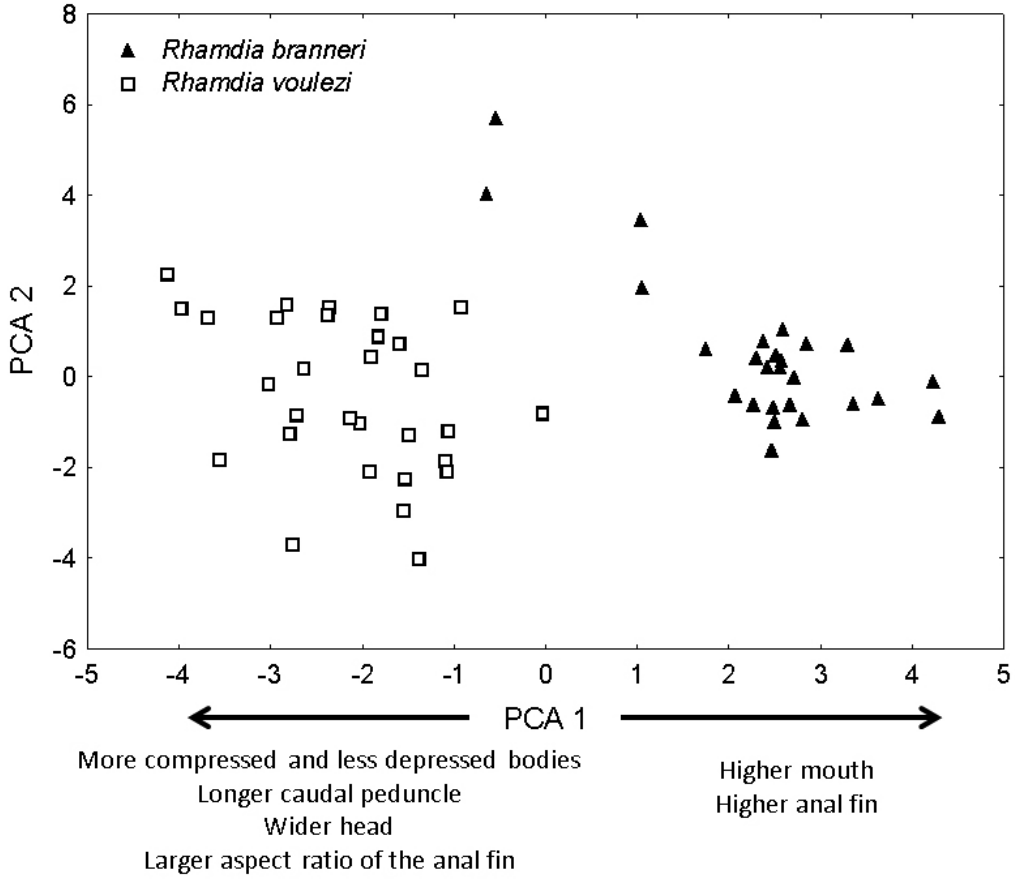


Figure 2. Principal component analysis scatterplot, showing the indices correlated with each axis.

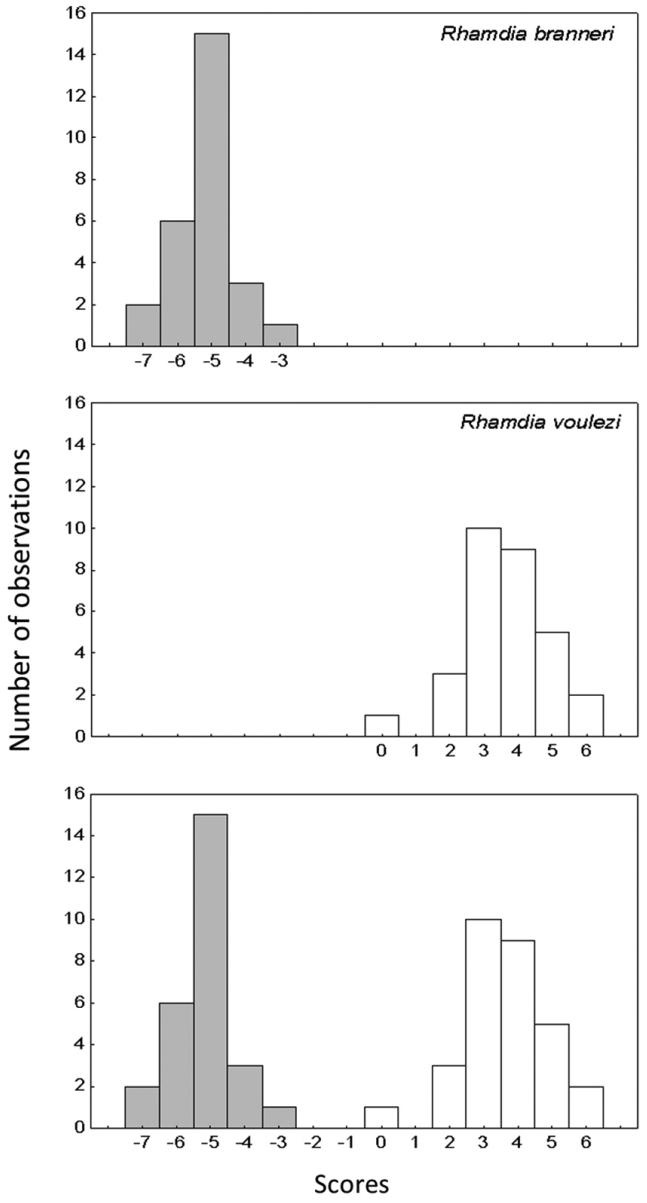


Figure 3. Histograms with the scores related to the first axis of the discriminant analysis.

Table 2. Eigenvalue and standardized function's coefficients. Indices that were more important for interpretation are in bold.

Indices	Axis 1
Compression index	0.032
Relative length of the caudal peduncle	**0.850**
Relative head width	**0.676**
Depression index	**1.012**
Aspect ratio of the anal fin	0.406
Relative height of the anal fin	**–0.359**
Relative mouth width	0.219
Relative area of the eye	–0.175
Eigenvalue	20.496
Variability (%)	1.000

and less depressed bodies for *R. voulezi* (Table 2). The reclassification of the individuals had an efficacy of 100%, showing that the analyzed species are ecomorphologically distinct.

Discussion

The ecomorphological differences found in *Rhamdia* species are mostly related to swimming ability and habitat occupation. For example, *R. voulezi* had longer caudal peduncles and more compressed and less depressed bodies. The first characteristic indicates a better swimming performance mainly for short distance propulsion (Watson & Balon 1984, Blake 2004). Compressed bodies indicate fishes that occupy habitats with slow water velocity and swimming capacity to explore many levels in the water column, performing vertical movements (Gatz Jr. 1979, Watson & Balon 1984). On the other hand, *R. branneri* showed a higher anal fin, and more depressed bodies. The first is an ecomorphological characteristic related to stabilization in swimming, and the second indicates occupation of benthic habitats. Thus, based on the interpretation of ecomorphological indices, these results suggest a spatial segregation between the species, with *R. branneri* having morphological characteristics to occupy benthic habitats, and *R. voulezi* to occupy lentic and possibly pelagic habitats.

Studies concerning the feeding habits of these species are most focused on variations related to impoundments. Cassemiro et al. (2005) verified that, in Salto Caxias Reservoir, *Rhamdia* species fed exclusively on fishes after the impoundment, differently from the previous phases when invertebrates and crustaceans were also consumed. Other authors recorded significant differences in diet in the impoundment phases with *R. voulezi* consuming fishes, and *R. branneri* feeding on crustaceans and terrestrial insects (Loureiro-Crippa & Hahn 2006, Novakowski et al. 2007). The dietary changes can be certainly related to environmental changes caused by impoundments, since fishes and insects are abundant food resources in reservoirs (Hahn & Fugi 2007).

Regarding the pre-impoundment phases, the diet of both *Rhamdia* species does not differ (Loureiro-Crippa & Hahn 2006) with crustaceans and fish being consumed in similar proportions. On the other hand, other authors (Cassemiro et al. 2005, Novakowski et al. 2007) found dietary differences between *R. branneri* and *R. voulezi*. However, patterns in the diet of these fishes were not clearly defined, occurring local variations (Cassemiro et al. 2005).

Despite the discrepancy found in the studies, differences in the diet composition between the studied species indicate that, besides food abundance, other variables influence the use of food resources. The ecomorphological indices related to occupation of lentic habitats probably favored *R. voulezi* to feed on prey that explore the bottom, such as *Cyphocharax modestus* (Fernández-Yépez 1948), and fishes that can forage in shallow waters, such as some species of *Astyanax* (Hahn et al. 2004). These two prey types were the most consumed by piscivores in Salto Caxias Reservoir (Novakowski et al. 2007). The ecomorphological characteristics related to benthic fishes (depressed body) in *R. branneri* may have favored the ingestion of benthic crustaceans as *Aegla* sp. Additionally, a higher anal fin that provides stabilization in swimming can propitiate the consumption of allochthonous food, which drift in the water column, such as terrestrial insects (Gosline 1971, Gatz Jr. 1979).

Ecomorphological differences related to habitat occupation and use of food resources in congeneric species are well documented in the literature (*e.g.* Casatti et al. 2005, Balassa et al. 2004, Santos et al. 2011). Resource partitioning is considered the principal factor in structuring the aquatic communities (Ross 1986). Hence, the coexistence of the species can be favored by ecomorphological differences. The MRPP and the Discriminant Analysis resulted

respectively in significant differences and total separation in ecomorphological aspects that can enable the characterization of the *Rhamdia* species as distinct ecological units.

Thus, the morphological segregation found in the present study and evidences in diet, reproduction, and genetic segregation coupled with the known endemism of Iguaçu river basin (Baumgartner et al. 2012) reinforce the arguments to refute the synonymy proposed by Silfvergrip (1996). However, the elucidation of the taxonomic status of *R. branneri* and *R. voulezi* can only be fulfilled with a complete taxonomic review, with morphological and molecular data, of populations attributed to *R. quelen*.

Acknowledgements

We express our appreciation to Nupélia (Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura), to PEA (Programa de Pós-graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais), to PGB (Programa de Pós-graduação em Biologia Comparada) for their financial support and infrastructure, to Ichythyological Museum of Nupélia for the permission to carry out the research on their properties, Rosemara Fugi, Erivelto Goulart and Marlene Sofia Arcifa Froehlich for suggestions for the manuscript, and two anonymous referees for providing valuable suggestions. The authors also thank Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES/ Ministério da Educação) and CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Técnológico) for grants to FT Mise, LFC Tencatt, and F de Souza.

References

ABUCARMA, M. & MARTINS-SANTOS, I.C. 2001. Karyotype and B chromosome of *Rhamdia* species (Pisces, Pimelodidae) endemic in the River Iguaçu basin. Cytologia 66:299-306. http://dx.doi.org/10.1508/cytologia.66.299

BALASSA, G.C., FUGI, R., HAHN, N.S. & GALINA, A.B. 2004. Dieta de espécies de Anostomidae (Teleostei, Characiformes) na área de influência do reservatório de Manso, Mato Grosso do Sul, Brasil. Iheringia, Ser. Zool. 94:77-82. http://dx.doi.org/10.1590/S0073-47212004000100014

BAUMGARTNER, G., PAVANELLI, C.S., BAUMGARTNER, D., BIFI, A.G., DEBONA, T. & FRANA, V.A. 2012. Peixes do Baixo Rio Iguaçu. Eduem, Maringá, p.203.

BLAKE, R.W. 2004. Fish functional design and swimming performance. J. Fish Biol. 65:1193-1222. http://dx.doi.org/10.1111/j.0022-1112.2004.00568.x

BREDA, L., OLIVEIRA, E.F. & GOULART, E. 2005. Ecomorfologia de locomoção de peixes com enfoque para espécies neotropicais. Acta Sci. Biol. Sci. 27:371-381. http://dx.doi.org/10.4025/actascibiolsci.v27i4.1271

CASATTI, L. & CASTRO, R.M. 1998. A fish community of the São Francisco River headwater riffles, southeastern Brazil. Ichthyol. Explor. Freshw. 9:229-242.

CASATTI, L., ROCHA, F.C. & PEREIRA, D.C. 2005. Habitat use by two species of *Hypostomus* (Pisces, Loricariidae) in southeastern brazilian streams. Biota Neotrop. 5(2): http://www.biotaneotropica.org.br/v5n2/pt/abstract?article+bn02905022005 (último acesso em 15/01/2013).

CASSEMIRO, F.A.S., HAHN, N.S. & DELARIVA, R.L. 2005. Estrutura trófica da ictiofauna, ao longo do gradiente longitudinal do reservatório de Salto Caxias (rio Iguaçu, Paraná, Brasil), no terceiro ano após o represamento. Acta Sci. Biol. Sci. 27:63-71. http://dx.doi.org/10.4025/actascibiolsci.v27i1.1362

COCHRAN-BIEDERMAN, J.L. & WINEMILLER, K.O. 2010. Relationships among habitat, ecomorphology and diets of cichlids in the Bladen River, Belize. Environ. Biol. Fish 88:143-152. http://dx.doi.org/10.1007/s10641-010-9624-y

DOUGLAS, M.E. & MATTHEWS, W.J. 1992. Does morphology predict ecology? Hypothesis testing within a freshwater stream fish assemblage. Oikos 65:213-224. http://dx.doi.org/10.2307/3545012

ELETROSUL. 1978. O impacto ambiental da ação do homem sobre a natureza – rio Iguaçu, Paraná, Brasil: reconhecimento da ictiofauna, modificações ambientais e usos múltiplos dos reservatórios. Florianópolis, p.33.

GATZ Jr, A.J. 1979. Ecological morphology of freshwater stream fishes. Tulane Stud. Zool. Bot. 21:91-124.

GOSLINE, W.A. 1971. Functional Morphology and Classification of Teleostean Fishes. University Press of Hawaii, Honolulu, p.208.

HAHN, N.S., FUGI, R. & ANDRIAN, I.F. 2004. Trophic ecology of the fish assemblages. In The Upper Paraná River and its Floodplain: physical aspects, ecology and conservation (S.M. Thomaz, A.A. Agostinho & N.S. Hahn, eds.). Backhuys Publishers, Leiden, p.247-269.

HAHN, N.S. & FUGI, R. 2007. Alimentação de peixes em reservatórios brasileiros: Alterações e conseqüências nos estágios iniciais de represamento. Oecol. Bras. 11:469-480. http://dx.doi.org/10.4257/oeco.2007.1104.01

HULSEY, C.D. & GARCÍA DE LEÓN, F.J. 2005. Cichlid jaw mechanics: linking morphology to feeding specialization. Funct. Ecol. 19:487-494. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2435.2005.00987.x

JACKSON, D.A. 1993. Stopping rules in principal components analysis: a comparison of heuristical and statistical approaches. Ecology 74:2204-2214. http://dx.doi.org/10.2307/1939574

JÚLIO-JUNIOR, H.F., BONECKER, C. & AGOSTINHO, A.A. 1997. Reservatório de Segredo e sua inserção na bacia do rio Iguaçu. In Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo (A.A. Agostinho & L.C. Gomes, eds.). Eduem, Maringá, p.1-17.

KERFOOT Jr, J.R. & SCHAEFER, J.F. 2006. Ecomorphology and habitat utilization of *Cottus* species. Environ. Biol. Fish 76:1-13. http://dx.doi.org/10.1007/s10641-006-9000-0

LOUREIRO-CRIPPA, V. E & HAHN, N.S. 2006. Use of food resources by the fish fauna of a small reservoir (rio Jordão, Brazil) before and shortly after its filling. Neotrop. Ichthyol. 4:357-362. http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252006000300007

McCUNE, B. & GRACE, J.B. 2002. Analysis of ecological communities. MjM, Oregon, p.300.

McCUNE, B. & MEFFORD, M.J. 1999. PC-ORD: multivariate analysis of ecological data. version 4.01. MjM Software Design, Oregon.

NORTON, S.F. & BRAINERD, E.L. 1993. Convergence in the feeding mode of ecomorphologically similar species in the Centrarchidae and Cichlidae. J. Exp. Biol. 176:11-29.

NORTON, S.F., LUCZKOVICH, J.J. & MOTTA, P.J. 1995. The role of ecomorphological studies in the comparative biology of fishes. Environ. Biol. Fish 44:287-304. http://dx.doi.org/10.1007/BF00005921

NOVAKOWSKI, G.C., HAHN, N.S. & FUGI, R. 2007. Alimentação de peixes piscívoros antes e após a formação do reservatório de Salto Caxias, Paraná, Brasil. Biota Neotrop. 7:149-157. http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032007000200017

OLIVEIRA, E.F., GOULART, E., BREDA, L., MINTE-VERA, C.V., PAIVA, L.R.S. & VISMARA, M.R. 2010. Ecomorphological patterns of the fish assemblage in a tropical floodplain: effects of trophic, spatial and phylogenetic structures. Neotrop. Ichthyol. 8:569-586.

PERES-NETO, P.R. 1999. Alguns métodos e estudos em ecomorfologia de peixes de riacho. In Oecologia Brasiliensis Ecologia de peixes de riachos (E.P. Caramaschi, R. Mazzoni & P.R. Peres-Neto, eds.). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, vol. 6, p.209-236.

POUILLY, M., LINO, F., BRETENOUX, J.G. & ROSALES, C. 2003. Dietary-morphological relationship in a fish assemblage of the Bolivian Amazonian floodplain. J. Fish Biol. 62:1137-1158. http://dx.doi.org/10.1046/j.1095-8649.2003.00108.x

ROSS, S.T. 1986. Resource partitioning in fish assemblages: a review of field studies. Copeia 1986:352-388. http://dx.doi.org/10.2307/1444996

SANTOS, F.L., CAMILO, F.L., ALBIERI, R.J. & ARAÚJO, F.G. 2011. Morphological patterns of five fish species (four characiforms, one perciform) in relation to feeding habits in a tropical reservoir in South-eastern Brazil. J. Appl. Ichthyol. 27:1360-1364. http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0426.2011.01801.x

SILFVERGRIP, A.M.C. 1996. A systematic revision of the Neotropical catfish genus *Rhamdia* (Teleostei, Pimelodidae). Pp. 156. Stockholm: Department of Zoology, Stockholm University and Department of Vertebrate Zoology: Swedish Museum of Natural History.

SUZUKI, H.I. & AGOSTINHO, A.A. 1997. Reprodução de peixes do reservatório de Segredo. In Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo (A.A. Agostinho & L.C. Gomes, eds.). Eduem, Maringá, p.163-182.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ. 2002. Reservatório de Salto Caxias: bases ecológicas para o manejo – Relatório final. Copel, Maringá, p.272. Elaborado por A.A. Agostinho, C.S. Pavanell, H.I. Suzuki, J.D. Latini, L.C. Gomes, N.S. Hahn, R. Fugi & W.M. Domingues.

WATSON, D.J. & BALON, E.K. 1984. Ecomorphological analysis of fish taxocenes in rainforest streams of northern Borneo. J. Fish Biol. 25:371-384. http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8649.1984.tb04885.x

WIKRAMANAYAKE, E.D. 1990. Ecomorphology and biogeography of a tropical stream fish assemblage: evolution of assemblage structure. Ecology 71:1756-1764. http://dx.doi.org/10.2307/1937583

WINEMILLER, K.O. 1991. Ecomorphological diversification in lowland freshwater fish assemblages from five biotic regions. Ecol. Monogr. 61:343-365. http://dx.doi.org/10.2307/2937046

Received 01/17/2013
Revised 09/18/2013
Accepted 11/01/2013

Chironomus amissum sp. n. (Diptera, Chironomidae) from southeastern Brazil

Leny Célia da Silva Correia[1], Susana Trivinho-Strixino[1,3] & Paraskeva Michailova[2]

[1]Laboratório de Ecologia de Insetos Aquáticos, Departamento de Hidrobiologia, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, Rod. Washington Luís, Km 235, CP 676, CEP 13565-905, São Carlos, SP, Brazil
[2]Institute of Biodiversity and Ecosystem Research, 1 Tzar Osvobodite boulv., Bulgarian Academy of Sciences, Sofia 1000
[3]Corresponding author: Susana Trivinho-Strixino, e-mail: strixino@ufscar.br

CORREIA, L.C.S., TRIVINHO-STRIXINO, S. & MICHAILOVA, P. ***Chironomus amissum* sp. n. (Diptera, Chironomidae) from southeastern Brazil.** 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/en/abstract?article+bn02313042013

Abstract: The paper presents a description of larva, pupa, imago (male) and karyotype of *Chironomus amissum* from southeastern Brazil. It belongs to pseudothummi cytocomplex with 2n=8 and chromosome arm combinations: AE BF CD G. Several fixed homozygous inversions distinguished arm A of the new species from that of *Chironomus columbiensis* Wülker et al. 1989 and *Chironomus anonymus* Williston, 1896. One homozygous inversion of arm F differentiated it from *C. anonymus*. Species-specific characters were presented in the larva, pupa and imago.
Keywords: *Chironomus amissum sp. n., morphology, karyology, Chironomidae, Diptera, Brazil.*

CORREIA, L.C.S., TRIVINHO-STRIXINO, S. & MICHAILOVA, P. ***Chironomus amissum* sp. n. (Diptera, Chironomidae), uma nova espécie do Sudeste Brasileiro.** 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/pt/abstract?article+bn02313042013

Resumo: Neste artigo é apresentada a descrição de larva, pupa, adulto macho e cariótipo de *Chironomus amissum*, uma nova espécie do sudeste brasileiro. Ela pertence ao citocomplexo pseudothummi com 2n=8 e cromossomos com combinações de braços: AE BF CD G. Várias inversões homozigóticas diferem o braço A da nova espécie em relação às espécies *Chironomus columbiensis* Wülker et al. 1989 e *Chironomus anonymus* Williston, 1896. Uma inversão homozigótica do braço F diferencia essa espécie de *C. anonymus*. Caracteres que diferenciam a espécie nova são também apresentados para larva, pupa e adulto.
Palavras-chave: *Chironomus amissum sp. n., morfologia, cariologia, Chironomidae, Diptera, Brasil.*

Introduction

The cosmopolitan genus *Chironomus* Meigen, 1803 comprises several hundred species, some of which are separable only on cytological characters. In Brazil are known until to the present 16 species, including 15 records to São Paulo State (Correia & Trivinho-Strixino 2005; Correia et al. 2005; 2006; Correia & Trivinho-Strixino, 2007). Some species of this genus are very abundant in heavily polluted standing or running waters; others commonly colonize small water bodies such as fish breeding tanks where they complete their life cycle in a few days. Because of its ability to inhabit different water bodies their larvae are reported in innumerous articles on aquatic ecology of Brazil, but species identification generally is not accomplished. The species identification is in general difficult because many of them are not distinguishable by larval external morphology, requiring analysis of the characteristics of all life stages or a combination of the morphology with cytotaxonomic analysis (Michailova 1989). In the present study are described the adult and immature stages as well as the karyotype of *Chironomus amissum*, sp. n., a new species from São Paulo (Brazil).

Material and Methods

All specimens used in this study were obtained from reared egg masses collected in the field. The larval, pupal and adult specimens for morphology analyses were mounted in Euparal medium after being cleared in 10% potassium hydroxide solution. Adults male slides were mounted with associated larval and pupal exuviae if available. The measurements are given as range followed by the number of examined specimens in parenthesis if this is different from the number (n) stated at the beginning of the description. The terminology mainly follows Sæther (1980) and Langton (1994). The material examined (larva, pupa and male imago) is deposited in the Reference Collection of Laboratório de Ecologia de Insetos Aquáticos of the Universidade Federal de São Carlos (LEIA/UFSCar) São Carlos, SP, Brazil, with codification, as for example: B1-12, LEIA/UFSCar.

For the karyological analysis, larvae of 4th instar were fixed in alcohol/acetic acid - 3:1. Preparations of the polytene chromosome were obtained from squashes of salivary gland cells stained with aceto-orcein (Michailova 1989). Twenty-four preparations were made and the best of them (8) were used for the analysis of the polytene chromosomes. From one and the same individual was received both chromosome preparations and preparations of external morphology of the larva. All preparations are kept in Institute of Biodiversity and Ecosystem research, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia.

Comparative karyological analysis was done with other American species (Wülker et al. 1989, Spies et al. 2002, Correia et al. 2005; 2006). The identification of chromosome banding patterns of the new species follows Keyl (1962) for arms A, E and F.

***Chironomus amissum* sp. n.**

Type material: Holotype male with pupal and larval exuviae. BRAZIL: SP, Luiz Antônio, Lagoa do Óleo (21° 35' 27'' S, 46° 50' 12'' W), leg. L. Correia, 26/vii/2001 (B1-01, LEIA/UFSCar). Paratypes: 3 males with pupal and larval exuviae (B1-02, B1-03, B1-04, LEIA/UFSCar), 2 males with pupal exuviae (B1-04, B1-06, LEIA/UFSCar), 4 larvae in two slides (B1-07, B1-08, LEIA/UFSCar), as holotype; 1 male with pupal and larval exuviae (B1-09, LEIA/UFSCar), 2 larvae in the same slide, (B1-10, LEIA/UFSCar), as holotype except, Lagoa do Infernão, 10/v/1996; 1 male with pupal exuviae, (B1-11, LEIA/UFSCar), as holotype except, São Carlos (21° 59' 10''S, 47° 52' 52'' W), leg. S. Trivinho-Strixino, viii/2009; 3 larvae in the same slide, (B1-12, LEIA/UFSCar), São Carlos, leg. S. Trivinho-Strixino, 14/vii/2004.

Etymology: From Latin "*amissum*" in reference to the temporary loss of slides with the specimens.

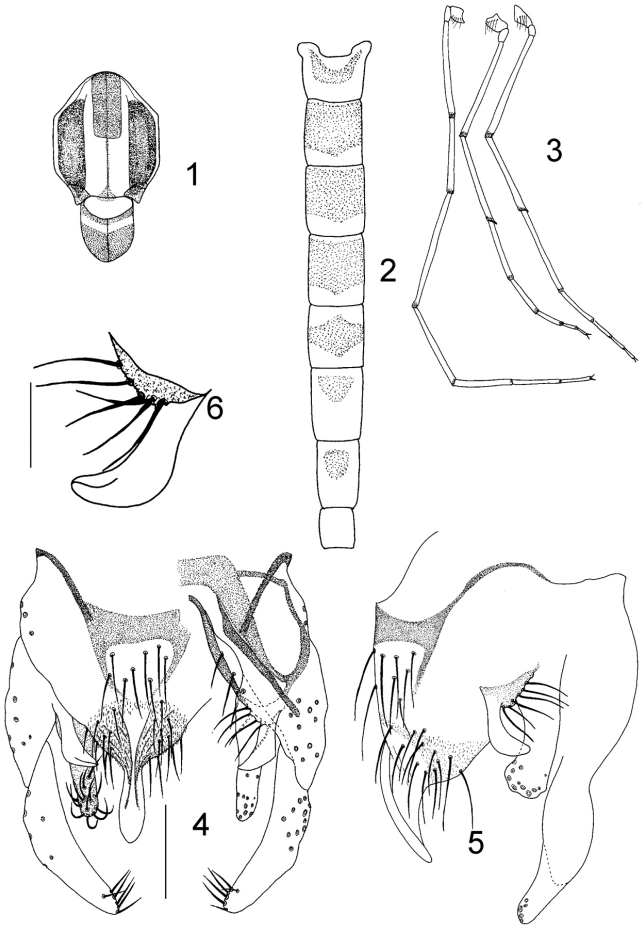
Morphological description

Diagnostic characters. The combination of abdomen and legs pattern of coloration and the shape of superior volsella distinguishe the male of *Chironomus amissum* sp. n. from Neotropical species. **Adult male**: legs yellow with apex of femur, tibia, and tarsi brown; abdomen pale brown, tergites II–V with brown markings, tergites VI–VII with median brownish markings; superior volsella rather stout and strongly curving to ventromedial. **Larva**: abdomen with comparatively long lateral and ventral tubules, head with postmentum and frontoclypeal apotome light brown, antennal blade as long as flagellum, mandible with three inner teeth, mentum with 4th lateral tooth slightly shorter than 3rd and 5th lateral teeth. Internal apex of the ventromental plate bent down.

Male (n = 8)

Dimensions. Length 5.4–6.7 mm. Wing length 2.25–2.88 mm.

Coloration. Head yellowish brown, flagellum and maxillary palp pale brown. Thorax yellowish brown with brown mesonotal stripes and posteromedian region darkened (Figure 1). Sternum yellowish brown; scutellum yellowish; postnotum brownish, with lighter anterior transverse stripe. Wing membrane transparent; most veins pale brown; RM brown, darker than FCu. Abdomen (Figure 2) pale brown, except for brown anterior 2/3 of tergites II–V, and median



Figures 1-6. *Chironomus amissum* sp. n., male imago. **1.** Thorax. **2.** Abdomen tergites I-VIII. **3.** Front, middle and hind legs. **4.** Hypopygium, dorsal (left), ventral (right). **5.** Hypopygium lateral view. **6.** Superior volsella. Scales: Figures 4, 5 = 100 μm; figure 6 = 50 μm.

Table 1. Lengths (in µm) and proportions of legs of *Chironomus amissum* sp. n., male.

	fe	ti	ta_1	ta_2	ta_3	ta_4	ta_5	LR	BR
p_1	1138–1385	969–1092	1662–1969	831–1000	738–862	662–800	338–369	1.78	2.1–2.5
p_2	1154–1508	1000–1415	631–831	323–415	123–308	154–185	108–169	0.67	
p_3	1308–1431	1092–1400	800–1123	415–569	354–446	185–276	123–154	0.76	

brownish markings on tergites I, VI and VII . Legs (Figure 3) yellowish brown; femora, tibiae and tarsi brownish at apex.

Head. Eyes ratio 1.2–1.5. Frontal tubercles 21–23 µm long. Antennal flagellum 907–1173 µm long; AR=2.53–3.17. Palpomere 2–5 lengths: 31–43, 111–198, 185–241, 247–358 µm. Temporal setae 26-32. Clypeus with 23–29 setae.

Thorax. Ac 9-13, biserial, beginning near antepronotum; Dc 14-17, partly biserial; Pa 5-6; Su 1; Scts 13-16 biserial, transversally arranged setae. Scutal tubercle short.

Wing. 0.60–0.64 mm wide. VR=1.03–1.14. WW=0.26–0.28. Membrane without setae. Brachiolum with 2–3 setae; R with 28–31 setae; R1 with 23–27 setae; R4+5 with 29–33 setae in distal 2/3. Squama with 9–12 setae. R2+3 ends halfway between R1 and R4+5.

Legs. Lengths and proportions of legs as in Table 1.

Hypopygium (Figures 4-6). Anal tergal bands fully enclosing 8-17 strong setae. Anal point 72–81 µm long, narrow basally, apex curving ventrally (Figure 5). Superior volsella (Figure 6) of S-type (Strenzke 1959), rather stout and strongly curving to ventromedial; basal lobe with 4-10 long setae. Inferior volsella 105-115 µm long, slightly clubbed, not extending beyond midpoint of gonostylus. Gonostylus elongate, 152–172 µm long; distal part slender, with 5 inner marginal setae. HR 0.82–0.86.

Pupa (n = 8)

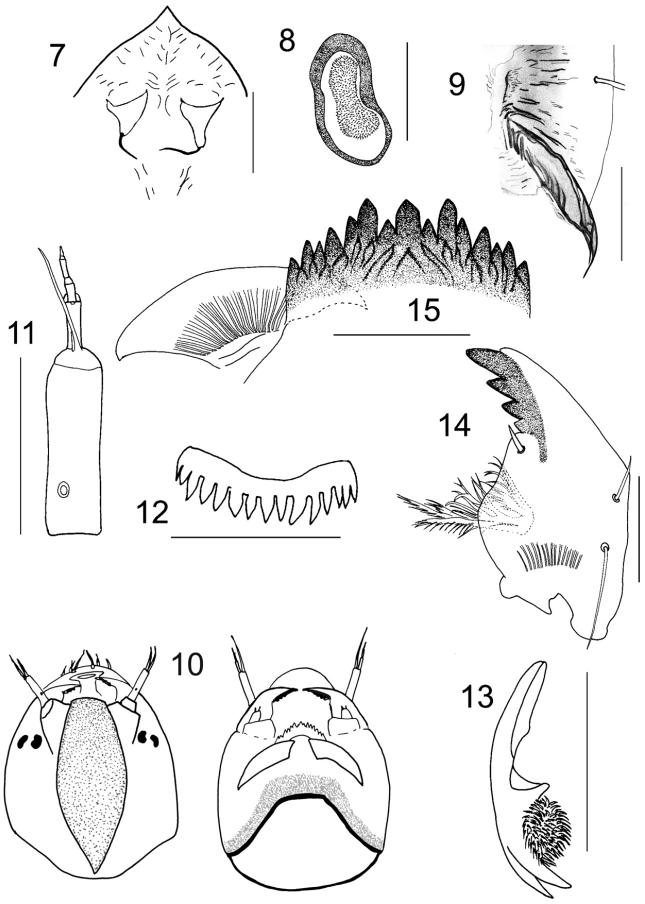
Dimensions. Length of abdomen 4.1–4.6 mm. Exuviae pale brown.

Cephalothorax. Cephalic tubercles conical (Figure 7); frontal setae 46-69 µm long. Thoracic horn basal ring as in Figure 8. Thorax granulose in anteromedian dorsal region; scutal tubercle present. Thoracic setation: two lateral antepronotals (Laps); two precorneals (PC); four dorsocentrals (DC_{1-4}); distance between DC_1 to DC_4 about 150 µm. *Abdomen*. Tergite VI with a pair of small posterior patches of shagreen points; VI and VII with fine shagreen near anterior margin; VIII with pair of posterocentral patches of fine shagreen. V and VI with posterolateral point patches. Conjunctives IV/V, V/VI and VI/VII with fine shagreen. Hook row continuous, occupying 2/3 width of segment II. Pedes spurii B present on segment II. Pedes spurii A present on segment IV. Spur on segment VIII with 1 apical tooth (Figure 9). Segments I–IV with 0, 3, 3, 3 L setae, respectively; segments V–VIII all with 4 taeniae. Anal lobe with 1 stout dorsal seta and about 122 taeniate fringe setae.

4th instar larva (n = 10)

Dimensions. Total length 8.5–12.0 mm. Coloration: body red; head yellowish, head with postmentum and frontoclypeus light brown (Figure 10).

Head. Ventral head length 255–298 µm; head width 441–590 µm. Antenna (Figure 11), 132–155 µm long; AR=1.67–2.52; L1=89–100 µm; L2=29–31 µm, W1=31–37 µm; L1/L2 = 3.07–3.38; L1/W1= 2.54-3.22; ring organ near base; antennal blade surpassinmg segment five. Pecten epipharyngis (Figure 12), simple, consisting of about 15 subequal teeth. Premandible (Figure 13), with two subequal teeth and well-developed brush. Mandible (Figure 14), with yellowish brown dorsal tooth, apical and 3 inner teeth blackish, 3rd inner tooth slightly ligther; inner margin with 2 little spines. Mentum (Figure 15), with trifid median tooth and 6 pairs of blackish lateral teeth; 4th lateral tooth slightly shorter than 3rd and 5th. Ventromental plates separated by about 1/3 width of mentum, anterior margin smooth. Internal apex of the ventromental plate bent down.



Figures 7-15. *Chironomus amissum* sp. n. Pupa. **7.** Frontal apoteme and frontal tubercles. **8.** Thoracic basal ring. **9.** Anal spur. Larva. **10.** Head, dorsal and ventral view **11.** Antenna. **12.** Pecten epipharyngis. **13.** Premandible. **14.** Mandible. **15.** Mentum and ventromental plate. Scales: Figure 12 = 50 µm; others = 100 µm.

Abdomen. Lateral and ventral tubules of the plumosus-type (Andersen 1949); lateral tubules about 1/4 as long as 8th abdominal segment; ventral tubules, 1.5-2.4 mm long. Anal tubules with median constriction.

Karyotype (n = 8)

The chromosome set of the species is 2n=8. *Chironomus amissum* sp. n. belongs to *pseudothummi* cytocomplex with chromosome arm combinations: AE BF CD G (Figures 16a,b; 17a,b). Chromosomes AE BF CD are metacentric and chromosome G - telocentric. Chromosome arm C has a Nucleolar Organizer (NOR), while chromosome arm G has the other key structure Balbiani Ring (BR), which is localized in the middle of this arm. The centromere regions of the polytene chromosomes of the species are distinct, looked like dark heterochromatin bands.



Figure 16. Polytene chromosomes of *Chironomus amissum* sp. n. **a.** Chromosome AE. **b.** Chromosome BF. Bar – 100 µm. A large arrow indicates the centromere region, a small arrow shows the band patterns by which this arm is recognized.

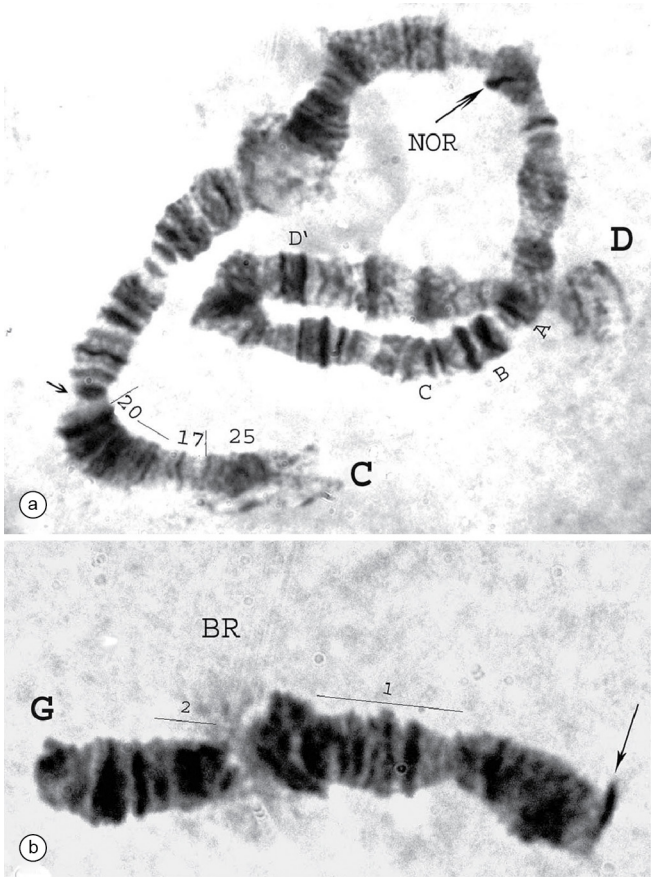


Figure 17. Polytene chromosomes of *Chironomus amissum* sp. n. **a.** Chromosome CD. **b.** Chromosome G. Bar - 100 µm. A large arrow indicates the localization of the centromere region, a small arrow shows the marker band patterns of the arm C.

Chromosome AE (Figure 16a):
Arm A:

1a - e - 3b - 2d - 9 - 10 - 12 - 6d - 6c - 5 - 4 - 2c - 1f - 3c - i - 13 - 19 **Chironomus amissum sp. n.**

1a - e - 3b - 2d - 9 - 6c - 6d - 12 - 10 - 5 - 4 - 2c - 1f - 3c - i - 13 - 19 **Inter 4**

1a - e - 3b - 2d - 9 - 6c - 4 - 5 - 10 - 12 - 6d - 2c - 1f - 3c - i - 13 - 19 **Inter 3**

1a - e - 3b - 2d - 9 - 6d - 12 - 10 - 5 - 4 - 6c - 2c - 1f - 3c - i - 13 - 19 **Inter 2**

1a - e - 6c - 4 - 5 - 10 - 12 - 6d - 9 - 2d - 3b - 2c - 1f - 3c - i - 13 - 19 **Inter 1**

1a - e - 6c - 5 - 4 - 10 - 12 - 6d - 9 - 2d - 3b - 2c - 1f - 3c - i - 13 - 19 ***C. columbiensis***

It is five inversion steps distant from the American species - *C. columbiensis*

Arm A:

1a - e - 3b - 2d - 9 - 10 - 12 - 6d - 6c - 5 - 4 - 2c - 1f - 3c - i - 13 - 19 ***C. amissum* sp. n.**

1a - e - 4 - 5 - 6c - 6d - 12 - 10 - 9 - 2d - 3b - 2c - 1f - 3c - i - 13 - 19 **Inter 3**

1a - e - 10 - 12 - 6d - 6c - 5 - 4 - 9 - 2d - 3b **Inter 2**

1a - e - 10 - 12 - 4 - 5 - 6c - 6d - 9 - 2d - 3b **Inter 1**

1a - e - 12 - 10 - 4 - 5 - 6c - 6d - 9 - 2d - 3b- 2c - 1f - 3c - i - 13 - 19 ***C. anonymus***

It differs from *C. anonymus* (Wülker et al. 1989) by four inversion steps.

Arm E:

1 - 2 - 9 - 10b - 3e - a - 8 - 3f - 10 - 13 ***C.s amissum* sp. n.**

1 - 2 - 3e -10b - 9 - a - 8 - 3f - 10c - 11 - 12bc - 13 **Inter 2**

1 - 2 - 3e - 10b - 9 - a - 3f - 8 - 10c - 11 - 12b c - 13 **Inter 1**

1 - 2 - 3e - 10b - 9 - a - 3f - 8 - 12b - 11 - 10c - 12c - 13 ***C. calligraphus* Goeldi, 1905**

It coincided with band sequences of *C. columbiensis* and *C. anonymus* (Wülker et al. 1989), as well as those of *C. reissi* Correia et al., 2005 and *C. inquinatus* Correia et al., 2006. Three inversion steps distinguished it from *C. calligraphus* (Spies et al. 2002).

In one individual, a somatic heterozygous inversion was established only in few cells.

Chromosome BF (Figure 16b**)**

Arm B:

There is a marker of this arm close to centromere region: a puff, characterized by group of dark bands on both sites. The band sequences, indicated in the pictures by 1-3-2-4 is similar to those of *C. columbiensis* Wülker et al. 1989 - they differ by two steps of inversions:

1 - 3 - 2 - 4 ***C. amissum* sp. n.**

2 - 3 - 1 - 4 **Inter 1**

4 - 1 - 3 - 2 ***C. columbiensis***

Arm F:

1 - 16 - 19 - 6d - 2 - 11 - 6c - 13 - 12 - 14 - 15 - 20 - 23 ***C. amissum* sp. n.**

1 - 16 - 19 - 6b - 2 - 15 - 14 - 12 - 13 - 6c - 11 - 20 - 23 ***C. anonymus***

It is distinguished by one inversion step from the American species *C. anonymus*.

Chromosome CD (Figure 17a)

Arm C:

There is a Nucleolar Organizer in the middle of the arm. This arm can be recognized by constriction in section, indicated by arrow (↓), a marker of this arm of the species in genus *Chironomus* (Michailova 1989, Kiknadze et al. 1991). The band sequences 25-17-20 are similar to those of European species: *C. muratensis* Ryser et al., 1983 (Kiknadze et al. 1991).

A somatic heterozygous inversion was detected in few cells of a single specimen.

Arm D:

The band sequences indicated as A B C are similar to those of *C. columbiensis* and are in an identical position, close to the centromere region. Double bands, indicated as D' are marker of the arm and can be seen in other species as *C. anonymus*, *C. columbiensis*, *C. inquinatus* and *C. reissi*.

Chromosome G (Figure 17b)

It has a Balbiani ring, both homologues are always pared. The band sequences 1-2, located on both sites of Balbiani ring are very similar to those of *C. anonymus*.

Discussion

The male of *Chironomus amissum* sp. n. differs from most species of the genus in the Neotropical region by shape of superior volsella, except from *C. calligraphus*, *C. inquinatus* and *C. reissi*. It is distinguished from *C. calligraphus* and of *C. reissi* by the different coloration pattern of the legs and of *C. inquinatus* by different coloration of the abdominal tergites. The larva of *Chironomus amissum* sp. n. congregates the same morphological characteristics of *C. calligraphus* separating from this by the shape of the internal apex of the ventromental plate (as in Trivinho-Strixino 2011, Fittkau 1965); the new species also differs from *C. inquinatus* and *C. reissi* by different coloration of frontoclypeal apotome.

The new species belongs to pseudothummi complex, and has main similarities in band sequences of previously described North and South American species: *C. columbiensis, C. anonymus* , *C. calligraphus*, *C. reissi* and *C. inquinatus*. However, it has species-specific band patterns and differed from the above mentioned species by fixed homozygous inversions.

Arm A is more diverged in comparison with other species, and this is in agreements with Wülker & Morath's (1989) idea that this arm is mainly involved in the karyotype divergence of South American species. Very conservative is the band sequences of arm E - it is not changed in comparison with other American species. Also, groups of bands close to the centromere and telomere regions of arms A, B, C, D, E and F are constant and found in other American species (Wülker et al. 1989, Correia et al. 2005, 2006). Only one step of inversion in arm F distinguished this species from *C. anonymus*. It is important to underline that arm C shows some similarities in band patterns with the European species *C. muratensis* Ryser, Scholl & Wülker, 1983 (Kiknadze et al. 1991). The observed somatic alterations (heterozygous inversions in arms C and E) are possible indicators for existence of some pollutants in the water basins (Lagadic & Caquet 1998, Michailova et al. 2009).

Acknowledgements

The authors thank all colleagues who collaborated during the field and laboratory work. Financial support were provided by CNPq (PDJ Grant, 152027/2005-0) and CNPq (Pr. No 306402/2010-6) and project granted by Bulgarian Academy of Sciences.

The authors thank to the reviewer for evaluating the manuscript and valuable suggestions.

References

ANDERSEN, F.S. 1949. On the subgenus *Chironomus*. Studies on the systematics and Biology of Chironomidae III. Vidensk. Meddel. Dansk Naturhist. Foren. III:1-66.

CORREIA, L.C.S. & TRIVINHO-STRIXINO, S. 2005. New records of *Chironomus* Meigen (Diptera, Chironomidae) in the State of São Paulo, Brazil. Rev. Bras. Entomol. 49(3):430-433. http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262005000300015

CORREIA, L.C.S. & TRIVINHO-STRIXINO, S. 2007. New species of *Chironomus* Meigen (Diptera: Chironomidae: Chironominae) from Brazil. Zootaxa 1504:53-68

CORREIA, L.C.S., TRIVINHO-STRIXINO, S. & MICHAILOVA, P. 2005. A new species of *Chironomus* Meigen, 1803 (Diptera, Chironomidae) from the southeast of Brazil. Stud. Neotrop. Fauna E. 40(1):29-38. http://dx.doi.org/10.1080/01650520500040645

CORREIA, L.C.S., TRIVINHO-STRIXINO, S. & MICHAILOVA, P. 2006. A new species of *Chironomus* Meigen (Diptera: Chironomidae: Chironominae) from polluted streams of southeastern Brazil. Zootaxa 1130:57-68.

FITTKAU, E. J. 1965. Revision der von E. Goeldi aus dem Amazonasgebiet beschriebenen Chironomiden (Diptera). Chironomidenstudien X. Beitr. Neotrop. Fauna 4:209-226. http://dx.doi.org/10.1080/01650526509360389

KEYL, H. 1962. Chromosomen evolution bei *Chironomus*. II. Chromosomen umbauten und phylogenetische Beziehungen der Arten . Chromosoma 13:464-514. http://dx.doi.org/10.1007/BF00327342

KIKNADZE, I.I., SHILOVA, A., KEKRIS, I., SHOBANOV, N., ZELENZOV, N., GREBENJUK, F., ISTOMINA, A. & PRASLOV, B. 1991. Karyotype and morphology of larvae in Chironomini. Atlas Novosibirsk, 117p.

LAGADIC, L. & CAQUET, T.H. 1998. Invertebrates in testing of Environmental Chemicals: Are they Alternatives? Environ. Health Persp. 106(2):593-613. PMid:9599707 PMCid:PMC1533415.

LANGTON, P.H. 1994. If not ''filaments'' then what? Chironomus 6:9.

MICHAILOVA, P. 1989. The polytene chromosomes and their significance to the systematics of the family Chironomidae, Diptera. Acta Zool. Fenn. 186:1-107.

MICHAILOVA, P., ILKOVA, J., KERR, R. & WHITE, K. 2009. Chromosome variability in *Chironomus acidophilus* Keyl from the AfonGoach, UK – a river subject to long – term metal pollution. Aquat. Insect. 31(3):213-225. http://dx.doi.org/10.1080/01650420903113711

SÆTHER O.A. 1980. Glossary of chironomid morphology terminology (Diptera: Chironomidae). Entomol. Scand. Suppl. 14:151.

SPIES, M., SUBLETTE J.E., SUBLETTE, M.F., WÜLKER, W.F., MARTIN, J., HILLE, A., MILLER, M.A. & WITT, K. 2002. Pan- American *Chironomus calligraphus* Goeldi, 1905 (Diptera, Chironomidae):species of complex? Evidence from external morphology, karyology and DNA sequences. Aquat. Insect. 24:91-113. http://dx.doi.org/10.1076/aqin.24.2.91.4900

STRENZKE, K. 1959. Revision der Gattung *Chironomus* MEIG. I. Die Imagines von 15 norddeutschen Arten und Unterarten. Arch. Hydrobiol. 56:1-42

TRIVINHO-STRIXINO, S. 2011. Larvas de Chironomidae: Guia de identificação. São Carlos: UFSCar. v.1, 2 e 3, 371p.

WÜLKER W. & MORATH, E. 1989. South American Chironomus (Diptera) – karyotypes and their relations to North America. Acta Biol. Debrec. Oecol. Hung. 2:389-397.

WÜLKER, W., SUBLETTE J.J.E., MORATH, E. & MARTIN, J. 1989. *Chironomus columbiensis* n. sp. in South America and *Chironomus anonymus* Williston in North America – closely related species. Stud. Neotrop. Fauna E. 24:121-136. http://dx.doi.org/10.1080/01650528909360783

Received 05/21/2013
Revised 10/12/2013
Accepted 11/14/2013

First record of the freshwater copepod *Eucyclops titicacae* Kiefer, 1957, new rank (Copepoda, Cyclopoida) in Colombia

***Juan Manuel Fuentes-Reinés*[1,3] *& Eduardo Suárez-Morales*[2]**

[1]Universidad del Magdalena, Grupo de Investigación en Limnología.
A.A 731 Santa Marta, Magdalena, Colombia
[2]El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), A.P. 424, 77014 Chetumal, Quintana Roo, Mexico
[3]Corresponding author: Juan Manuel Fuentes-Reinés, e-mail: juanmanuelfuentesreines@yahoo.com

FUENTES-REINÉS, J. M. & SUÁREZ-MORALES, E. **First record of the freshwater copepod *Eucyclops titicacae* Kiefer, 1957, new rank (Copepoda, Cyclopoida) in Colombia**. Biota Neotrop. (13)4: http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/en/abstract?article+bn01613042013

Abstract: The freshwater cyclopoid copepod *Eucyclops titicacae* Kiefer, 1957, new rank, was previously known as a subspecies of *E. neumani* (Pesta, 1927). Hitherto, it was recorded only from Lake Titicaca in Peru and Lake Valencia in Venezuela. This species is here recorded from Laguna Navío Quebrado, La Guajira, northern Colombia. This is the first record of *E. titicacae* in Colombia and the third locality in which this species has been reported from. We provide comparative data on the morphology of this copepod. The Colombian specimens have the combination of diagnostic features of *E. neumani titicacae* as reported in both the original description and subsequent taxonomical accounts, including: 1) spinules on caudal rami not reaching halfway the outer margin; 2) caudal rami length/width ratio= 6.0; 3) length/width ratio of third endopodal segment of fourth leg=1.66; 4) inner spine of fifth leg being shorter than the two adjacent setae. The consistent morphologic differences and the isolation of *E. neumani titicacae* with respect to *E. neumani neumani* , each related to a different biogeographic subregion in South America, support the notion that these are two separate species, *E. neumani* and *E. titicacae*. Considering this interesting addition, the number of species of *Eucyclops* known from Colombia increases to 8; a key for the identification of these species is also provided.
Keywords: *continental copepods, taxonomy, freshwater zooplankton, Laguna Navío Quebrado, Colombia, distribution.*

FUENTES-REINÉS, J. M. & SUÁREZ-MORALES, E. **Primer registro del copépodo de agua dulce *Eucyclops titicacae* Kiefer, 1957, nuevo rango (Copepoda, Cyclopoida) en Colombia.** Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/pt/abstract?article+bn01613042013

Resumen: El copépodo ciclopoide de agua dulce *Eucyclops titicacae* Kiefer, 1957, nuevo rango, se conocía previamente como una subespecie de *E. neumani* (Pesta, 1927). Se había registrado solamente en los lagos Titicaca en Perú y Valencia en Venezuela. Esta especie se registra ahora en la Laguna Navío Quebrado, La Guajira, norte de Colombia. Este es el primer reporte de *E. titicacae* en Colombia y la tercera localidad en cual esta especie ha sido reportada. Se ofrece información comparativa sobre la morfología de este copépodo. Los especímenes de Colombia tiene la combinación de caracteres diagnósticos de *E. neumani titicacae* como se presentaron en la descripción original y en trabajos taxonómicos subsecuentes, incluyendo: 1) las espínulas de la rama caudal no alcanzan la mitad del margen externo, 2) la relación largo/ancho de la rama caudal = 6.0, 3) la relación longitud/ancho del tercer segmento endopodal de la cuarta pata = 1.66, 4) la espina interna de la quinta pata es más corta que las dos setas adyacentes. Las consistentes diferencias morfológicas y el aislamiento de *E. neumani titicacae* con respecto a*E. neumani neumani* , que se distribuyen en subregiones biogeográficas distintas en América del Sur, apoyan la idea de que se tratan de dos especies separadas, *E. neumani* y *E. titicacae* . Considerando esta interesante adición, el número de especies de*Eucyclops* conocidas para Colombia se incrementa a 8; se proporciona una clave para la identificación de estas especies.
Palabras clave: *copépodos continentales, taxonomía, zooplancton de agua dulce, Laguna Navío Quebrado, Colombia, distribución.*

Introduction

The freshwater cyclopoid copepod *Eucyclops neumani* (Pesta, 1927), described originally from Argentina, is known to contain two subspecies, *E. neumani neumani* (Pesta, 1927), distributed mainly in Argentina, Paraguay and Brazil (Reid 1985, Dussart & Frutos 1986, Silva 2008, Mercado-Salas et al. 2012) and *E. neumani titicacae* Kiefer 1957, originally described from Lake Titicaca (Peru and Bolivia) (Kiefer 1957). According to Alekseev & Defaye (2011), *E. neumani titicacae* is a member of the *E. serrulatus* species group, comprising species with 12-segmented antennules bearing a smooth hyaline membrane on the three distal segments, caudal ramus of moderate length (3.5-7.0 length/width ratio), a strong inner spine of leg 5, and one or two groups of hairs on the distal margin of the antennary basipodite, among other characters.

As stated by Silva (2008), *E. neumani titicacae* was previously known to be restricted to its type locality, Lake Titicaca, where it has also been recorded as *E. neumani* (Ueno 1966). However, it was realized that an older record of "*Cyclops serrulatus*" published by Pearse (1922) from Lake Valencia, Venezuela, was assignable to *E. neumani titicacae* (Reid 1985). It was subsequently reported, also as *E. neumani* by Infante (1978) and Infante et al. (1979) from the same Venezuelan lake (Reid 1985). These two large Neotropical lakes (Titicaca and Valencia) are the only sites in which this subspecies has been observed. During a biological survey of the lagoon system in the La Guajira region in northern Colombia, littoral plankton samples were obtained. Female specimens of a cyclopoid copepod assignable to *E. neumani titicacae* were collected. We report this finding together with a morphological comparison with *E. n. neumani* to support this interesting record in Colombia.

Material and Methods

A limnological survey of the Laguna Navío Quebrado (11° 25' N, 75° 5' W), in the department of La Guajira, northern Colombia was carried out during the dry season (April, 2012). A total of three adult female specimens of *Eucyclops neumani titicacae* were found in a sample taken with a plankton net (0.4 mm mesh size) hauled among submerged macrophytes at a depth of 0.5 m. The pH of the water was 7.6. The original samples were fixed and preserved in 70% ethanol. The specimen was dissected and the taxonomically relevant appendages were mounted in semi-permanent slides that were deposited in the Museo de Colecciones Biológicas of the Universidad Del Atlántico, Barranquilla-Atlántico, Colombia (UARC). The appendages were photographed using a Kodak Easy Share C140 digital camera adapted to a compound microscope; drawings were prepared with a camera lucida. The specimens were deposited in the collection of the Museum of the Universidad del Atlántico, in Barranquilla, Colombia (UARC) and in the first author's collection. The identification key presented in this contribution was prepared following the species discriminating characters proposed by Reid (1985) and Suárez-Morales et al. (2004).

Results and Discussion

Order Cyclopoida BURMEISTER, 1835
Family Cyclopidae RAFINESQUE, 1815
Subfamily Eucyclopinae KIEFER, 1927
Genus *Eucyclops* Claus, 1893
Eucyclops titicacae Kiefer, 1957, new rank

Material examined: Three adult female specimens collected April, 2012 from Laguna Navío Quebrado (11° 25' N, 75° 5' W), altitude: 0 m, La Guajira, northern Colombia, plankton net of 45µm mesh size, among submerged macrophytes. Specimens dissected, semi-permanent slides (UARC88M-95M).

Morphology. Body length of female specimens: 0.98-1.03 mm (Figure 1A). Our specimens are slightly smaller than those from Lake Titicaca and Lake Valencia (females 1.0-1.27 mm). Body shape and proportions as described by Kiefer (1957). The specimen examined bears the diagnostic features of *E. neumani titicacae*, as follows:

Antennules with 12 segments (Figure 1B), armature per segment as follows (s=seta, ae=aesthetasc, sp=spine): 1(8s), 2(4s), 3(2s), 4(6s), 5(4s), 6(1s+1sp), 7(2s), 8(3s), 9(2s+1ae), 10(2s), 11(3s), 12(8s). The proportional length of the last three antennulary segments are, from proximal to distal: 24.2: 35.7: 40.1 (Figure 1C), similar to the proportions of the original description (25.8: 33.6: 40.6) (Kiefer 1957, fig. 12). The three distal segments (10-12) have a smooth hyaline membrane that is typical among members of the *E. serrulatus*-species group (Alekseev & Defaye 2011) (Figure 1C, D). The ornamentation of the antennal basis was not fully observable in the specimen available and is thus incomplete, but some of the main groups of spines were identified (Figure 1F); in general, their position and number of elements agrees with the data provided by Alekseev & Defaye (2011) for *E. neumani titicacae*. The first swimming leg has 3-segmented endopod and exopod, the inner basipodal seta is strong, setulose and with spinules at its point of insertion (Figure 2A). The intercoxal sclerite has a medial row of small spinules (arrowed in Figure 2B). The second leg (Figure 2C) has also 3-segmented rami and the intercoxal sclerite has a single medial row of spinules (arrowed in Figure 1E). The third leg (Figure 3A) has 3-segmented rami and the intercoxal sclerite has two rows of spinules (II and III, following Alekseev & Defaye 2011) on medial position (Figures 2E,F, 3B). The absence of distal row I is a difference of the Colombian specimens with respect to the type locality; in those specimens Alekseev & Defaye (2011) reported the presence of row I with long hair-like elements. The fourth leg has also 3-segmented rami (Figure 3C), the third endopodal segment of leg 4 is about 1.66 longer that it is wide (Figure 3C); the proportion of this structure measured from the original description is 1.57 (Kiefer 1957, fig. 13) and 1.55 from Ueno's report (Ueno 1966, fig. 71). The ornamentation of the intercoxal sclerite of the fourth swimming leg is represented by 3 rows of spinules (I-III) with longer elements along the distal margin (row I) (arrows in Figure 3D, Kiefer 1957, fig. 13). In addition, the inner basipodal seta is uniserially setulated in the Colombian specimen (Figures 3D, 4A), a character also present in the specimens from Lake Titicaca (Kiefer 1957, fig. 13). The ornamentation of the fourth leg coxopodite (Figure 4B, C) was evaluated following the nomenclature proposed by Alekseev & Defaye (2011); groups A, B, C+D, E, H, and I are present, thus agreeing with Alekseev & Defaye (2011) observations from the type specimens. The fifth leg inner spine is shorter than the two adjacent setae (Figures 4D, E, Kiefer 1957, fig. 14, Ueno 1966, fig. 70). In the Colombian specimen the spinules on the outer margin of the caudal rami are restricted to a row of 4-6 spinules inserted on a reduced area close to the insertion of the outer seta. The row of spinules does not reach half the length of outer margin (Figure 4F, Kiefer 1957, fig. 11, Ueno 1966, fig. 70). The length/width proportion of the caudal ramus in the Colombian specimen (6.0) (Figure 4F) is within the range known in the Titicaca specimens, varying between 5.7 and 6.4 (Kiefer 1957, Ueno 1966, Reid 1985). In our specimen the length ratio dorsal caudal seta/ caudal ramus length is 0.4; this ratio is 0.3 in the Titicaca specimens (Kiefer 1957).

This species closely resembles its congener *E. neumani*, also a Neotropical species (Pesta 1927, Reid 1985, Dussart & Frutos 1986) and both can be easily confused. Ueno (1966) reported it as *E. neumani* from the Bolivian side of Lake Titicaca; it is probable

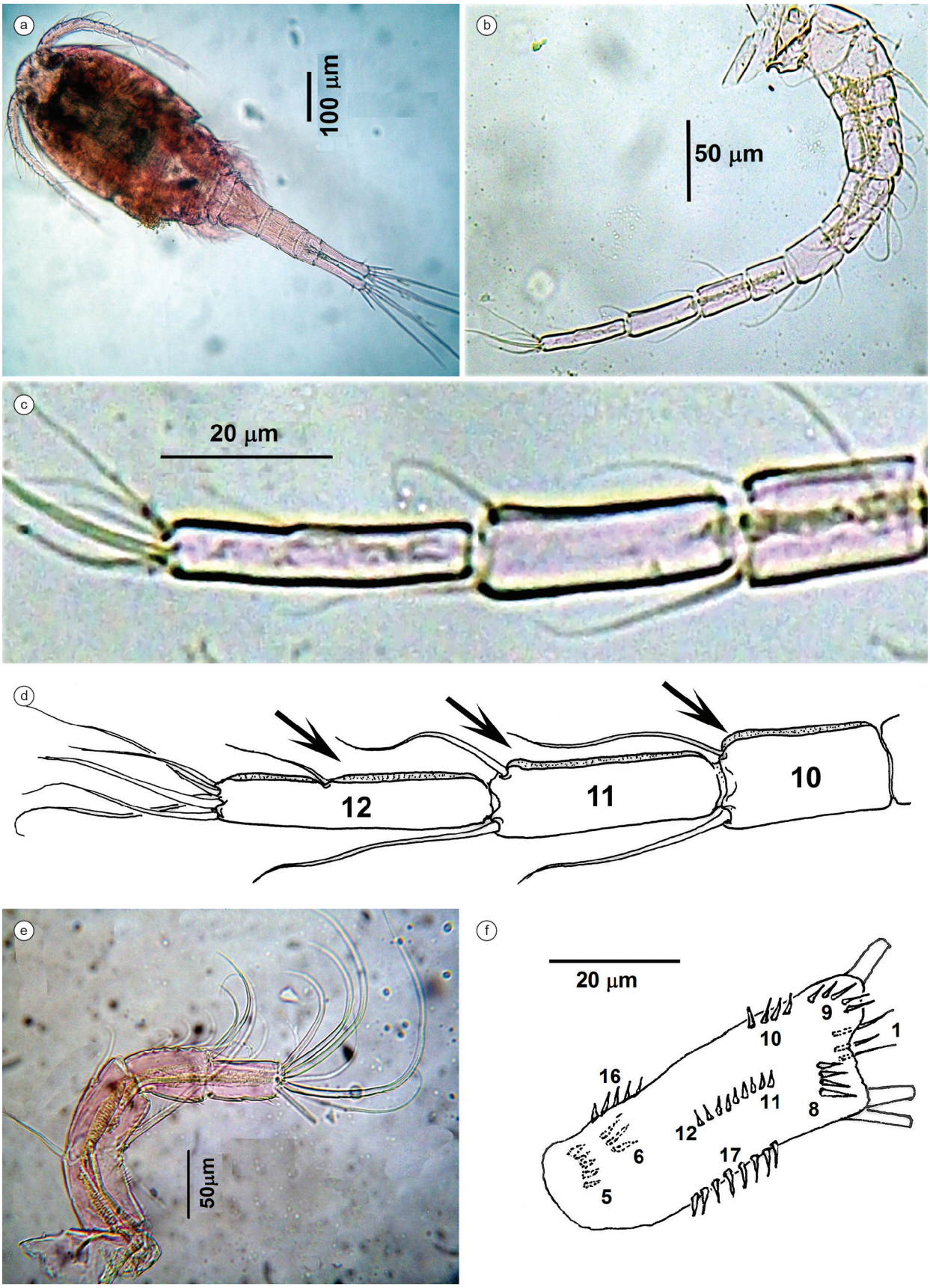


Figure 1. *Eucyclops neumani titicacae* from La Guajira, Colombia. Adult female. A. habitus, dorsal view. B. antennule. C. distal three antennulary segments. D. same, showing smooth hyaline membrane (arrowed) on segments 10-12; E. antenna; F. antennary ornamentation showing combined caudal and frontal surfaces; nomenclature of spine groups follows Alekseev & Defaye (2011).

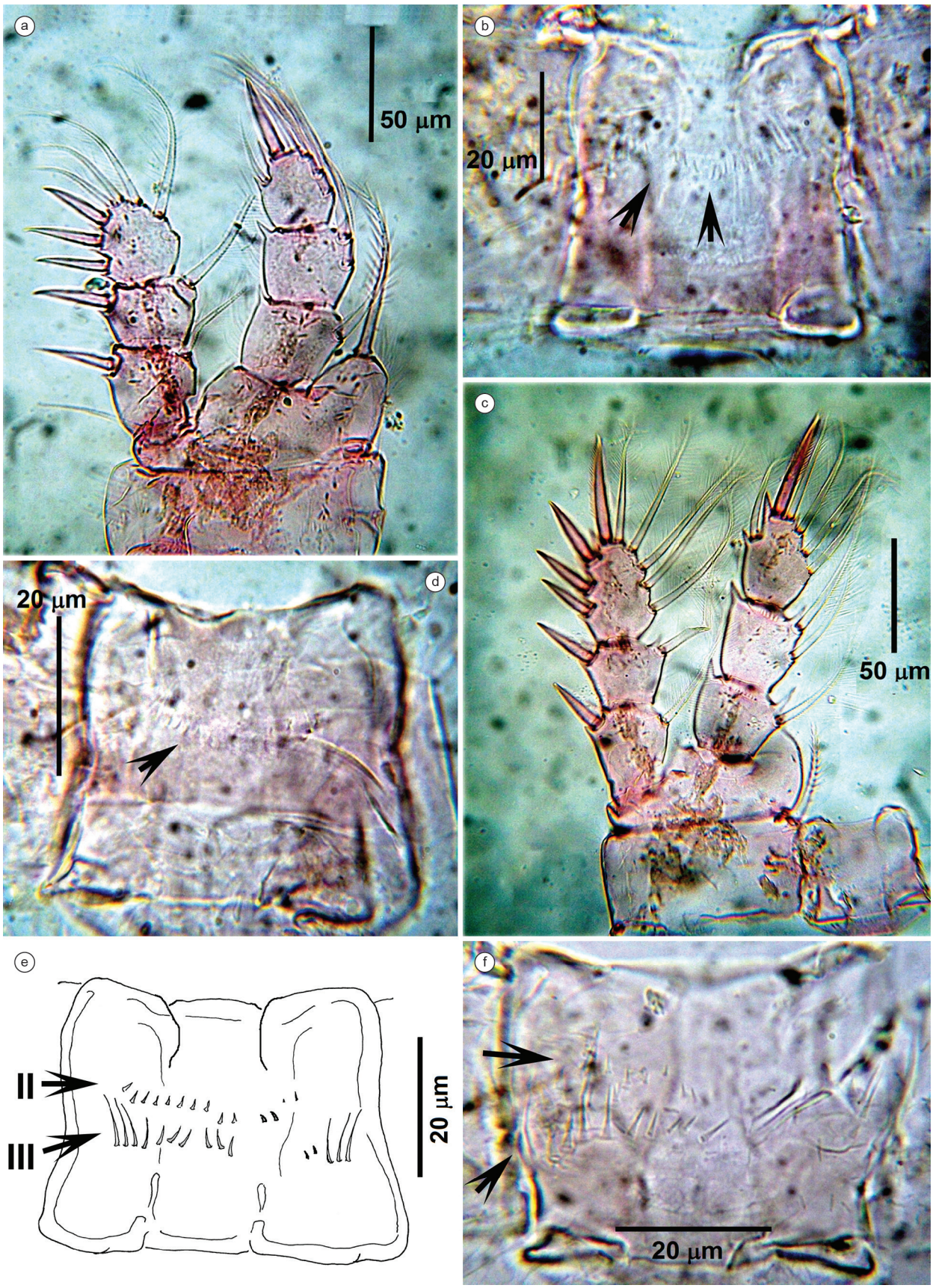


Figure 2. *Eucyclops neumani titicacae* from La Guajira, Colombia. Adult female. A. leg 1. B. intercoxal sclerite of leg 1. C. leg 2. D. intercoxal sclerite of leg 2. Intercoxal sclerite of leg 3 (E) showing two rows (II, III) of setal elements, nomenclature follows Alekseev & Defaye (2011); F. same, with position of both rows (arrowed).

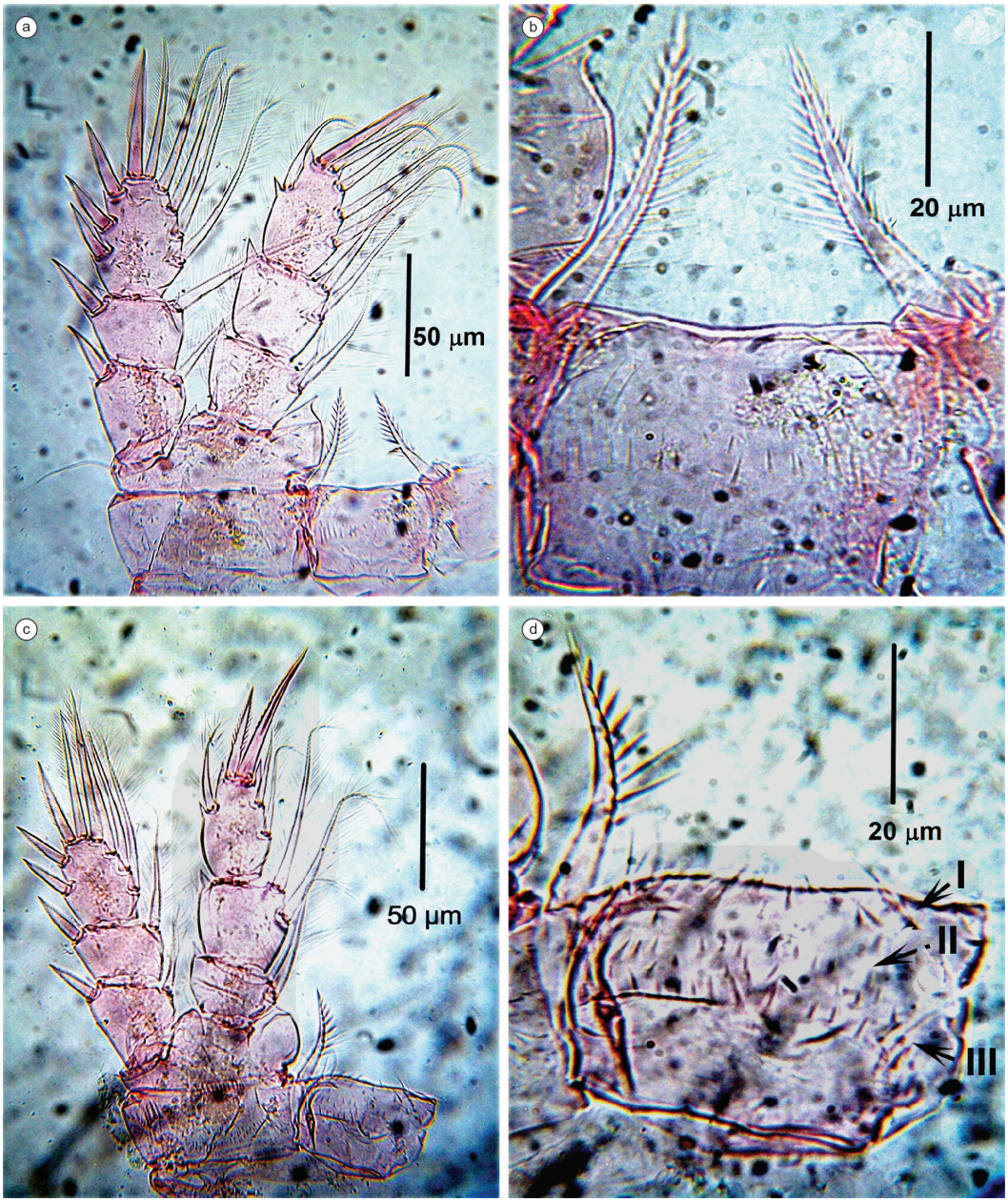


Figure 3. *Eucyclops neumani titicacae* from La Guajira, Colombia. Adult female. A. leg 3. B. intercoxal sclerite of leg 3; C. leg 4; D. intercoxal sclerite of leg 4 showing three rows (I-III) of setal elements, nomenclature follows Alekseev & Defaye (2011).

that he was not aware of Kiefer's description of *N. neumani titicacae*. These two subspecies can be distinguished by several subtle characters including: 1) the consistently shorter saw of the caudal rami in *E. n. titicacae*, mainly restricted to a few spinules (4-6) adjacent to the insertion point of the outer lateral seta (Ueno 1966, fig. 70). In *E. n. neumani* the saw is clearly longer, with more spines (+15), and it reaches half the length of the ramus (Reid 1985, Dussart & Frutos 1986, fig. 33); 2) the length/width ratio of the third endopodal segment of the fourth leg is 1.5-1.6 in *E. n. titicacae* (Ueno, 1966, fig. 71) and 1.8 in *E. n. neumani* (Dussart & Frutos 1986, fig. 35); 3) the length of the fifth leg spiniform setal element is shorter than the other two setae in *E. n. titicacae* (Kiefer 1957, Ueno 1966) whereas the three elements are equally long in *E. n. neumani* (Dussart & Frutos 1986, fig. 34). An additional character is the length ratio of the dorsal seta/caudal ramus length, the figure is 0.22 in *E. n. neumani* (Dussart & Frutos 1986) and 0.30–0.45 in *E. neumani titicacae*. Overall, it is confirmed that the morphological differences between these two taxa are consistent and are probably related to separate species.

1. Distribution

According to the biogeographic analysis by Mercado-Salas et al. (2012), the track of *E. n. titicacae* runs from Lake Titicaca-Peru to Lake Valencia-Venezuela. The latter water body is relatively near the new locality in Colombia. Hence, this finding is consistent with the Western Amazonian (WA) biogeographic track defined for this subspecies (Mercado-Salas et al. 2012) and expands this track toward the northern Colombian coast. This WA track also connects two important Neotropical basins, the Amazon and the Orinoco; a recent survey provides evidence showing active gene flow and dispersal between these two large basins through the Casiquiare corridor (Willis et al. 2010). The southern limits of the large Amazonian subregion are determined by the historical separation of the Paraguay

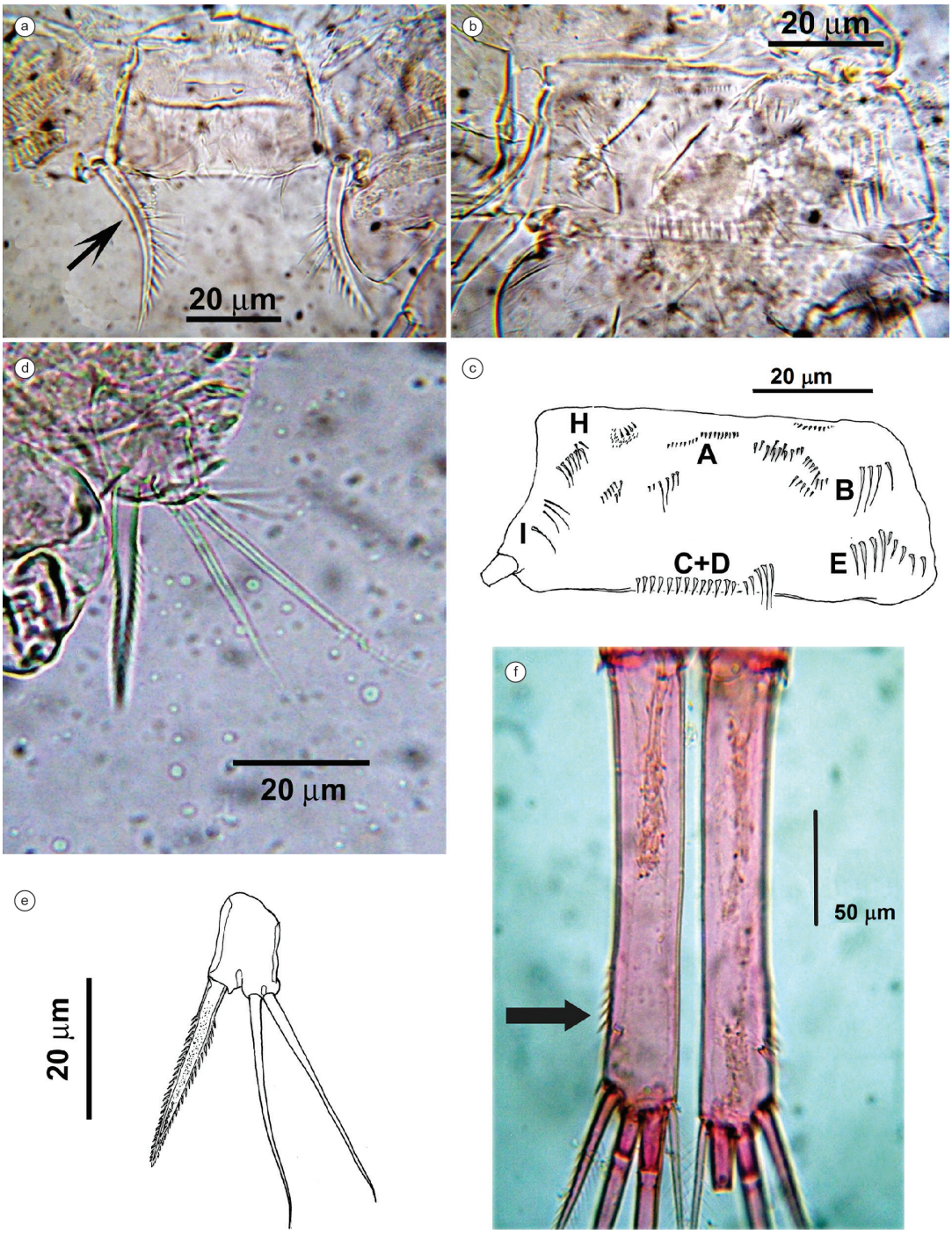


Figure 4. *Eucyclops neumani titicacae* from La Guajira, Colombia. Adult female. A. leg 4, intercoxal sclerite of another specimen showing ornamentation and gap of inner coxal seta (arrowed); B. coxopodite of leg 4; C. coxopodite of leg 4 showing ornamentation following nomenclature by Alekseev & Defaye (2011); D. fifth leg; E. fifth leg of another specimen showing spiniform seta shorter than adjacent terminal setae; F. caudal rami showing reduced saw (arrowed, with only 4-6 elements) on outer margin.

and Paraná rivers from the Amazonas basin. This biogeographic province, the Chacoan subregion (Urtubey et al. 2010) is independent from that related to the known distributional pattern of *E. n. neumani*, a species known from Argentina, Paraguay, Uruguay, and central and southern Brazil (Reid 1985, Mercado-Salas et al. 2012). This is an additional evidence to support the notion that these subspecies are likely to represent independent species, *E. neumani* (Pesta, 1927), and *E. titicacae* Kiefer, 1957.

The present record expands the occurrence of the former subspecies *E. neumani titicacae* (as *E. titicacae*) to Colombia, and it is now known to occur in three sites of South America (Figure 5). In addition, these localities represent also a remarkable range of altitude for this species: 3805m (Lake Titicaca), 407 m (Lake Valencia), and 0 m (Navío Quebrado Lagoon). Considering this new record, the number of species of *Eucyclops* known for the Colombian copepod fauna (Gaviria & Aranguren 2007) increased to 8.



Figure 5. Map showing records of *Eucyclops titicacae* Kiefer, 1957, a species known from three localities in South America.

Key for the identification of the nominal species of *Eucyclops* recorded in Colombia

Additional characters can be found in Reid (1985), Suárez-Morales (2004) and Alekseev et al. (2006).

1A. Caudal rami less than 5 times longer than wide 2

1B. Caudal rami between 5.1-8.5 times longer than wide 5

2A. Serra of caudal rami extending about 1/8 of outer margin, lateral caudal seta shorter than the ramus width ..... *E.* cf. *alticola* Kiefer, 1957

2B. Serra of caudal rami extending more than 1/8 of outer margin, lateral caudal seta as long as or longer than ramus width 3

3A. Inner spine of leg 5 shorter than outer seta ..... *E. bondi* Kiefer, 1934

3B. Inner spine of leg 5 about as long as outer seta 4

4A. Middle seta of leg 5 as long as outer seta ..... *E. pseudoensifer* Dussart, 1984

4B. Middle seta of leg 5 clearly longer than inner seta ..... *E. delachauxi* (Kiefer, 1925)

5A. Caudal rami with spinules forming continuous saw along outer margin 6

5B. Caudal rami saw with spinules arranged in one or two distinct groups along outer margin 7

6A. No setules on the caudal surface of the antennary basis. Setulation along the outer margin of the coxal spine of leg 4 with no gap ..... *E. speratus* (Lilljeborg, 1901)*

*Record probably assignable to *E. solitarius*, characters of this species should be checked. The distribution of *E. speratus* appears to be restricted to Europe (Alekseev et al. 2006)

6B. Caudal surface of the antennary basis with setules. Outer margin of coxal spine of leg 4 with gap ..... *E. serrulatus* (Fischer, 1851) **

** This record from Colombia and others from South America should be revised as part of this complex species-group. The species is probably absent from South America (Alekseev & Defaye 2011). For additional characters and updated taxonomic and morphological analyses of this species-group, see Alekseev et al. (2006) and the key provided by Alekseev & Defaye (2011).

7A. Third endopodal segment of leg 4 about 1.6 times as long as wide, caudal rami saw short, represented by one group of a few spinules covering only the area close to insertion of lateral seta, saw not reaching half the length of outer margin ..... *E. titicacae* Kiefer, 1957, new rank

7B. Third endopodal segment of leg 4 about 3 times as long as wide, caudal rami saw with two groups of spinules separated by a gap, spinules on proximal group shorter ..... *E. demacedoi* Lindberg, 1957

References

ALEKSEEV, V. & DEFAYE, D. 2011. Taxonomic differentiation and world geographical distribution of the *Eucyclops serrulatus* group (Copepoda, Cyclopidae, Eucyclopinae). In Studies on Fresh-water Copepoda: a Volume in Honour of Bernard Dussart (D. Defaye, E. Suárez-Morales & C. Von Vaupel Klein, eds.). Crustaceana Monographs 16, E.J. Brill, Amsterdam, p.41-72.

ALEKSEEV, V.R., DUMONT, H.J., PENSAERT, J., BARIBWEGURE, D. & VANFLETEREN, J.R. 2006. A redescription of *Eucyclops serrulatus* (Fischer, 1851) (Crustacea: Copepoda: Cyclopoida) and some related taxa, with a phylogeny of the *E. serrulatus* group. Zool. Scr. 35:123-147. http://dx.doi.org/10.1111/j.1463-6409.2006.00223.x

DUSSART, B.H. & FRUTOS, S.M. 1986. Sur quelques Copépodes d'Argentine 2. Copépodes du Paraná Medio. Rev. Hydrobiol. Trop. 19(3-d): 241-262.

GAVIRIA, S. & ARANGUREN, N. 2007. Especies de vida libre de la subclase Copepoda (Arthropoda, Crustacea) en aguas continentales de Colombia. Biota Colomb. 8:53-68.

HARDING, J.P. 1955. 15. Crustacea: Copepoda. The Percy Sladen Trust Expedition to Lake Titicaca in 1937. Trans. Linn. Soc. London, ser. 3, l: 219-247.

INFANTE, A. 1978. The zooplankton of Lake Valencia (Venezuela). I: Species composition and abundance. Verh. Internat. verein. Limnol. 20:1186-1191.

INFANTE, A., RIEHL, W. & SAUNDERS, J.D. 1979. Los copépodos del Lago de Valencia, Venezuela. Acta Científ. Venez. 30:224-233.

KIEFER, F. 1957. Freilebende Ruderfüsskrebse (Crustacea Copepoda) des Titicaca sees. Veröff. Zool. Staatssamml. Muench. 4:125-150.

MERCADO-SALAS, N., POZO, C., MORRONE, J. & SUÁREZ-MORALES, E. 2012. Distribution patterns of the American species of the freshwater genus *Eucyclops* (Copepoda: Cyclopoida). J. Crust. Biol. 32:457-464. http://dx.doi.org/10.1163/193724012X626502

PEARSE, A.S. 1922. Crustacea of Lake Valencia, Venezuela. Proc. U.S. Acad. Sci. 59:459-462.

PESTA, O. 1927. Ein Beitrag zur Kenntnis der Copepodenfauna von Argentinien. Zool. Anz. 73(3-4):67-80.

REID, J.W. 1985. Chave de identificação e lista de referencias para as espécies continentais sulamericanas de vida livre da ordem Cyclopoida (Crustacea, Copepoda). Bolm. Zool., Univ. São Paulo 9:17-143.

SILVA, W.M. 2008. Diversity and distribution of the free-living freshwater Cyclopoida (Copepoda: Crustacea) in the Neotropics. Braz. J. Biol. 68(4, Suppl.):1099-1106. PMid:19197479. http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842008000500016

SUÁREZ-MORALES, E. 2004. A new species of *Eucyclops* (Copepoda: Cyclopoida) from Southeast Mexico with a key for the identification of the species recorded in Mexico. Zootaxa 617:1-18.

UENO, M. 1966. Zooplankton of Lake Titicaca on the Bolivian side. Hydrobiologia 29:547-568. http://dx.doi.org/10.1007/BF00189910

URTUBEY, E., STUESSY, T.F., TREMETSBERGER, K. & MORRONE, J.J. 2010. The South American biogeographic transition zone: an analysis from Asteraceae. Taxon 59:505-509.

WILLIS, S.C., NUNES, M., MONTAÑA, C., FARIAS, I.P., ORTIZ, G. & LOVEJOY, N.R. 2010. The Casiquiare river acts as a corridor between the Amazonas and Orinoco river basins: biogeographic analysis of the genus *Cichla*. Mol. Ecol. 19:2014-1030. PMid:20149086. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-294X.2010.04540.x

Recebido em 19/06/2013
Versão Reformulada Recebida em 23/10/2013
Publicado em 04/11/2013

First record of acari *Arrenurus* Dugès, 1834 as a parasite of Odonata species in Brazil

Marciel Elio Rodrigues[1,2,7], Cesar Carriço[3,6], Zeneida Teixeira Pinto[4,5],

Paloma Martins Mendonça[3,5] & Margareth Maria de Carvalho Queiroz[3]

[1]Programa de Pós-graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade, Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, CEP 79804-970, Dourados, MS, Brasil. http://www.ufgd.edu.br/
[2]Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Federal Mato Grosso do Sul – UFMS, CEP 79070-900, Campo Grande, MS, Brasil. http://www-nt.ufms.br/
[3]Laboratório de Transmissores de Leishmanioses, Setor de Entomologia Médica e Forense, Instituto Oswaldo Cruz – IOC, Fundação Oswaldo Cruz – Fiocruz, Av. Brasil, 4365, Pavilhão Herman Lent, Sala 14, Térreo, CEP 21040-900, Rio de Janeiro, RJ, Brazil. http://www.ioc.fiocruz.br
[4]Laboratório de Educação em Ambiente e Saúde, Instituto Oswaldo Cruz – IOC, Fundação Oswaldo Cruz – FIOCRUZ, Av. Brasil, 4365, Pavilhão Herman Lent, Sala 14, Térreo, CEP 21040-900, Rio de Janeiro, RJ, Brazil. http://www.ioc.fiocruz.br
[5]Programa de Pós-graduação Ciências Veterinárias, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, BR 465, Km 7, CEP 23890-000, Seropédica, RJ, Brazil. http://www.cveterinarias.ufrrj.br - CAPES
[6]Programa de Pós-graduação em Biologia Animal – PPGBA, Instituto de Biologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, BR 465, Km 7, CEP 23890-000, Seropédica, RJ, Brazil. http://www.ufrrj.br/posgrad/cpgba
[7]Corresponding author: Marciel Elio Rodrigues, e-mail: rodrigues.mbio@gmail.com

RODRIGUES, M.E., CARRIÇO, C., PINTO, Z.T., MENDONÇA, P.M. & QUEIROZ, M.M.C. **First record of acari *Arrenurus* Dugès, 1834 as a parasite of Odonata species in Brazil**. Biota Neotrop. (13)4: http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/en/abstract?short-communication+bn00413042013

Abstract: Water mites are common and widespread parasites of some aquatic insects in freshwater habitats. This is the first record of acari *Arrenurus* Dugès, 1834, as a parasite of Odonata in Brazil. Water mites were sampled from *Miathyria marcella* (Selys, 1857) and *Ischnura fluviatilis* (Selys, 1876).
Keywords: *dragonfly, parasitism, water mites.*

RODRIGUES, M.E., CARRIÇO, C., PINTO, Z.T., MENDONÇA, P.M. & QUEIROZ, M.M.C. **Primeiro registro do acaro *Arrenurus* Dugès, 1834 como parasita de espécies de Odonata no Brasil**. Biota Neotrop. (13)4:http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/pt/abstract?short-communication+bn00413042013

Resumo: Ácaros aquáticos são parasitas comuns de alguns insetos aquáticos em habitats de água doce. Este é o primeiro registro do ácaro *Arrenurus* Dugès, 1834, como parasita de Odonata no Brasil. Ácaros aquáticos foram coletados em *Miathyria marcella* (Selys, 1857) e *Ischnura fluviatilis* (Selys, 1876).
Palavras-chave: *libélulas, parasitismo, ácaros aquáticos.*

Introduction

Water mites are common and widespread parasites of some aquatic insects in freshwater habitats (Milne et al. 2009, Rolff 2000). Mites establish a brief phoretic association, they use one animal by another for transportation, finding food, finding more favorable environmentals conditions and expanding the species' range (Lajeunesse 2007, MuMcuoglu & BraverMan 2010). Their hosts during a very vulnerable stage: the larvae's transition from its aquatic habitat to the terrestrial habitat of the adult (Andrés & Cordero 1998, Forbes et al. 1999, Rolff et al. 2001). Hydrachnidia (Hydracarina) is the most diversified and abundant group of Acari in freshwaters (Sabatino et al. 2000). According to Andrew et al. 2012, water mites that use odonates as hosts are predominantly *Arrenurus* and at least 55 species have been described as ectoparasites of Odonata. Studies indicate that mite parasitism can affect longevity, the flight, the fecundity impeding the copulation or by blocking sperm transference to the male's secondary genitalia (Bonn et al. 1996, Forbes 1991, Forbes & Baker 1991).

The genus *Arrenurus*, contains 800 species (Smit 2010), is the largest within the Arrenuridae and 161 of these species occur in South America (Rosso-de-Ferradás & Fernández 2005, Rosso-de-Ferradás 2006). The basic life cycle of *Arrenurus* consists of seven stages: egg, inactive prelarvae, larvae, protonymph, deutonymph, tritonymph, and adult (Smith 1988). The larval stage is the only parasitic phase. *Arrenurus* larvae are parasites of some species of Odonata, Diptera, and Coleoptera (Smith 1988, Zawal 2006). For example, in Europe *Arrenurus* was recorded on the following species of Odonata: *Ceriagrion tenellum* (De Villers, 1789); *Coenagrion puella* (Linnaeus, 1758); *C. hastulatum* (Charpentier, 1825); *C. pulchellum* (Vander Linden, 1823), and *Erythromma najas* (Hansemann, 1823) (Andrés & Cordero 1998, Rolff 2000, Zawal 2006). In North American, Lajeunesse (2007), recorded *Arrenurus* in *Argia fumipennis atra* Gloyd, 1968; *Ischnura hastata* (Say, 1840); *Ischnura ramburii* (Selys, 1850), and *Nehalennia gracilis* Morse, 1895. Reports and records of the interactions between Odonata and mites have been explored very little (Smith 1988), mainly in the Neotropical Region. In Brazil water mite parasitism (Acari: Hydrachnida) within and among odonate species is scarce, many species could only be identified as morphospecies of particular genera (Rosso-de-Ferradás 2006).

Our study is the first record of *Arrenurus* parasitism on *Miathyria marcella* (Selys, 1857) and *Ischnura fluviatilis* Selys, 1876 in the Neotropical region. *Miathyria* Kirby, 1889 is a Neotropical genus that comprises two species, *M. marcella* and *M. simplex* (Rambur, 1842), both of which occur in Brazil (Garrison et al. 2006). *Ischnura* Charpentier, 1840 is cosmopolitan genus, with three described species in Brazil: *I. capreolus* (Hagen, 1861) *I. ramburii* (Selys, 1850) and *I. fluviatilis* (Selys 1876) (Lencioni 2006, Garrison et al. 2010).

Material and Methods

The specimens of Odonata were captured with an entomological net and examined under a stereoscopic microscope, the species was identified following the work of Heckman (2006) and Lencioni (2006). Only three specimes *M. marcella* and one *I. fluviatilis* were found with dust mites attached to the body. Two males of *Miathyria marcella*, were collected in Porto Murtinho (22°9'41.55"S and 57°32'2.68"W) and one in Bodoquena (20°42'15.38"S and 56°50'58.99"W), in the state of Mato Grosso do Sul, Brazil. The specimen of *I. fluviatilis* was captured in the Estação Ecológica Águas Emendadas (15°34'48.36"S and 47°41'26.22"W) in Brasília, Distrito Federal, Brazil. Both the species were in inhabit slow lotic waters.

The mites removed from the odonates were put into lactophenol to make them transparent; semi-permanent slide mounts were made using Hoyer's mounting media as preservative and examined under optical light microscopy (40x, 100x, 400x), the species was identified according to the key of Krantz (1978). The species in question could not be determined since the most important subgenera from the genus *Arrenurus* have been originally identified based on Palaeartic species. This has changed subsequently since their boundaries and definitions have become confusing and, in many cases, completely overlap (Rosso-de-Ferradás 2006). In addition, samples were not sufficient for an exhaustive comparison. The specimens of Odonata and water mites are deposited in the Setor de Entomologia Médica e Forense, Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz (IOC/FIOCRUZ).



Figure 1. Aquatic mites *Arrenurus* on the thorax and abdomen of *M. marcella*. (Picture by Carlos Fernando S. Andrade).

Results and Discussion

Two of the three specimens of *M. marcella* were found with five to 10 aquatic mites attached to the ventral side of their thorax and some attached ventrally on the abdomen (Figure 1). Second Rolff (2000) the abundance of mites can ranged from 1 to 45 mites per host. Of the three specimens *M. marcella* had only one aquatic mite on the thorax. In *I. fluviatilis*, two aquatic mites were found on the thorax and abdomen of the specimen. Zawal (2006) stated that mites show preference for the thorax and the middle segments of the abdomen. On the other hand, Mitchell (1959) suggested that the selection of the attachment site on the hosts is directly related to the way Odonata females lay eggs above the water surface, but Rolff (2000) and Lajeunesse (2007) no found differences in parasite abundance due to host sex. However the behavior the oviposition from Odonata species can increase significantly the rate from infestation in hosts with submerged oviposition (Rolff 1997). Specimens of *Arrenurus* were found on *M. marcella* during their larval phase, when they typically inhabit temporary or permanent lentic or slow lotic waters (Peckarsky et al. 1990) and Lajeunesse (2007) reported for North American *Arrenurus* parasitizing *I. hastata* and *I. ramburii* also inhabit temporary or permanent lentic or slow lotic waters. Some studies indicate that the abundance of water mites can be synchronised with host's emergence patterns (Rolff 2000). Therefore basic information on the natural history of water mite parasitism is urgently needed to assess the host range and geographic distribution of these parasites (Bush et al. 2001, Rolff 2001).

Acknowledgments

We are grateful to Dra. Marina Vianna Braga, Dr. Fabio de Oliveira Roque and Raquel Taminato for their helpful reviewing of the manuscript. We would like to thank the Conselho Nacional

de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado do Mato Grosso do Sul (FUNDECT), Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) and Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) for grants and scholarships to the first author.

References

ANDRÉS, J.A. & CORDERO, A. 1998. Effects of water mites on the damselfly *Ceriagrion tenellum*. Ecol. Entomol. 23(2):103-109.

ANDREW, R.J., THAOKAR, N. & VERMA, P. 2012. Ectoparasitism of anisopteran dragonflies (Insecta:Odonata) by water mite larvae of *Arrenurus* spp. (Arachnida:Hydrachnida:Arrenuridae) in Central India. Acarina 20(2):194:198.

BONN, A., GASSE, M., ROLFF, J., & MARTENS, A. 1996. Increase fluctuation asymmetry (FA) in the damselfly Coenagrion puella correlated with ectoparasite water mites: implication for fluctuation asymmetry theory. Oecologia. 108:596-598. http://dx.doi.org/10.1007/BF00329031

BUSH, A.O., FERNANDEZ, J.C., ESCH, G.W. & SEED, J.R. 2001. Parasitism: the diversity and ecology of animal parasites. Univ. Press. Cambridge

FORBES, M.R. 1991. Ectoparasites and mating success of male *Enallagma ebrium* damselfly (Odonata: Coenagrionidae). Oikos. 60(3):36-42. http://dx.doi.org/10.2307/3545076

FORBES, M.R.L. & BAKER, R.L. 1991. Condition and fecundity of the damselfly, *Enallagma ebrium* (Hagen): the importance of ectoparasites. Oecologia. 86(3):35-41. http://dx.doi.org/10.1007/BF00317598

FORBES, M.R., MUMA, K.E. & SMITH, B.P. 1999. Parasitism of Sympetrum dragonflies by *Arrenurus planus* mites: maintenance of resistance particular to one species. Int. J. Parasitol. 29(1):991-999.

GARRISON, R.W., VON ELLENRIEDER, N. & LOUTON, J.A. 2006. Dragonfly genera of the New World: An illustrated and annotated key to the Anisoptera. Johns Hopkins University Press, Baltimore.

GARRISON, R.W., VON ELLENRIEDER, N. & LOUTON, J.A. 2010. Damselfly Genera of the New World: An illustrated and annotated key to the Zygoptera. Johns Hopkins University Press, Baltimore.

HECKMAN, C.W. 2006. Encyclopedia of South American Aquatic Insects: Odonata - Anisoptera. Illustrated Keys to Known Families, Genera, and Species in South America. Springer, Washington.

KRANTZ, G.W 1978. A manual of acarology. 2nd ed. Oregur state Univ. Book.

LAJEUNESSE, M.J. 2007. Ectoparasitism of Damselflies by Water Mites in Central Florida. Florida Entomologist. 90(4): 643-649. http://dx.doi.org/10.1653/0015-4040(2007)90[643:EODBWM]2.0.CO;2

LENCIONI, F.A.A. 2006. Damselflies of Brazil: An illustrated identification guide - 2- Coenagrionidae families. All Print Editora, São Paulo.

MILNE, M.A., TOWNSEND, V.J., SMELSER, P., FELGENHAUER, B.E., MOORE, M.K. & SMYTH, F.J. 2009. Larval aquatic and terrestrial mites infesting a temperate assemblage of mosquitoes. Exp. Appl. Acarol. 47(1):19-33. PMid:18807202. http://dx.doi.org/10.1007/s10493-008-9194-2

MITCHELL, R. 1959. Life histories and larval behaviour of Arrenurid water-mites parasitizing Odonata. J. New York Entomol. S. 67(1):1-12.

MUMCUOGLU, K.Y. & BRAVERMAN, Y. 2010. Parasitic and phoretic mites of Diptera in Israel and the Sinai Peninsula, Egypt. Israel J. Entomol. 40(1):195-203.

PECKARSKY, B.L., FRAISSINET, P.R., PENTON, M.A. & CONKLIN, J.D. 1990. Freshwater Macroinvertebrates of Northeastern North America. Cornell University Press, New York.

ROLFF, J. 2001. Evolutionary ecology of water mite-insect interactions: a critical appraisal. Arch. Hydrobiol. 152(1):353-368.

ROLFF, J. 2000. Water mite parasitism in damselflies during emergence: two hosts, one pattern. Ecography 23(3):273-282. http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0587.2000.tb00282.x

ROLFF, J. 1997. Better Hosts Dive: Detachment of Ectoparasitic Water Mites (Hydrachnellae: Arrenuridae) from Damselflies (Odonata: Coenagrionidae) J. Insect Behav. 10(6):819-827. http://dx.doi.org/10.1023/B:JOIR.0000010415.14483.e3

ROLFF, J., VOGEL, C. & POETHKE, H.J. 2001. Co-evolution between ectoparasites and their insect hosts: a simulation study of a damselfly-water mite interaction. Ecol. Entmol. 26(6):638-645.

ROSSO-DE-FERRADÁS, B. & FERNÁNDEZ, H.R. 2005. Elenco y Biogeografía de los ácaros acuáticos (Acari, Parasitengona, Hydrachnidia) de Sudamérica. Graellsia 61(2):181-224. http://dx.doi.org/10.3989/graellsia.2005.v61.i2.19

ROSSO-DE-FERRADÁS, B. 2006. Arrenúridos de la cuenca del Río Paraná, Argentina (Acari: Parasitengona: Hydrachnidia). Revista Entomol. 65(4):23-34.

SABATINO, A., GERECKE, R. & MARTIN, P. 2000. The biology and ecology of lotic water mites (Hydrachnidia). Freshwater Biol. 44(1):47-62. http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2427.2000.00591.x

SMIT, H. 2010. Two new species of the genus Arrenurus from Pohnpei, Federal States of Micronesia (Acari: Hydrachnidia: Arrenuridae). Zootaxa 2006:50-54.

SMITH, B.P. 1988. Host-parasite interaction and impacto of larval water mites on insects. Annu. Rev. Entomol. 33(1): 487-507. http://dx.doi.org/10.1146/annurev.en.33.010188.002415

ZAWAL, A. 2006. Phoresy and parasitism: water mite larvae of the genus *Arrenurus* (Acari: Hydrachnidia) on Odonata from Lake Binowskie (NW Poland). Biol. Letters 43(2):257-276.

Received 06/03/2013
Revised 08/29/2013
Accepted 10/07/2013

Papilionoideae (Leguminosae) na Mata Atlântica do Rio Grande do Norte, Brasil

Wallace Messias Barbosa São-Mateus[1,3], Domingos Cardoso[2],

Jomar Gomes Jardim[1] & Luciano Paganucci de Queiroz[2]

[1]Programa de Pós-graduação em Sistemática e Evolução,
Departamento de Botânica, Ecologia e Zoologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN,
Campus Universitário Lagoa Nova, CEP 59072-970, Natal, RN, Brasil
[2]Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS,
Av. Transnordestina, s/n, Novo Horizonte, CEP 44036-900, Feira de Santana, BA, Brasil
[3]Autor para correspondência: Wallace Messias Barbosa São-Mateus, e-mail: wallacesaomateus@yahoo.com.br

SÃO-MATEUS, W.M.B., CARDOSO, D., JARDIM, J.G. & QUEIROZ, L.P. **Papilionoideae (Leguminosae) in the Atlantic Forest of Rio Grande do Norte, Brazil**. Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/en/abstract?inventory+bn03413042013

Abstract: This study presents a taxonomic account of the Papilionoideae (Leguminosae) from remnants of Atlantic Forest in the Brazilian state of Rio Grande do Norte. We recorded 68 species and 32 genera within the following tribes: Phaseoleae (11 genera/24 species), Dalbergieae (9/20), Swartzieae (3/3), Millettieae (2/4), Sophoreae (2/2), Abreae (1/1), Crotalarieae (1/3), Desmodieae (1/7), Indigofereae (1/3), and Sesbanieae (1/1). Ten genera and 32 species are newly recorded for the flora of Rio Grande do Norte. The most species-rich genera were *Desmodium* (7 species), *Centrosema* (5), *Stylosanthes* (5), *Aeschynomene* (4), and *Macroptilium* (4). Herbaceous and shrubby species have predominated with 60% (41 spp.) of the total species diversity, following by the vines and lianas with 28% (19 spp.) and the trees with only 12% (8 spp.). Identification key, descriptions, diagnostic morphological characters, geographic distribution, and illustrations are also provided.
Keywords: *Fabaceae, floristics, northeastern Brazil, new records.*

SÃO-MATEUS, W.M.B., CARDOSO, D., JARDIM, J.G. & QUEIROZ, L.P. **Papilionoideae (Leguminosae) na Mata Atlântica do Rio Grande do Norte, Brasil**. Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/pt/abstract?inventory+bn03413042013

Resumo: O presente trabalho consiste no levantamento florístico e caracterização taxonômica das espécies de Papilionoideae (Leguminosae) presentes nos remanescentes de Mata Atlântica no Rio Grande do Norte. Foram registradas 68 espécies e 32 gêneros distribuídos nas tribos Phaseoleae (11 gêneros/24 espécies), Dalbergieae (9/20), Swartzieae (3/3), Millettieae (2/4), Sophoreae (2/2), Abreae (1/1), Crotalarieae (1/3), Desmodieae (1/7), Indigofereae (1/3) e Sesbanieae (1/1). Estão sendo registrados pela primeira vez dez gêneros e 32 espécies na flora do estado. Os gêneros que apresentaram a maior riqueza de espécies foram *Desmodium* (7 espécies), *Centrosema* (5), *Stylosanthes* (5), *Aeschynomene* (4) e *Macroptilium* (4). Quanto ao hábito, predominaram o herbáceo e arbustivo com 60% (41 spp.), seguido do trepador e lianescente com 28% (19 spp.) e o arbóreo com apenas 12% (8 spp.). São apresentadas chave de identificação, descrições, caracteres diagnósticos, distribuição geográfica e ilustrações das espécies estudadas.
Palavras-chave: *Fabaceae, florística, nordeste do Brasil, novas ocorrências.*

Introdução

Papilionoideae possui aproximadamente 13.800 espécies, 478 gêneros e 28 tribos, sendo a mais diversa dentre as três subfamílias tradicionalmente reconhecidas em Leguminosae (Lewis et al. 2005). Análises filogenéticas de diferentes marcadores moleculares do DNA plastidial têm sustentado o monofiletismo de Papilionoideae em sua circunscrição tradicional (Doyle et al. 1997, Pennington et al. 2001, Wojciechowski et al. 2004, Cardoso et al. 2012a). A subfamília inclui representantes herbáceos, arbustivos, lianescentes ou arbóreos, com folhas frequentemente pinadas, 3-pluri-folioladas, raramente simples ou unifolioladas. Uma característica marcante das espécies de Papilionoideae são as flores geralmente papilionadas, de modo que as pétalas são diferenciadas em estandarte, alas e uma carena, com prefloração imbricativa descendente envolvendo o conjunto androceu-gineceu. Os frutos variam bastante, incluindo legume, lomento, sâmara ou drupa. As sementes variam em morfologia e coloração, e possuem hilo conspícuo e eixo da radícula curvo (Polhill 1981, Lewis et al. 2005).

As Papilionoideae representam grande parte da diversidade das leguminosas que compõem a flora do domínio da Mata Atlântica no Brasil, onde são encontradas 518 espécies da subfamília, sendo 177 endêmicas deste domínio (Lima et al. 2009). Estes números contribuem para tornar Leguminosae uma das famílias com maior riqueza de espécies no domínio Atlântico (Amorim et al. 2008, 2009, Stehmann et al. 2009, Assis et al. 2011, Rocha & Amorim 2012). A Mata Atlântica destaca-se ainda por abrigar notáveis representantes de Papilionoideae, como os gêneros monoespecíficos e endêmicos *Harleyodendron* R.S.Cowan e *Grazielodendron* H.C.Lima e a espécie *Dalbergia nigra* (Vell.) Alemão *ex* Benth., conhecida popularmente como jacarandá-da-bahia, espécie endêmica e ameaçada de extinção (Lima et al. 2009).

A classificação fitogeográfica dos remanescentes florestais da região costeira do Rio Grande do Norte têm sido controversa pelo fato destes apresentarem grande variação de sazonalidade, heterogeneidade estrutural e de composição florística, além de uma natureza ecotonal, pois muitas vezes ocorrem em áreas de transição com o domínio da Caatinga (Rizzini 1997, Cestaro 2002, Cestaro & Soares 2004). Além disso, estas áreas tem sido negligenciadas em estudos comparativos sobre a Mata Atlântica nordestina (*e.g.:* Ferraz et al. 2004, Oliveira-Filho et al. 2006, Santos et al. 2007, Rodal et al. 2008). Em uma análise de similaridade florística entre 24 áreas de florestas estacionais do Nordeste, Rodal et al. (2008) concluíram que o Planalto da Borborema atua como uma barreira geográfica separando dois grupos florísticos distinos: uma flora compondo áreas secas fortemente relacionadas ao domínio da Caatinga e outra em áreas mais úmidas e relacionadas ao domínio da Mata Atlântica. Este último subgrupo, apesar da heterogeneidade climática e florística, seria apenas um subconjunto das florestas mais úmidas, refletindo, então, um gradiente de precipitação (Rodal et al. 2008). Uma das evidências de que os remanescentes florestais do Rio Grande do Norte fazem parte do domínio da Mata Atlântica é a ocorrência de populações de pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.). Uma análise de similaridade usando 362 espécies arbóreas de Leguminosae em uma comparação entre 89 áreas de Caatinga e Mata Atlântica (W.M.B. São-Mateus et al., dados não publicados) corroborou a inclusão dos remanescentes florestais costeiros do Rio Grande Norte no domínio da Mata Atlântica. Este resultado, de modo geral, é também confirmado pelos estudos de Cestaro (2002), que analisou o componente arbóreo de diferentes famílias, embora comparando um número menor de áreas de Caatinga e Mata Atlântica. Mapas representando a distribuição da Mata Atlântica costeira mostram que este domínio de fato alcança seu limite norte no Rio Grande Norte (Instituto... 2013). Esta foi a classificação também adotada por Stehmann et al. (2009) durante a elaboração da lista de espécies de plantas da Mata Atlântica.

Os remanescentes de Mata Atlântica no Rio Grande do Norte têm sido pobremente estudados, tanto do ponto de vista florístico quanto taxonômico. Os estudos já realizados têm apontado Leguminosae como uma das famílias mais diversas (Freire 1990, Cestaro & Soares 2004, 2008, Damaso 2009), semelhante aos dados encontrados para outros fragmentos de Mata Atlântica ao norte do rio São Francisco (*e.g.:* Barbosa 2008, Ferraz & Rodal 2008, Melo et al. 2011, Castro et al. 2012). Tratamentos florísticos com enfoque na família existem apenas o do gênero *Chamaecrista* no Parque Estadual das Dunas de Natal (Queiroz & Loiola 2009) e o das espécies arbóreas da RPPN Mata Estrela em Baía Formosa (Dionísio et al. 2010). A escassez de trabalhos taxonômicos sobre a flora do Rio Grande do Norte é uma realidade observada não somente em Leguminosae. Por exemplo, até o momento existem apenas estudos pontuais com Myrtaceae (Silva 2009, Lourenço & Barbosa 2012), Poaceae (Ferreira et al. 2009), Rubiaceae (Mól 2010) e Turneraceae (Rocha et al. 2012).

Diante do escasso conhecimento sobre a flora do Rio Grande do Norte e por Leguminosae ser um grupo diverso e ecologicamente importante na Mata Atlântica, o presente trabalho teve como objetivo realizar um levantamento das espécies de Papilionideae em remanescentes florestais no estado. Neste tratamento florístico é apresentada uma chave para identificação das espécies além de descrições, ilustrações, comentários taxonômicos, dados fenológicos e distribuição geográfica de todas as espécies.

Material e Métodos

1. Área de estudo

Os remanescentes de Mata Atlântica do Rio Grande do Norte possuem uma área de 485,48 km^2 (Instituto... & Fundação... 2008) e localizam-se entre as coordenadas 05° 09' 48" a 06° 33' 27" S e 34° 59' 13" a 35° 32' 55" W (Figura 1). Excluindo as áreas de florestas serranas, estes remanescentes costeiros representam somente ca. 0,81% da área do estado (Tabarelli et al. 2006). Apenas 3.503,79 ha do domínio da Mata Atântica no estado constituem áreas de proteção integrais, sendo dois parques estaduais (Paque das Dunas de Natal e Parque da Mata de Pipa) e a Reserva Particular do Patrimônio Natural Mata Estrela. De acordo com o sistema de classificação Köppen, o clima é do tipo Aw, caracterizado pelo inverno seco com precipitação <100 mm mês e estação chuvosa no outono nos meses de abril a junho (Jacomine et al. 1971, Peel et al. 2007). A precipitação média anual varia de 1.000-1.500 mm e a temperatura média anual é de 24 a 26 °C (Nimer 1989).

2. Coleta de dados

Foram realizadas expedições mensais no período de fevereiro de 2011 a novembro de 2012. Todas as coleções resultantes foram incorporadas ao acervo do Herbário UFRN com duplicatas enviadas aos herbários JPB, HUEFS e RB. O estudo taxonômico foi baseado na análise de aproximadamente 500 exsicatas provenientes dos seguintes herbários do Nordeste: HST (Herbário Sérgio Tavares), HUEFS, IPA, JPB, MOSS, PEUFR e UFRN (acrônimos de acordo com Thiers 2012 [*continuously updated*]). Os materiais foram identificados através de bibliografia especializada (*e.g.:* Rudd 1955, Cowan 1968, Fevereiro 1977, 1987, Lewis 1987, Pennington 2003, Queiroz 2009, Ireland 2007, Mansano et al. 2004) e por comparação com imagens de tipos nomenclaturais disponíveis em coleções *on-line* (F, K, NY e RB).

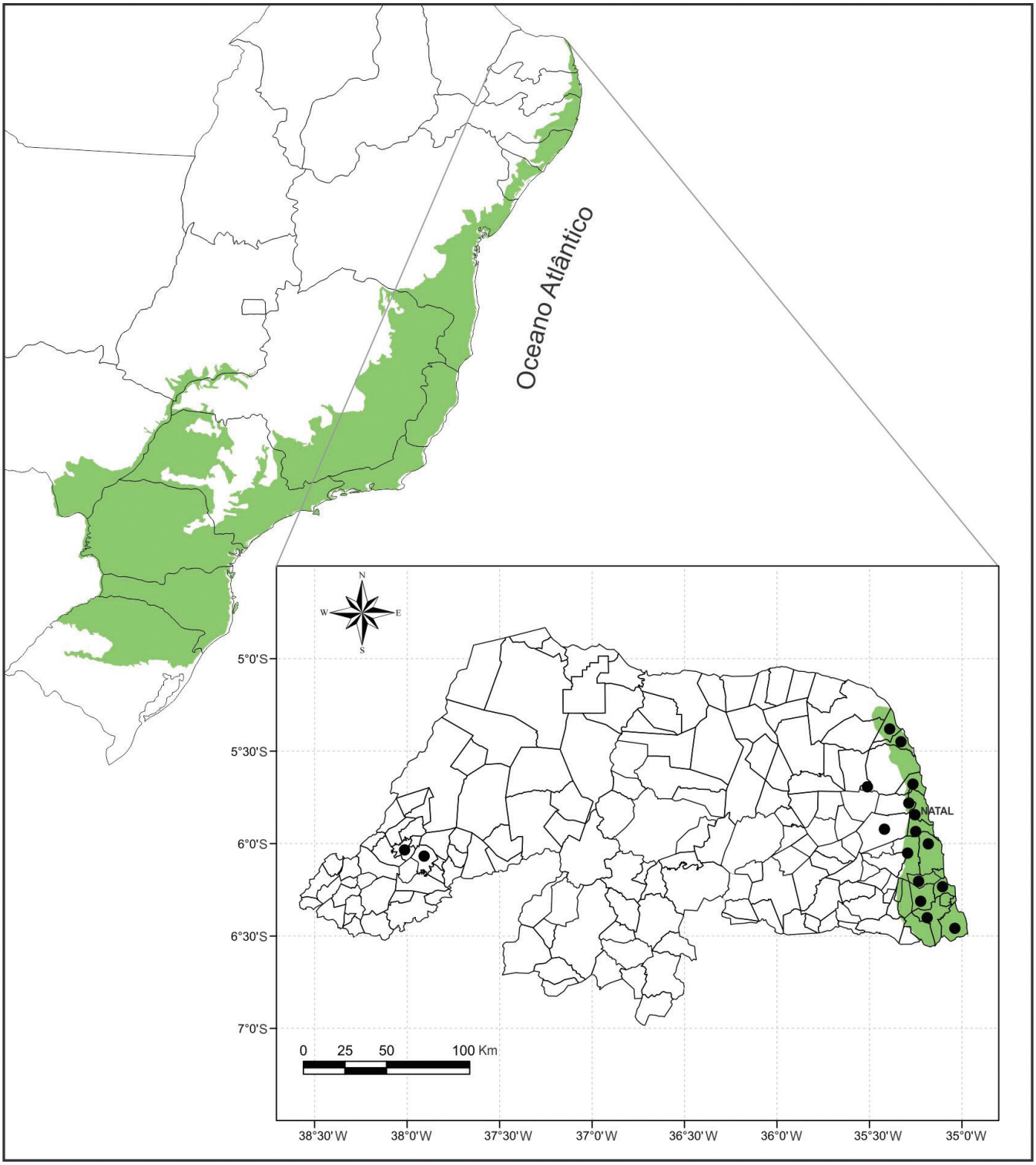


Figura 1. Localização da área de estudo. Os círculos indicam as coletas e munícipios visitados do Rio Grande do Norte, Brasil. Em verde, o domínio da Mata Atlântica, de acordo com a classificação proposta pelo IBGE (Instituto... 2013). Os dois pontos a W correspondem a fragmentos de florestas serranas interioranas nos municípios de Martins e Porta Alegre.

Figure 1. Localization of study area. The circles indicate the collecting sites and visited municipalities of Rio Grande do Norte, Brazil. In green, the Atlantic Forest domain, according to the classification proposed by IBGE (Instituto… 2013). The two westernmost points represent forest fragments in the mountainous inland area at the municipalities of Martins and Porta Alegre.

As descrições das espécies foram feitas utilizando os espécimes coletados na área de estudo, exceto *Geoffroea spinosa* Jacq. e *Swartzia pickelii* Killip *ex* Ducke, que foram complementadas com materiais de outras localidades. As dimensões dos folíolos foram tomadas sempre da porção mais longa e mais larga, não incluindo os pulvínulos. Os pecíolos, pulvínulos e raques foram medidos separadamente; em *Centrosema sagittatum* (Humb. & Bonpl. *ex* Willd.) Brandegee e *Dalbergia ecastaphyllum* (L.) Taub., que apresentam folhas compostas unifolioladas, os pecíolos e pulvínulos foram medidos simultaneamente desde a base do pecíolo até a base do folíolo. O comprimento das flores foi medido desde a base do cálice até o ápice da maior pétala e o pedicelo foi medido desde a sua inserção no eixo da inflorescência até a base do cálice. Informações sobre nomes vernáculos, dados fenológicos e biogeográficos foram obtidos nas etiquetas das exsicatas, de observações de campo e/ou levantamento bibliográfico. As ilustrações de estruturas vegetativas e reprodutivas foram feitas em câmara-clara acoplada a um estereomicroscópio Olympus M50, utilizando flores e frutos fixados em etanol a 70% ou a partir de material herborizado reidratado. A caracterização morfológica seguiu a terminologia descrita em Radford et al. (1974), Hickey & King (2000), Harris & Harris (2001) e Barroso et al. (1999).

Para as descrições taxonômicas foram estabelecidas as seguintes abreviações: alt. (altura), compr. (comprimento), larg. (largura), ca. (cerca de), fl. (flor), fr. (fruto), est. (estéril), s.col. (sem coletor), s.n. (sem número do coletor), s.d. (data indeterminada) e s.loc. (localidade indeterminada).

Dados recentes de distribuição geográfica das leguminosas, levantados por vários especialistas durante elaboração da lista de espécies da Mata Atlântica (Stehmann et al. 2009) e da flora do Brasil (Forzza et al. 2012), foram consultados para definir os novos registros de Papilionoideae da flora do Rio Grande do Norte. Os gêneros e tribos seguem a classificação mais recente das Leguminosae proposta por Lewis et al. (2005), exceto para *Vigna s.l.* para o qual se utiliza a proposta de Delgado-Salinas et al. (2011).

Resultados e Discussão

As Papilionoideae nos remanescentes de Mata Atlântica do Rio Grande do Norte estão representadas por 68 espécies e 32 gêneros distribuídos em 10 tribos (Tabela 1). Das espécies registradas, 60 são nativas e as seguintes ocorrem de forma subespontânea: *Abrus precatorius* L., *Crotalaria pallida* Aiton, *C. retusa* L., *Desmodium adscendes* (Sw.) DC., *D. incanum* DC., *D. triflorum* (L.) DC., *Macroptilium atropurpureum* (Moq. & Sessé *ex* DC.) Urb. e *Rhynchosia minima* (L.) DC. (Figuras 2-3). Os gêneros com maior riqueza de espécies são *Desmodium* Desv. (7 spp.), *Centrosema* (DC.) Benth. (5), *Stylosanthes* Sw. (5), *Aeschynomene* L. (4) e *Macroptilium* (Benth.) Urb. (4). As tribos mais representativas em número de gêneros e espécies foram Phaseoleae (11 gêneros/24 spp.), Dalbergieae (9/20) e Millettieae (2/4), seguidas de Swartzieae (3/3), Sophoreae (2/2), Abreae (1/1), Crotalarieae (1/3), Desmodieae (1/7), Indigofereae (1/3) e Sesbanieae (1/1). Quanto ao hábito, o herbáceo e o arbustivo juntos abrangeram o maior número de espécies (41 spp. ou 60% da diversidade total), seguidos pelo de trepadeira e liana com 19 espécies (28%) e de árvore, representado apenas por oito espécies (12%).

Das espécies encontradas, 32 são novas ocorrências na flora do estado, sendo quatro delas [*Andira nitida* Mart. *ex* Benth., *Swartzia pickelii* Killip *ex* Ducke, *Tephrosia egregia* Sandw. e *Vigna halophila* (Piper) Maréchal, Mascherpa & Stainier] endêmicas da Mata Atltântica (Stehmann et al. 2009).

Dez espécies [*A. fraxinifolia* Benth., *Andira humilis* Mart. *ex* Benth., *Centrosema brasilianum* (L.) Benth., *Bowdichia virgilioides* Kunth, *Crotalaria pallida* Aiton, *C. retusa* L., *Desmodium barbatum* (L.) Benth., *Dioclea violacea* Mart. *ex* Benth., *Macroptilium lathyroides* (L.) Urb. e *Stylosanthes viscosa* (L.) Sw.] apresentam ampla distribuição, ocorrendo desde as restingas subarbustivas ou arbóreas até os ambientes dunares com solo exposto, e às vezes em bordas de florestas e margens de estradas. Algumas espécies tiveram distribuição mais restrita, como *Dahlstedtia araripensis* (Benth.) M.J.Silva & A.M.G.Azevedo, *Geoffroea spinosa* Jacq. e *Trischidium molle* (Benth.) H.E.Ireland, encontradas apenas em áreas de floresta estacional decidual; *Aeschynomene sensitiva* Sw., *Sesbania exasperata* Kunth e *Vigna trichocarpa* (C.Wright) A.Delgado ocorrem geralmente às margens de lagoas temporárias ou permanentes; *Pterocarpus rohrii* Vahl, *Swartzia pickelii* e *Zollernia ilicifolia* Vogel estão associadas preferencialmente a florestas de restinga. Já *Centrosema sagittatum* (Humb. & Bonpl. *ex* Willd.) Brandegee e *Cochliasanthus caracalla* (L.) Trew são encontradas apenas nos fragmentos de florestas ombrófilas serranas circundados por Caatinga.

Tabela 1. Espécies de Papilionoideae (Leguminosae) e respectivos hábitos em remanescentes de Mata Atlântica do Rio Grande do Norte. A classificação dos gêneros em tribos estão de acordo com Lewis et al. (2005). O asterisco (*) representa as espécies subespontâneas e o círculo (º) as endêmicas do domínio da Mata Atlântica.

Table 1. Species Papilionoideae (Leguminosae) and their habits in remnants of Atlantic Forest of Rio Grande do Norte. The classification of genera into tribes agrees with Lewis et al. (2005). The asterisk (*) represents the subspontaneous species and a circle (°) refers to the endemics of the Atlantic Forest domain.

TRIBO	ESPÉCIE	HÁBITO
Abreae	**Abrus precatorius* L.	Trepadeira
Crotalarieae	*Crotalaria holosericea* Nees & Mart.	Subarbusto
	**Crotalaria pallida* Aiton	Subarbusto
	**Crotalaria retusa* L.	Subarbusto
Dalbergieae	*Aeschynomene histrix* Poir.	Erva
	Aeschynomene mollicula Kunth	Subarbusto
	Aeschynomene sensitiva Sw.	Erva
	Aeschynomene viscidula Michx.	Erva
	Andira fraxinifolia Benth.	Arvoreta
	Andira humilis Mart. *ex* Benth.	Subarbusto
	Andira nitida Mart. *ex* Benth.	Árvore
	Chaetocalyx scandens (L.) Urb.	Trepadeira
	Dalbergia ecastaphyllum (L.) Taub.	Arbusto

Tabela 1. Continuação...
Table 1. Continued..

TRIBO	ESPÉCIE	HÁBITO
	Geoffroea spinosa Jacq.	Árvore
	Machaerium hirtum (Vell.) Stellfeld	Árvore
	Pterocarpus rohrii Vahl	Árvore
	Stylosanthes angustifolia Vogel	Erva
	Stylosanthes gracilis Kunth	Subarbusto
	Stylosanthes macrocephala M.B.Ferreira & Sousa Costa	Subarbusto
	Stylosanthes scabra Vogel	Subarbusto
	Stylosanthes viscosa (L.) Sw.	Subarbusto
	Zornia brasiliensis Vogel	Subarbusto
	Zornia guanipensis Pittier	Subarbusto
	Zornia latifolia Sm.	Subarbusto
Desmodieae	**Desmodium adscendens* (Sw.) DC.	Subarbusto
	Desmodium barbatum (L.) Benth.	Erva
	Desmodium glabrum (Mill.) DC.	Subarbusto
	**Desmodium incanum* DC.	Subarbusto
	Desmodium scorpiurus (Sw.) Desv.	Erva
	Desmodium tortuosum (Sw.) DC.	Subarbusto
	**Desmodium triflorum* (L) DC.	Erva
Indigofereae	*Indigofera hirsuta* L.	Subarbusto
	Indigofera microcarpa Desv.	Erva
	Indigofera suffruticosa Mill.	Subarbusto
Millettieae	*Dahlstedtia araripensis* (Benth.) M.J.Silva & A.M.G.Azevedo	Árvore
	º*Tephrosia egregia* Sandw.	Subarbusto
	Tephrosia noctiflora Bojer *ex* Baker	Subarbusto
	Tephrosia purpurea (L.) Pers.	Subarbusto
Phaseoleae	*Calopogonium caeruleum* (Benth.) Sauvalle	Trepadeira
	Calopogonium mucunoides Desv.	Trepadeira
	Canavalia brasiliensis Mart. *ex* Benth.	Trepadeira
	Canavalia rosea (Sw.) DC.	Trepadeira
	Centrosema brasilianum (L.) Benth.	Trepadeira
	Centrosema pascuorum Mart. *ex* Benth.	Trepadeira
	Centrosema rotundifolium Mart. *ex* Benth.	Erva
	Centrosema sagittatum (Humb. & Bonpl. *ex* Willd.) Brandegee	Trepadeira
	Centrosema virginianum (L.) Benth.	Trepadeira
	Clitoria falcata Lam.	Trepadeira
	Clitoria laurifolia Poir.	Subarbusto
	Cochliasanthus caracalla (L.) Trew	Liana
	Dioclea violacea Mart. *ex* Benth.	Trepadeira
	Dioclea virgata (Rich.) Amshoff	Trepadeira
	Galactia striata (Jacq.) Urb.	Trepadeira
	**Macroptilium atropurpureum* (Moq. & Sessé *ex* DC.) Urb.	Erva
	Macroptilium gracile (Poepp. *ex* Benth.) Urb.	Erva
	Macroptilium lathyroides (L.) Urb.	Subarbusto
	Macroptilium panduratum (Benth.) Maréchal & Baudet	Erva
	Periandra mediterranea (Vell.) Taub.	Subarbusto
	**Rhynchosia minima* (L.) DC.	Trepadeira
	Rhynchosia phaseoloides (Sw.) DC.	Trepadeira
	º*Vigna halophila* (Piper) Maréchal, Mascherpa & Stainier	Trepadeira
	Vigna trichocarpa (C.Wright) A.Delgado	Trepadeira
Sesbanieae	*Sesbania exasperata* Kunth	Arbusto
Sophoreae	*Bowdichia virgilioides* Kunth	Árvore
	Sophora tomentosa L.	Arbusto
Swartzieae	º*Swartzia pickelii* Killip *ex* Ducke	Árvore
	Trischidium molle (Benth.) H.E.Ireland	Arbusto
	Zollernia ilicifolia (Brongn.) Vogel	Árvore

Chave de identificação dos gêneros e espécies de Papilionoideae na Mata Atlântica do Rio Grande do Norte

1. Folhas simples, unifolioladas ou trifolioladas.

2. Folhas simples ou unifolioladas.

3. Arbustos escandentes ou trepadeiras herbáceas; folhas unifolioladas.

4. Arbusto escandente; folíolos ovais a oval-elípticos; pecíolos cilíndricos; cimeiras 0,7-1,9 cm compr.; flores 0,6-0,7 cm compr., não-ressupinadas; fruto indeiscente, samaroide.....13.1 *Dalbergia ecastaphyllum*

4'. Trepadeira herbácea; folíolos sagitados; pecíolos alados; racemos 2,2-8,6 cm compr.; flores 3,5-6 cm compr., ressupinadas; fruto legume.....7.4 *Centrosema sagittatum*

3'. Subarbustos eretos ou árvores; folhas simples.

5. Folhas geralmente com margem espinescente; flores não-papilionadas, as pétalas róseas e indiferenciadas; cálice espatáceo; fruto legume drupoide .....31.1 *Zollernia ilicifolia*

5'. Folhas sempre margem inteira; flores papilionadas, as pétalas amarelas e claramente diferenciadas em estandarte, alas e carena; cálice campanulado; fruto legume.....11.2 *Crotalaria retusa*

2'. Folhas trifolioladas.

6. Fruto lomento, indeiscente.

7. Estípulas inteiras; estipelas presentes; flores dispostas em pseudoracemos ou fascículos; estames com anteras isomórficas; lomento 2-7-articulado..... *Desmodium*.

8. Folíolos 0,2-0,5 cm compr.; inflorescência fasciculada; lomento séssil .....14.7 *Desmodium triflorum*

8'. Folíolos 1-9 cm compr., inflorescência racemosa ou paniculada; lomento estipitado.

9. Face abaxial do folíolo piloso-canescente; estípulas unidas a ca. 2/3 do compr. nos ramos jovens .... 14.4 *Desmodium incanum*

9'. Face abaxial do folíolo pubérula, pubescente ou sericea; estípulas livres.

10. Inflorescências mais curtas que as folhas adjacentes; lacínias superiores do cálice não-concrescidas até o ápice; estilete quase ereto e geniculado .....14.2 *Desmodium barbatum*

10'. Inflorescências mais longas que as folhas adjacentes; lacínias superiores do cálice concrescidas até próximo ao ápice; estilete curvado, não-geniculado.

11. Lomento com a margem superior reta e inferior sinuosa, artículos oblongos ....14.1 *Desmodium adscendens*

11'. Lomento com ambas as margens sinuosas e artículos orbiculares a elípticos.

12. Folíolos laterais assimétricos; estípulas subuladas, não-auriculadas; lomento dimórfico ....14.3 *Desmodium glabrum*

12'. Folíolos laterais simétricos; estípulas lanceoladas a oval-lanceoladas, auriculadas; lomento uniforme.

13. Flores com pedicelo 2-3 mm compr.; artículos do lomento não-tortuosos, elípticos e tomentoso-uncinado.....14.5 *Desmodium scorpiurus*

13'. Flores com pedicelo 9-16 mm compr.; artículos do lomento tortuosos, orbiculares e pubescente-uncinado.....14.6 *Desmodium tortuosum*

7'. Estípulas bidentadas; estipelas ausentes; flores dispostas em espigas; estames com anteras dimórficas; lomento 1-2-articulado ..... *Stylosanthes*.

14. Folíolos lineares; espigas lineares; brácteas 7-8,5 × 3,5-4 mm; lomento com rostro alongado, 3-4 mm compr. .....26.1 *Stylosanthes angustifolia*

14'. Folíolos estreitamente lanceolados a elípticos; espigas oblongas ou ovais a globosas; brácteas 10-14 × 6-10 mm; lomento com rostro curto, 0,4-1 mm compr.

15. Subarbustos eretos e não-ramificados; ramos estriados; lomento 1-articulado, pontuações glandulares em toda superfície, rostro circinado .....26.2 *Stylosanthes gracilis*

15'. Subarbustos eretos e ramificados ou prostrados; ramos lisos; lomento 1-2-articulado, pontuações glandulares ausentes, rostro uncinado a torcido lateralmente.

16. Estípulas 12-20 mm compr.; espigas globosas a ovais; brácteas 8-9 mm larg., largamente ovais, hialinas a púrpuras na porção central ....26.3 *Stylosanthes macrocephala*

16'. Estípulas 4-10 mm compr.; espigas elípticas a oblongas; brácteas 2-7 mm larg., elípticas, esverdeadas.

17. Flores e frutos sustentados por um eixo plumoso e três bractéolas; artículo terminal piloso e rostro ca. 1 mm compr. ..... 26.4 *Stylosanthes scabra*

17'. Flores e frutos sustentados somente por duas bractéolas, eixo plumoso ausente; artículo terminal pubérulo na margem e rostro ca. 0,5 mm compr. ....26.5 *Stylosanthes viscosa*

6'. Fruto legume, deiscente.

18. Flores ressupinadas.

19. Flores em pseudoracemos nodosos; cálice bilabiado; androceu pseudomonadelfo.....*Canavalia*.

20. Folíolos ovais a elípticos, ápice agudo; flores 1,8-2,5 cm compr.; lacínia central do lábio carenal lanceolado-triangular e maior que as laterais; sementes com hilo cobrindo 1/4 da circunferência..... 6.1. *Canavalia brasiliensis*

20'. Folíolos orbiculares a obovais, ápice emarginado; flores 2,8-3,2 cm compr.; lacínia central do lábio carenal oval a orbicular e menor que as laterais; sementes com hilo cobrindo 1/3 da circunferência .....6.2. *Canavalia rosea*

19'. Flores em racemos; cálice tubuloso ou campanulado; androceu diadelfo.

21. Cálice tubuloso; pétalas brancas, as alas bem maiores do que as pétalas da carena; estames com filetes iguais; ovário estipitado; legume oblongo com duas alas paralelas na porção superior, subcilíndrico .....*Clitoria*.

22. Trepadeira com ramos ferrugíneo-hirsutos; pecíolos longos, maiores que 2 cm compr.; folíolos ovais 9.1 *Clitoria falcata*

22'. Subarbustos eretos, ramos glabrescentes a seríceos; pecíolos curtos, até 0,5 cm compr.; folíolos linear-lanceolados a oblongo-elípticos .....9.2 *Clitoria laurifolia*

21'. Cálice campanulado; pétalas lilás, alas e pétalas da carena quase do mesmo tamanho; estames com filetes desiguais; ovário séssil; legume linear sem alas na porção superior, achatado.

23. Subarbusto ereto; estandarte não-calcarado; estilete cilíndrico e estigma penicilado ..... 21.1 *Periandra mediterranea*

23'. Ervas prostradas ou trepadeiras; estandarte calcarado; estilete cuneiforme e estigma ciliado..... *Centrosema.*

24. Folíolos com venação reticulódroma; legume 2,8-4 cm compr., ligeiramente curvo. 7.3 *Centrosema rotundifolium*

24'. Folíolos com venação broquidódroma; legume 4,5-15,5 cm compr., reto.

25. Folíolos lineares a linear-lanceolados; flores menores que 2 cm compr.; ovário menor que 10 mm compr., pubescente a densamente seríceo; legume esparsamente piloso ..... 7.2 *Centrosema pascuorum*

25'. Folíolos ovais ou oval-lanceolados a elípticos; flores maiores que 2 cm compr.; ovário maior que 10 mm compr., pubérulo; legume glabrescente a esparsamente pubérulo.

26. Folíolos glabrescentes na face adaxial e pubérulos na face abaxial; bractéolas maiores que 10 mm compr.; cálice pubérulo, as lacínias menores que o tubo, 1-1,5 mm compr., sendo a carenal ca. 3 mm compr..... .....7.1 *Centrosema brasilianum*

26'. Folíolos esparsamente pubescentes em ambas as faces; bractéolas menores que 10 mm compr.; cálice glabro e pubescente nas lacínias, as lacínias iguais ou maiores que o tubo, 2-4 mm compr., sendo a carenal ca. 7 mm compr. .....7.5 *Centrosema virginianum*

18'. Flores não-ressupinadas.

27. Folíolos e frutos recobertos por pontuações glandulares amareladas; bractéolas ausentes; flores menores que 1 cm compr.; frutos com apenas duas sementes .....*Rhynchosia*.

28. Frutos sem constrição; sementes reniformes, concolores, esverdeadas .....23.1 *Rhynchosia minima*

28'. Frutos constritos; sementes orbiculares, bicolores negras e vermelhas .....23.2 *Rhynchosia phaseoloides*

27'.Folíolos e frutos sem pontuações glandulares; bractéolas presentes; flores geralmente maiores que 1 cm compr.; frutos com mais de duas sementes.

29. Folhas digitadas; estípulas caducas; legume inflado..... *Crotalaria.*

30. Ramos e folíolos velutinos; legumes 1,6-2 cm compr., oblongos, densamente pubescentes com tricomas adpressos ..... 11.1 *Crotalaria holosericea*

30’. Ramos pubescentes, folíolos glabros a pubescentes; legumes 4-5 cm compr., cilíndricos, glabrescentes ..... 11.2 *Crotalaria pallida*

29’. Folhas pinadas, raque foliar 0,2-1,8 cm compr.; estípulas persistentes; legume compresso.

31. Lianas; androceu pseudomonadelfo; sementes com hilo linear ..... *Dioclea*.

32. Estípulas elípticas, peltadas; cálice 5-laciniado, pubescente; pétalas da carena com a margem inteira; anteras dimórficas; fruto ferrugíneo-viloso; sementes suborbiculares ..... 15.1 *Dioclea violacea*

32’. Estípulas triangulares, não-peltadas; cálice 4-laciniado, glabro; pétalas da carena com 1/3 da margem interna fimbriada; anteras isomórficas; fruto fulvo-tomentoso; sementes oblongas ..... 15.2 *Dioclea virgata*

31’. Trepadeiras herbáceas ou volúveis, ervas e subarbustos escandentes; androceu diadelfo; sementes com hilo oblongo, circular ou oval.

33. Cálice 4-laciniado; estilete uncinado; legume oblongo com ápice falcado ..... 16.1 *Galactia striata*

33’. Cálice 5-laciniado; estilete curvo; legume oblongo a linear com ápice reto.

34. Pétalas da carena planas; estame vexilar livre; estilete pubescente; frutos septados ..... *Calopogonium*.

35. Ramos glabrescentes a pubérulos; folíolos com face adaxial serícea e abaxial densamente velutina, tricomas brancos; legume maior que 4,5 cm compr., pubérulo a pubescente ..... 5.1 *Calopogonium caeruleum*

35’. Ramos hirsutos; folíolos seríceos em ambas as faces, tricomas ferrugíneos; legume menor que 4 cm compr., densamente recoberto por tricomas ferrugíneo-hirsutos ..... 5.2 *Calopogonium mucunoides*

34’. Pétalas da carena espiraladas ou torcidas lateralmente; estame vexilar soldado na base do tubo estaminal; estilete barbado; frutos não-septados.

36. Pseudoracemos não-nodosos; pétalas vermelhas, atropurpúreas ou roxas, alas maiores em comprimento e largura do que as demais pétalas ..... *Macroptilium*.

37. Subarbusto ereto com ramos glabrescentes e estriados; folíolos laterais simétricos; conjunto de brácteas presente somente nas flores apicais; fruto 7,9-11,6 cm compr. ..... 20.3 *Macroptilium lathyroides*

37’. Ervas prostradas ou volúveis com ramos pilosos; folíolos laterais assimétricos; conjunto de brácteas ausente ou presente apenas na base da inflorescência; fruto 3,5-7,5 cm compr.

38. Folíolos com margem crenada; lacínias do cálice subuladas; estandarte com um par de apêndices transversais na base da unguícula ..... 20.4 *Macroptilium panduratum*

38’. Folíolos com margem inteira ou lobada; lacínias do cálice deltoides a triangulares; estandarte com um par de apêndices alongados desde a base até o início da unguícula.

39. Conjunto de brácteas na base ou a ca. 3 mm da base da inflorescência; pétalas atropurpúreas; cálice ca. 8,5 × 11 mm, seríceo ..... 20.1 *Macroptilium atropurpureum*

39’. Conjunto de brácteas ausentes; pétalas vermelhas; cálice ca. 4,5 × 6,5 mm, esparsamente pubescente ..... 20.2 *Macroptilium gracile*

36’. Pseudoracemos nodosos; pétalas lilás, creme ou amarelas, alas menores que as demais pétalas.

40. Flores maiores que 4 cm compr.; cálice tubuloso, bilabiado; estandarte assimétrico, pétalas da carena espiraladas com 2-5 voltas completas ..... 10.1 *Cochliasanthus caracalla*

40’. Flores menores que 2 cm compr.; cálice campanulado, 5-laciniado; estandarte simétrico, pétalas da carena torcidas lateralmente ..... *Vigna*.

41. Estípulas não-peltadas, deltoides a lanceoladas; pétalas lilás; estandarte com um par de apêndices transversais na base; pétalas da carena sigmoides e com a margem interna ciliada; legume 7-9,7 cm compr., linear ..... 30.1 *Vigna halophilla*

41’. Estípulas peltadas, elípticas; pétalas amarelas ou alaranjadas; estandarte sem apêndices; pétalas da carena lateralmente torcidas e com margem interna inteira; legume ca. 3 cm compr., oblongo ..... 30.2 *Vigna trichocarpa*

1’. Folhas digitadas com 2 ou 4 folíolos, ou pinadas com mais folíolos.

42. Folhas digitadas com 2 ou 4 folíolos ou paripinadas.

43. Folhas digitadas, 2-4-folioladas; inflorescência espiciforme.....*Zornia*.

44. Folhas 2-folioladas, caducas na maturidade; artículos do lomento sem pontuações glandulares.....32.3 *Zornia latifolia*

44'. Folhas 4-folioladas, persistentes; artículos do lomento com pontuações glandulares.

45. Subarbustos procumbentes pouco ramificados; artículos com acúleos em toda superfície.....32.1 *Zornia brasiliensis*

45'. Subarbustos eretos e ramificados; artículos com acúleos apenas próximo às margens..... 32.2 *Zornia guanipensis*

43'. Folhas com mais de 6 folíolos; inflorescência racemosa ou pseudoracemosa.

46. Trepadeiras volúveis; raque foliar prolongada e apiculada; inflorescência pseudoracemosa nodosa; pétalas róseas ou levemente lilás; androceu monadelfo com 9 estames; sementes bicolores, vermelho e preto..... 1.1 *Abrus precatorius*

46'. Arbustos, ervas ou subarbustos; raque foliar não prolongada; inflorescência racemosa; pétalas amarelas; androceu diadelfo com 10 estames; sementes concolores, amarronzadas.

47. Folhas 38-52-folioladas; folíolos opostos; flores maiores que 2 cm compr.; fruto legume, maior que 25 cm compr. ..... 24.1 *Sesbania exasperata*

47'. Folhas 6-30-folioladas; folíolos alternos; flores menores que 1,5 cm compr.; fruto lomento, menor que 5 cm compr. ..... *Aeschynomene*.

48. Estípulas e brácteas peltadas, ovais e triangulares; cálice bilabiado; ovário glabro; fruto 7-9-articulado, glabro, margens amplamente crenadas.....2.3 *Aeschynomene sensitiva*

48'. Estípulas e brácteas não-peltadas, lanceoladas; cálice 5-laciniado; ovário pubescente a seríceo; fruto 2-4-articulado, pubérulo a tomentoso, margem superior reta e inferior sinuosa a fendida.

49. Folhas 6-10-folioladas; folíolos obovais com face adaxial glabra; fruto revestido por tricomas glandulares ....2.4 *Aeschynomene viscidula*

49'. Folhas 12-30-folioladas; folíolos oblongos com face adaxial serícea; fruto sem tricomas glandulares.

50. Ervas com ramos eretos ou prostrados; flores ca. 5 mm compr.; lomento 2-articulado; tufo de tricomas eretos presente logo abaixo do primeiro artículo..... 2.1 *Aeschynomene histrix*

50'. Subarbusto com ramos patentes; flores maiores que 10 mm compr.; lomento 3-4-articulado; tufo de tricomas ausentes ..... 2.2 *Aeschynomene moliculla*

42'. Folhas imparipinadas.

51. Ramos com espinhos ou estípulas modificadas em espinhos.

52. Folhas com menos de 15 folíolos; ramos com espinhos axilares de 10-16 mm compr.; cálice densamente pubescente; pétalas amarelas a alaranjadas; estandarte glabro; fruto drupa ..... 17.1 *Geoffroea spinosa*

52'. Folhas com mais de 30 folíolos; estípulas modificadas em espinhos de 4-5,5 mm compr.; pétalas violáceas; estandarte seríceo na face externa; sâmara com núcleo seminífero basal e ala apical.....19.1 *Machaerium hirtum*

51'. Ramos inermes.

53. Trepadeiras volúveis; folhas 5-folioladas, folíolos glabros; cálice com tricomas glandulares; fruto lomento..... .....8.1 *Chaetocalyx scandens*

53'. Ervas, subarbustos ou árvores; folhas com 5 ou mais folíolos glabrescentes a velutinos; cálice sem tricomas glandulares; frutos sâmara, drupa ou legume.

54. Ramos e folíolos recobertos por tricomas malpiguiáceos; anteras com conectivo apendiculado ..... *Indigofera*.

55. Ervas prostradas; folíolos com pontuações glandulares na face abaxial; legume constrito entre as sementes..... .....18.2 *Indigofera microcarpa*

55'. Subarbustos eretos ou ascendentes; folíolos não-pontuados; legume não-constrito entre as sementes.

56. Folhas 5-7-folioladas; racemos 12-28 cm compr., mais longos do que as folhas adjacentes; legume reto..... .....18.1 *Indigofera hirsuta*

56'. Folhas 11-17-folioladas; racemos 3,5-5,8 cm compr., mais curtos do que as folhas adjacentes; legume falcado..... .....18.3 *Indigofera suffruticosa*

54'. Ramos e folíolos recobertos por tricomas simples; anteras sem conectivos.

57. Flores não-papilionadas, com apenas uma pétala (estandarte) e o cálice inteiro partindo-se em lobos irregulares; estames livres e numerosos.

58. Racemos 6,5-10 cm compr., revestidos por tricomas ferrugíneos; estames heteromórficos com anteras dorsifixas, suborbiculares e bem menores do que os filetes; legume com até 14 cm compr., carnoso, suboblongo, com até 12 sementes ariladas.....27.1 *Swartzia pickelii*

58'. Racemos congestos, até 4 cm compr., revestidos por tricomas hialinos; estames isomórficos com anteras basifixas, oblongas, pelo menos do mesmo compr. dos filetes; legume com até 2 cm compr., inflado, cartáceo, elipsoide, com apenas uma semente não arilada..... 29.1 *Trischidium molle*

57'. Flores papilionadas, com cinco pétalas fortemente diferenciadas e o cálice com prefloração imbricativa ou valvar formando lobos subiguais; estames soldados ou livres, mas sempre diplostêmones.

59. Ervas ou subarbustos; folíolos oblanceolados a espatulados, venação craspedódroma; inflorescência pseudoracemosa .....*Tephrosia*.

60. Ramos, pecíolo, raque foliar e face abaxial dos folíolos velutinos; folíolos oblanceolados; flores 12-17 mm compr.....28.1 *Tephrosia egregia*

60'. Ramos, pecíolo e raque foliar glabrescentes a ferrugíneo-tomentosos e face abaxial dos folíolos pubescentes; folíolos espatulados; flores 6-12 mm compr.

61. Pseudoracemos 20-35 cm compr.; estandarte com calosidades alongadas acima da unguícula; lacínias do cálice deltoides a triangulares; legume maior que 4,5 cm compr., ferrugíneo-viloso .....28.2 *Tephrosia noctiflora*

61'. Pseudoracemos 5-10 cm compr.; estandarte com calosidades arredondadas; lacínias do cálice subuladas; legume menor que 4 cm compr., esparsamente pubescente .....28.3 *Tephrosia purpurea*

59'. Arbustos ou árvores; folíolos ovais a oblongos, venação broquidódroma; inflorescência racemosa ou paniculada.

62. Bractéolas ausentes ao longo do pedicelo; cálice subtruncado, lobos inconspícuos; fruto moniliforme ..... 25.1 *Sophora tomentosa*

62'. Bractéolas presentes; cálice com lacínias conspícuas, 0,5-2,5 mm compr.; frutos sâmara ou drupa.

63. Folhas 11-17-folioladas; pétalas enrugadas e livres, as alas pelo menos duas vezes maiores que as pétalas da carena; estames livres; estilete torcido..... 4.1 *Bowdichia virgilioides*

63'. Folhas 5-11-folioladas; pétalas planas, sobrepostas ou unidas entre si, as alas quase do mesmo do tamanho das pétalas da carena; estames concrescidos em tubo; estilete ereto a levemente curvado.

64. Folíolos alternos; flores em racemos; pétalas amarelas e enrugadas; ovário séssil; fruto samaroide, suborbicular, com apenas uma semente22.1 *Pterocarpus rohrii*

64'. Folíolos opostos; flores em panículas; pétalas lilás a roxas e não-enrugadas; ovário estipitado; fruto drupoide e globoso ou samaroide alongado e geralmente com mais de 1 semente.

65. Folhas sem estipelas; pétalas da carena geralmente soldadas na porção dorsal; androceu pseudomonadelfo, glabrescente; legume samaroide, elíptico a oblongo, geralmente com mais de uma semente12.1 *Dahlstedtia araripensis*

65'. Folhas estipeladas; pétalas da carena sobrepostas, mas livres entre si; androceu diadelfo, glabro; drupa globosa ..... *Andira*.

66. Subarbusto geoxílico com até 2 m alt.; folhas 9-11-folioladas; ovário glabro ..... 3.2 *Andira humilis*

66'. Arbustos ou árvores com 3-12 m alt.; folhas 5-9-folioladas; ovário glabrescente com as margens setosas.

67. Face adaxial dos folíolos glabrescente, tricomas ferrugíneos e adpressos somente ao longo da nervura principal, face abaxial pubérula com tricomas amarelos; ovário com superfície rugosa..... ..... 3.1 *Andira fraxinifolia*

67'. Face adaxial dos folíolos glabra, face abaxial glabrescente com tricomas hialinos; ovário com superfície lisa .....3.3 *Andira nitida*

Tratamento Taxonômico

1. Abrus Adans., Fam. Pl. 2: 327. 1763.

Trepadeiras com folhas paripinadas e raque apiculada, pseudoracemos axilares ou terminais, flores papilionadas, androceu monadelfo e constituído por nove estames, frutos congestos concentrados no ápice da inflorescência e sementes bicolores vermelho e preto.

O gênero é considerado como uma das primeiras linhagens do grande clado Millettioide (Wojciechowski et al. 2004). Tem sido classificado na tribo monogenérica Abreae (Schrire 2005a). Possui distribuição pantropical e é constituído por 17 espécies, tendo como centro de diversidade a região paleotropical (Schrire 2005a). No Rio Grande do Norte, foi registrada apenas uma espécie.

1.1 Abrus precatorius L., Syst. Nat., ed. 12, 2: 472. 1767.

Figuras 2A, 4a-c

Trepadeiras volúveis, ramos glabrescentes. Estípulas 2,5-3 mm compr., subuladas, não-peltadas. Folhas 18-30-folioladas; pecíolo 0,3-0,8 mm compr.; raque 2,5-5,2 cm compr., prolongada e apiculada; estipelas ca. 0,5 mm compr.; folíolos 0,8-1,1 × 0,3-0,5 cm, opostos, oblongos a obovais, ápice mucronulado, base truncada a arredondada ou oblíqua, venação reticulódroma, face adaxial glabra e abaxial serícea. Pseudoracemos nodosos, axilares ou terminais, 3,2-7 cm compr.; pedicelo ca. 1 mm compr.; brácteas e bractéolas não observadas. Flores 12-13,5 mm compr.; cálice 3-4 × 6-7 mm, amplamente campanulado, pubescente, 5-laciniado, lacínias ca. 0,2 mm compr.; pétalas róseas a levemente lilás; estandarte 10,5-11 × 7,5-9 mm, oval, ápice obtuso, face externa pubérula; alas 10,5-12 × 2,8-3 mm; pétalas da carena 11,5-12,5 × 3-5 mm; androceu monadelfo (9), 10-12 mm compr., anteras isomórficas; gineceu 11-12 mm compr., ovário ca. 7 mm compr., subséssil, seríceo, estilete 4-5 mm compr., curvado, glabro. Legume 3-4 × 1-1,4 cm, oblongo, pubescente, margens retas a levemente sinuosas. Sementes 4-5, 6,5-7 × 4,5-5 mm, ovais, bicolores negras e vermelhas.

O hábito volúvel, folhas 18-30-folioladas com a raque prolongada e apiculada, folíolos membranáceos, pseudoracemos nodosos, pétalas róseas e sementes bicolores vermelho e preto são características que ajudam no reconhecimento de *Abrus precatorius*.

Possui distribuição circuntropical com ocorrência em áreas savânicas, florestas úmidas e áreas perturbadas (Breteler 1960). Espécie considerada subespontânea na América do Sul, ocorrendo no Brasil principalmente ao longo das florestas de restinga (Lewis 1987). No Rio Grande do Norte, foi registrada em áreas de restinga arbustiva e floresta estacional semidecidual associada a locais sombreados.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Extremoz, Praia de Pitangui, área alagada, 24.X.1992, fr., *M.M.A. Silva et al. s.n.* (UFRN 1453); *ibid*., APA Jenipabu, 15.III.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus et al. 107* (UFRN); Natal, Parque Estadual das Dunas do Natal, 26.VIII.1980, fl. e fr., *Projeto Parque das Dunas s.n.* (MOSS 2299); Parnamirim, Mata do Jiqui, 27.XI.2007, fr., *M.I.B. Loiola et al. 1232* (UFRN); Rio do Fogo, Praia de Perobas, 19.V.2007, fl., *M.I.B. Loiola & M.A. Loiola 994* (MOSS, UFRN); Vila Flor, 25.II.1981, fl., *O.F. Oliveira et al. 1697* (MOSS).

2. Aeschynomene L., Sp. Pl. 2: 713. 1753.

Gênero reconhecido pelo hábito herbáceo a arbustivo, folhas pinadas plurifolioladas, estipelas ausentes, folíolos alternos, flores com pétalas amarelas, androceu diadelfo (5+5) e fruto lomento 2-18-articulado.

Aeschynomene foi tradicionalmente classificado na tribo Aeschynomeneae (Rudd 1955, 1981), mas análises filogenéticas com dados moleculares e morfológicos têm sustentado a tribo como parte do clado Dalbergioide (Lavin et al. 2001), de modo que uma circunscrição mais ampla da tribo Dalbergieae tem incluído o gênero (Klitgaard & Lavin 2005, Cardoso et al. 2013). *Aeschynomene* provavelmente não é monofilético (Lavin et al. 2001, Cardoso et al. 2013) e em sua delimitação tradicional possui ca. 175 espécies distribuídas nas Américas, África, Ásia e Austrália (Rudd 1955, Klitgaard & Lavin 2005). Nas Américas são registradas 84 espécies, das quais pelo menos 50 ocorrem no Brasil (Fernandes 1996). Neste estudo foram encontradas quatro espécies.

2.1 Aeschynomene histrix Poir., Encyc. Suppl. 4: 77. 1816.

Figura 2B

Erva prostrada ou ereta, ca. 0,5 m alt., ramos tomentosos a hispidulosos. Estípulas 6-10 mm compr., lanceoladas, não-peltadas. Folhas 12-30-folioladas; pecíolo 0,2-0,3 cm compr.; raque 0,9-4,7 cm compr.; folíolos 0,6-0,9 × 0,3 cm, oblongos, ápice mucronulado, base oblíqua, seríceos em ambas as faces, margem ciliada, venação reticulódroma. Racemos axilares, 0,6-1,2 cm compr., com 9-12 flores; pedicelo 3-4,5 mm compr.; brácteas 1-1,5 × 1,5-2 mm, ovais, tomentosas e hispidulosas, margem ciliada; bractéolas 2-2,5 × 1 mm, ovais. Flores ca. 5 mm compr.; cálice 3-3,5 × 7-7,5 mm, campanulado, pubérulo, margem ciliada, 5-laciniado, lacínias ca. 1,5 mm compr.; pétalas amarelo-claro; estandarte 5 × 3,5-4 mm, orbicular, ápice arredondado, face externa pubérula; alas 4,5 × 1-1,5 mm; pétalas da carena 4,8-5 × 1 mm; androceu ca. 4 mm compr., anteras isomórficas; gineceu ca. 5,5 mm compr., estípite 0,8-1 mm compr., ovário ca. 1,5 mm compr., seríceo na base, tricomas curtos ou com ca. 2,5 mm compr., estilete 3-3,5 mm compr., levemente curvado. Lomento 2-articulado, 5-6 mm compr., estípite 1-1,5 mm compr., nigrescente, pubérulo, tufo de tricomas eretos e dourados logo abaixo do primeiro artículo, margem superior reta e inferior profundamente fendida, artículos 2,5-3 × 2,5-3 mm, orbiculares. Sementes 2, ca. 2 × 1 mm, reniformes, amarronzadas e com pontuações negras.

Espécie caracterizada pelos ramos densamente tomentosos e hispidulosos, inflorescências congestas (0,6-1,2 cm compr.) e frutos nigrescentes com um tufo de tricomas dourados logo abaixo do primeiro artículo.

Rudd (1955) propôs uma classificação infra-específica para *A. histrix* de modo a reconhecer, além da variedade típica, as variedades *A. histrix* var. *densiflora* (Benth.) Rudd e *A. histrix* var. *incana* (Vogel) Benth. Porém a delimitação taxonômica destas variedades, baseadas em diferenças de hábito, tamanho dos folíolos e das estípulas e tipo de indumento dos frutos, é muito tênue. No presente estudo, optou-se por não considerar as variedades. A espécie distribui-se desde o México até a América do Sul (Rudd 1955). No Brasil, ocorre em todas as regiões, mas preferencialmente em campos arenosos (Fernandes 1996). Na área de estudo, a espécie foi encontrada em restinga arbustiva sobre dunas e borda de mata.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Ceará-Mirim, Fazenda Diamante, 02.V.2012, *A.A. Roque et al. 1361* (UFRN); Natal, APA Capim Macio, 01.VII.2012, *W.M.B. São-Mateus et al. 188* (UFRN); *ibid*., Campus Universitário da UFRN, 16.IV.2003, fl. e fr., *R.T. Queiroz 35* (IPA, UFRN); Nísia Floresta, Tabatinga, 26.VIII.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus et al. 211* (UFRN); Parnamirim, Centro de Lançamento Barreira do Inferno, 15.III.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus et al. 110* (UFRN); Rio do Fogo, Punaú, 25.V.2009, fl. e fr., *A.C.P. Oliveira 1069* (UFRN).

2.2 Aeschynomene mollicula Kunth, Nov. Gen. Sp. 6: 532. 1823.

Figuras 2C, 4d-e

Subarbusto ca. 1,5 m alt., ramos patentes, glabrescente a tomentosos quando jovens. Estípulas 4-7 mm compr., lanceoladas,

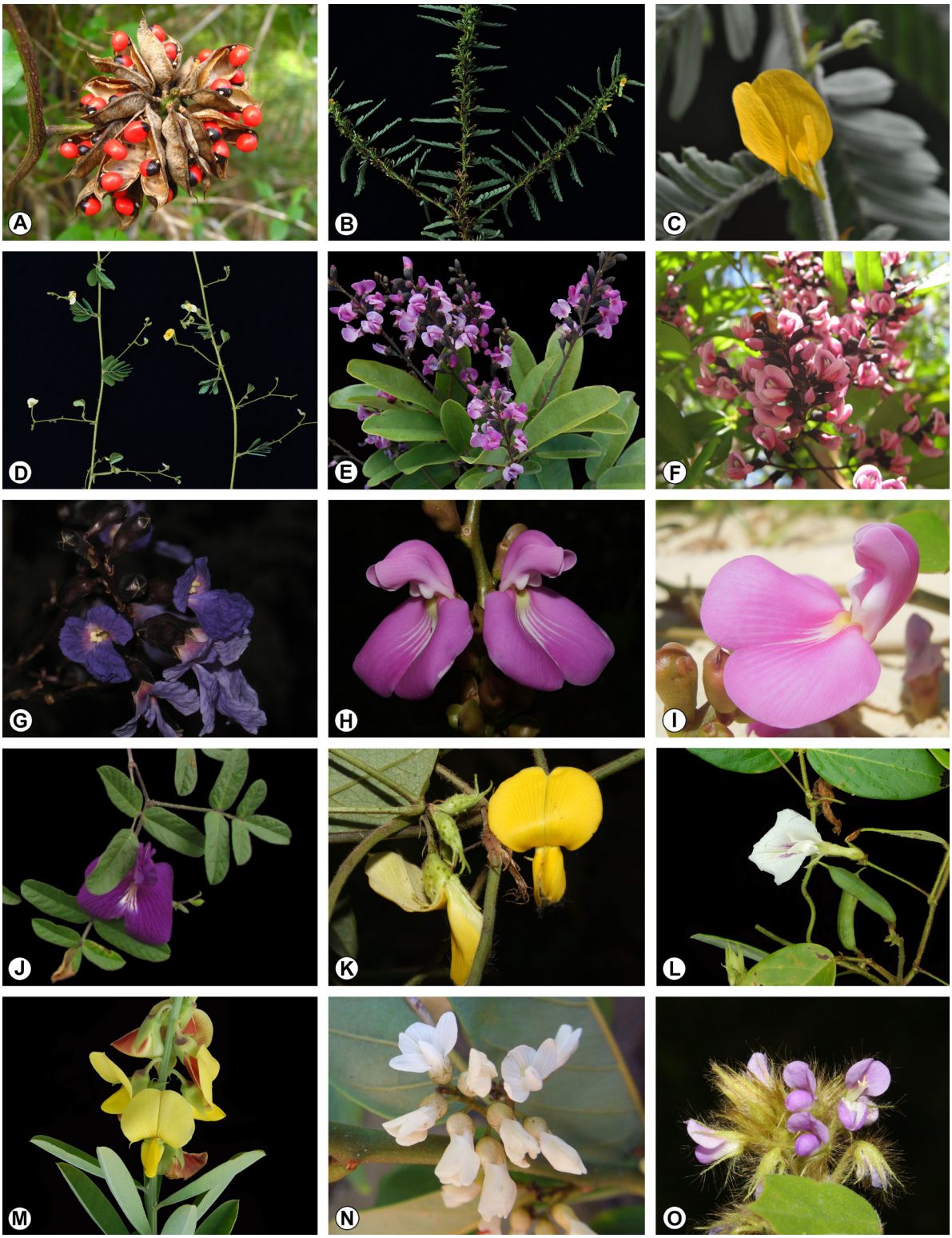


Figura 2. Diversidade morfológica de representantes de Papilionoideae em remanescentes de Mata Atlântica do Rio Grande do Norte, Brasil. A: *Abrus precatorius*; B: *Aeschynomene histrix*; C: *Aescchynomene mollicula*; D: *Aeschynomene viscidula*; E: *Andira humilis*; F: *Andira nitida*; G: *Bowdichia virgilioides*; H: *Canavalia brasiliensis*; I: *Canavalia rosea*; J: *Centrosema rotundifolium*; K: *Chaetocalyx scandens*; L: *Clitoria falcata*; M: *Crotalaria retusa*; N: *Dalbergia ecastaphyllum*; O: *Desmodium barbatum*. Fotos: Eloina Matos (A, F), Madson Trindade (B, D), Wallace São-Mateus (C, J), Jomar Jardim (E, L) e Domingos Cardoso (G-I, K, N-O).

Figure 2. Morphological diversity of Papilionoideae representatives from remnants of Atlantic Forest in Rio Grande do Norte, Brazil. A: *Abrus precatorius*; B: *Aeschynomene histrix*; C: *Aescchynomene mollicula*; D: *Aeschynomene viscidula*; E: *Andira humilis*; F: *Andira nitida*; G: *Bowdichia virgilioides*; H: *Canavalia brasiliensis*; I: *Canavalia rosea*; J: *Centrosema rotundifolium*; K: *Chaetocalyx scandens*; L: *Clitoria falcata*; M: *Crotalaria retusa*; N: *Dalbergia ecastaphyllum*; O: *Desmodium barbatum*. Photos: Eloina Matos (A, F), Madson Trindade (B, D), Wallace São-Mateus (C, J), Jomar Jardim (E, L) e Domingos Cardoso (G-I, K, N-O).

não-peltadas. Folhas 18-22-folioladas; pecíolo 0,4-0,7 cm compr.; raque 4-4,2 cm compr., tomentosa; folíolos 0,7-14 × 0,4-0,65 cm, oblongos, ápice mucronulado, base oblíqua, venação reticulódroma, face adaxial esparsamente serícea, face abaxial serícea-tomentosa. Racemos axilares, 1,4-2 cm compr.; pedicelo 4-7 mm compr.; brácteas 3-4 × 1-2,5 mm, ovais, híspido-glandulares; bractéolas ca. 5 × 2 mm, ovais. Flores 11-14 mm compr.; cálice 5-6,2 × 7-9 mm, campanulado, tomentoso, tricomas híspido-glandulares somente nas margens, 5-laciniado, lacínias 2-3 mm compr., do mesmo tamanho ou menores que o tubo; pétalas amarelo-escuro; estandarte 14-16 × 13-13,5 mm, orbicular, ápice retuso, face externa pubescente; alas 12-14 × 5-6 mm; pétalas da carena ca. 12 × 3 mm; androceu ca. 15 mm compr., anteras isomórficas; gineceu 15-16,5 mm compr., estípite 4-5 mm compr., ovário 6-6,5 mm compr., pubescente, estilete 6-7,5 mm compr., ereto, glabro. Lomento 3-4-articulado, 2,8-4,3 cm compr., estípite ca. 5 mm compr., verde, venação reticulada, tomentoso, tufo de tricomas ausente, margem superior reta e inferior profundamente fendida, artículos 8-10,5 × 6-7 mm, suborbiculares. Sementes 3 ou 4, 3-4 × 2,5-3 mm, reniformes, castanho-escuro a nigrescentes.

Aeschynomene mollicula diferencia-se das demais espécies pelo hábito subarbustivo com ramos patentes, flores maiores (até 14 mm compr.), pétalas escuro-amareladas e frutos pubescentes com venação reticulada.

Fernandes (1996) reconheceu duas variedades de *A. mollicula* no Brasil: *A. mollicula* var. *mollicula* e *A. mollicula* var. *breviflora* Rudd, que são diferenciadas principalmente pelo comprimento das flores, formato das bractéolas e número de artículos do lomento. Porém, para o presente estudo optou-se por não considerar as variedades. A espécie ocorre na Colômbia, Peru, Paraguai e Brasil, nos estados do Piauí, Ceará e Pernambuco geralmente em áreas de caatinga ou florestas estacionais (Fernandes 1996). A espécie está sendo citada pela primeira vez na flora do Rio Grande do Norte, sendo encontrada em ambiente sombreado nas bordas da floresta estacional decidual.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Ceará-Mirim, 14.III.2012, fl. e fr., *A.A. Roque et al. 1290* (UFRN).

2.3 Aeschynomene sensitiva Sw., Prodr. Veg. Ind. Occ. 107. 1788.

Arbusto 0,5-2 m alt., ramos glabros a glabrescentes, recobertos por tricomas hispidulosos. Estípulas 6-10 mm compr., ovais a triangulares, peltadas. Folhas 18-30-folioladas; pecíolo 0,3-0,5 cm compr.; raque 1-4,2 cm compr.; folíolos 0,5-0,8 × 0,2 cm, oblongos, ápice mucronulado, base oblíqua, venação hifódroma, glabrescentes em ambas as faces, presença de indumento vesiculoso e pontuações negras. Racemos axilares, 0,8-3,2 cm compr.; pedicelo 2-5 mm compr.; brácteas 1,5-2,5 × 1 mm, triangulares, peltadas, glabras com a margem ciliada, pontuações translúcidas presentes; bractéolas 1,5-2 × 1 mm, ovais. Flores 5-6,5 mm compr.; cálice 3-4,5 × 3 mm, bilabiado, glabro, tricomas glandulares somente nas margens, sépala carenal 3-denteada, vexilar 2-denteada; pétalas amarelas com estrias amarronzadas; estandarte ca. 6 × 6 mm, orbicular, ápice retuso, glabro em ambas as faces; alas 6 × 3-4 mm; pétalas da carena ca. 4 × 2,5 mm; androceu 5-7 mm compr., anteras isomórficas; gineceu 5,5-6 mm compr., estípite ca. 1 mm compr., ovário 3 mm compr., glabros, estilete 1,5-2 mm compr., ereto, glabro. Lomento 7-9-articulado, 37-43 mm compr., estípite 6-7 mm compr, marrom-escuro a nigrescente após secagem, glabro, tufo de tricomas ausente, margens amplamente crenadas, artículos 4-6 × 4,5-5 mm, suborbiculares a levemente quadrangulares. Sementes 7-9, 3,5 × 2 mm, reniformes, amarronzadas.

Aeschynomene sensitiva pode ser reconhecida pelas estípulas e brácteas peltadas, cálice bilabiado com o lábio superior 2-dentado e o inferior 3-dentado, e frutos glabros com as margens crenadas e nigrescentes após a secagem. Neste estudo optou-se por também não considerar as variedades.

Distribui-se do México até a América do Sul. No Brasil, ocorre na região Nordeste, e nos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Roraima e Rio de Janeiro (Fernandes 1996, Lima et al. 2006). *Aeschynomene sensitiva* é citada pela primeira vez no estado do Rio Grande do Norte, onde pode ser encontrada às margens de lagoas e rios.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Parnamirim, Mata do Jiqui, 24.II.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus et al. 51* (UFRN); Rio do Fogo, Distrito de Zumbi, 31.III.2012, fl. e fr., *J.G. Jardim et al. 6180* (UFRN).

2.4 Aeschynomene viscidula Michx., Fl. Bor. Amer. 2: 74. 1803.

Figuras 2D, 4f-g

Subarbusto prostrado ou ereto ca. 0,3 m alt., ramos hispidulosos e viscosos. Estípulas 1,5-3 mm compr., deltoides a lanceoladas, não-peltadas. Folhas 6-10-folioladas; pecíolo 0,4-1,2 cm compr.; raque ca. 0,7-1 cm compr.; folíolos 0,5-1,1 × 0,4-0,6 cm, obovais, ápice caudado, base oblíqua, venação broquidódroma, face adaxial glabra e abaxial serícea. Racemos axilares, 2,8-5,4 cm compr., com 2-7 flores; pedicelo 4-13 mm compr.; brácteas 1,5-2 × 1-2 mm, deltoides a ovais, glabras, ou ciliadas apenas nas margens; bractéolas 2-2,5 × 1-1,5 mm, ovais. Flores ca. 6 mm compr.; cálice 2-2,5 × 7-7,5 mm, campanulado, glabrescente, tricomas glandulares somente no ápice e na margem, 5-laciniado, lacínias ca. 1 mm compr., do mesmo tamanho do tubo; pétalas amarelas com estrias ocre; estandarte 6 × 6,5-7 mm, orbicular, ápice arredondado, esparsamente pubérulo externamente; alas ca. 6 × 4 mm; pétalas da carena ca. 5,5 × 2 mm; androceu 4,5-6 mm compr., anteras isomórficas; gineceu 6-8 mm compr., estípite ca. 1,5 mm compr., ovário 1,5-2 mm compr., estrigosos, tricomas longos, estilete 3-3,5 mm compr., levemente curvado, glabro. Lomento 2-3-articulado, 9-13 mm compr., estípite 1-1,5 mm compr., canescente, tomentoso e com tricomas glandulares, tufo de tricomas ausente, margem superior levemente sinuosa e inferior profundamente fendida chegando próximo à margem superior, artículos 4-4,5 × 4 mm, orbiculares a quadrangulares. Sementes 2-3, ca. 3 × 2 mm, reniformes, amarronzadas.

Aeschynomene viscidula diferencia-se das outras espécies estudadas por apresentar ramos viscosos, folhas 6-10-folioladas, folíolos obovais com face adaxial glabra e abaxial serícea e inflorescências alongadas (2,8-5,4 cm compr).

Ocorre desde os Estados Unidos até a Venezuela (Fernandes 1996) e, no Brasil, nos estados da Bahia, Ceará e Mato Grosso do Sul (Silva et al. 2007, Queiroz 2009). No Rio Grande do Norte, foi encontrada nas florestas de restiga arbustiva e restinga sobre dunas.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Extremoz, APA Jenipabu, 03.VIII.2011, fl. e fr., *E.O. Moura 37* (UFRN); Natal, Parque Estadual das Dunas do Natal, 24.VIII.2007, fl., *M.I.B. Loiola et al. 1199* (UFRN); Nísia Floresta, Dunas de Búzios, 11.IX.2011, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus & J.L. Costa-Lima 23* (UFRN); *ibid*., Tabatinga, 26.VIII.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus et al. 208* (UFRN); Parnamirim, Mata do Jiqui, 26.XI.2007, fl., *A.A. Roque et al. 336* (UFRN).

3. Andira Lam., Encycl. 1:171. 1783.

Gênero reconhecido pelas folhas imparipinadas com cinco a 13 folíolos, estípulas não-peltadas, flores papilionadas dispostas em panículas, pétalas violáceas, não-enrugadas, as pétalas da carena livres e sobrepostas no ápice ou na porção posterior, gineceu com ovário estipitado e estigma penicilado, e o fruto drupa.

A classificação tradicional de *Andira* dentro da tribo Dalbergieae (Polhill 1981, Pennington 2003) tem sido atualmente aceita (Klitgaard

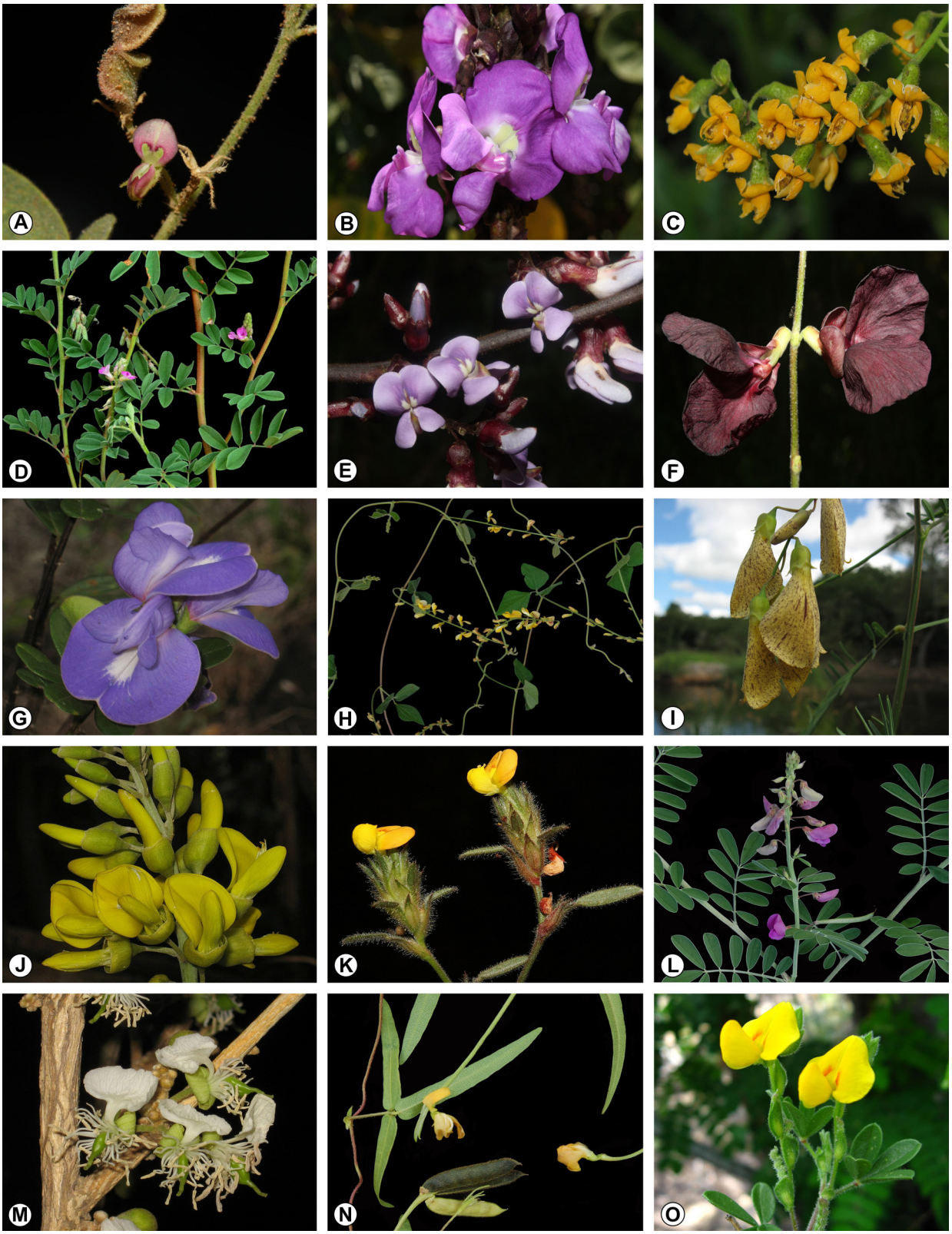


Figura 3. Diversidade morfológica de representantes de Papilionoideae em remanescentes de Mata Atlântica do Rio Grande do Norte, Brasil. A: *Desmodium glabrum*; B: *Dioclea violacea*; C: *Geoffroea spinosa*; D: *Indigofera microcarpa*; E: *Machaerium hirtum*; F: *Macroptilium atropurpureum*; G: *Periandra mediterranea*; H: *Rhynchosia minima*; I: *Sesbania exasperata*; J: *Sophora tomentosa*; K: *Stylosanthes viscosa*; L: *Tephrosia egregia*; M: *Trischidium molle*; N: *Vigna trichocarpa*; O: *Zornia brasiliensis*. Fotos: Domingos Cardoso (A-C, E-G, I-K, O), Madson Trindade (D, H) e Jomar Jardim (L, N).

Figure 3. Morphological diversity of Papilionoideae representatives from remnants of Atlantic Forest in Rio Grande do Norte, Brazil. A: *Desmodium glabrum*; B: *Dioclea violacea*; C: *Geoffroea spinosa*; D: *Indigofera microcarpa*; E: *Machaerium hirtum*; F: *Macroptilium atropurpureum*; G: *Periandra mediterranea*; H: *Rhynchosia minima*; I: *Sesbania exasperata*; J: *Sophora tomentosa*; K: *Stylosanthes viscosa*; L: *Tephrosia egregia*; M: *Trischidium molle*; N: *Vigna trichocarpa*; O: *Zornia brasiliensis*. Photos: Domingos Cardoso (A-C, E-G, I-K, O), Madson Trindade (D, H) and Jomar Jardim (L, N).

& Lavin 2005), embora suas relações filogenéticas com a tribo ainda não sejam bem definidas (Lavin et al. 2001, Wojciechowski et al. 2004, Cardoso et al. 2012a, 2013). O gênero na verdade aparece em um pequeno clado não resolvido com relação às demais Papilionoideae (Cardoso et al. 2012a, 2013), mas todas as análises filogenéticas usando diferentes dados moleculares têm mostrado o seu monofiletismo (Pennington 1995, Simon et al. 2009, Cardoso et al. 2012a). Possui 29 espécies distribuídas nas Américas e uma espécie disjunta na África. As espécies ocorrem geralmente em florestas estacionais, florestas úmidas, cerrado e restinga (Pennington 2003). Na área de estudo, foram registradas três espécies.

3.1 Andira fraxinifolia Benth., Comm. Legum. Gen. 44. 1837.

Arbustos ou árvores 3-8 m alt., ramos glabrescentes a seríceos. Estípulas ca. 3 mm compr., filiformes. Folhas 5-11-folioladas; pecíolo 4,3-5,7 compr.; raque 8,5-9 cm compr.; estipelas não observadas; folíolos 6-8 × 2,7-3,2 cm, opostos, oblongo-ovais, ovais a levemente elípticos, ápice retuso raramente agudo, base obtusa a arredondada, venação cladódroma, face adaxial glabrescente, tricomas ferrugíneos e adpressos somente ao longo da nervura principal, face abaxial pubérula, tricomas curtos, adpressos e amarelos. Panículas axilares e terminais, 15-30 cm compr.; pedicelo 1-2 mm compr.; brácteas ca. 2 × 0,2 mm, filiformes, seríceas; bractéolas ca. 1 × 0,2 mm, filiformes. Flores 12-15 mm compr.; cálice 4,5-6 × 10-11 mm, campanulado, densamente pubescente, 5-laciniado, lacínias 0,8-1 mm compr.; pétalas lilás com estrias lilás-escuro na porção mediana; estandarte 13-14 × 10-10,5 mm, orbicular, ápice arredondado, glabro em ambas as faces; alas 11-12 × 4 mm; pétalas da carena 11-11,5 × 3-3,5 mm; androceu diadelfo (9+1), 11-13 mm compr., anteras isomórficas; gineceu 12-12,5 mm compr., estípite 5-5,5 mm compr., ovário ca. 4 mm compr., superfície rugosa, glabrescente, tricomas setosos nas margens, estilete 3-3,5 mm compr., ereto, glabro. Drupa 3,5-4,5 × 2,6-3,6 cm, globosa, glabra. Sementes não observadas.

Andira fraxinifolia possui hábito arbustivo ou arbóreo, diferenciando-se das demais espécies pelos folíolos com face adaxial glabrescente, tricomas ferrugíneo-seríceos somente ao longo da nervura principal, pétalas lilás, ovário glabrescente com tricomas ao longo das margens, e as inflorescências curtas (menores que 23 cm compr).

Ocorre somente no leste do Brasil, desde os estados do Ceará até Santa Catarina e região centro-oeste no Distrito Federal e Goiás, principalmente em restingas e florestas úmidas (Pennington 2003). No Rio Grande do Norte, a espécie foi encontrada em florestas estacionais semideciduais de terras baixas e restinga arbustivo-arbórea.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Extremoz, APA Jenipabu, 20.XI.2010, fl., *J.G. Jardim et al. 5850* (UFRN); *ibid.*, 30.I.2012, fl. e fr., *E.O. Moura 67* (UFRN); Nísia Floresta, praia de Búzios, 08.XII.2011, fl. e fr., *L.M. Versieux et al. 581* (UFRN); Parnamirim, Mata do Jiqui, 11.XII.1999, fl., *L.A. Cestaro 99-246* (UFRN).

3.2 Andira humilis Mart. *ex* Benth., Comm. Legum. Gen. 45. 1837.

Figuras 2E, 4h-i

Subarbustos geoxílicos 0,3-2 m alt., ramos ferrugíneo-pubérulos. Estípulas 5-5,5 mm compr., subuladas. Folhas 9-11-folioladas; pecíolo 3,2-5,5 compr.; raque 8,5-15 cm compr.; estipelas 2,5-3,5 mm compr.; folíolos 4,3-8,3 × 1,3-2,6 cm, opostos, elípticos a levemente ovais, ápice retuso a emarginado, base obtusa, venação broquidódroma, levemente discolores, face adaxial glabra, verde-claro brilhante e face abaxial esparsamente pubérula de coloração fosca. Panículas axilares e terminais, 19,5-35 cm compr.; pedicelo 2-6 mm compr.; brácteas e bractéolas 0,5-1 × 0,5 mm, triangular a linear-triangulares, seríceas. Flores 11-15 mm compr.; cálice 6-6,5 × 10,5-11 mm, campanulado, esparsamente pubérulo, margens densamente pubescentes, 5-laciniado, lacínias 0,5-1 mm compr.; pétalas róseas a roxas com estrias alvas na porção mediana; estandarte 11,5-12,5 × 10,5-11 mm, orbicular, ápice arredondado, glabro em ambas as faces; alas 11-12,5 × 4-4,5 mm; pétalas da carena 11,5-12,5 × 3,5-4,5 mm; androceu diadelfo (9+1), 8-11 mm compr., anteras isomórficas; gineceu 11-11,5 mm compr., estípite ca. 5 mm compr., ovário 3-3,5 mm compr., superfície rugosa, glabro, estilete ca. 3 mm compr., ereto, glabro. Drupa 2,4-3,5 × 1,8-3 cm, globosa, glabra, amarelada. Sementes não observadas.

Subarbusto geoxílico com menos de 2 m alt., folíolos levemente discolores com a face adaxial glabra, verde-claro brilhante, face abaxial glabrescente e fosca, ovário glabro, e frutos amarelados e aromáticos quando maduros, ou nigrescentes após a secagem.

Andira humilis ocorre no Paraguai e no Brasil, onde se distribui nas regiões nordeste (Bahia, Maranhão e Rio Grande do Norte), sudeste (Minas Gerais, São Paulo), centro-oeste e sul (Paraná e Santa Catarina), geralmente em áreas de cerrado (Pennington 2003). No Rio Grande do Norte, a espécie é frequentemente encontrada ao longo das Florestas Estacionais Semideciduais de Terras Baixas com solos arenoso-avermelhados, campos abertos, fácies de cerrado e restinga subarbustiva.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Extremoz, APA Jenipabu, 02.X.2010, fl., *A.M. Marinho et al. 187* (UFRN); *ibid*., praia de Pirangi, 12.X.1992, fl., *M.M.A. Silva s.n.* (UFRN 1247); Maxaranguape, 08.X.1982, fl., *G.C.P. Pinto 82-189* (IPA); Natal, 22.IX.1996, fl., *L.A. Cestaro 96-134* (UFRN); *ibid*., 22.VIII.2008, fl., *R.T. Queiroz 23* (UFRN); *ibid*., Parque Estadual das Dunas do Natal, 15.V.2010, fr., *J.L. Costa-Lima 306* (UFRN); Nísia Floresta, Pirangi do sul, 18.IX.1984, fl., *A. Dantas 67* (UFRN); *ibid.*, 08.IV.2012, fr., *W.M.B. São-Mateus & D. Cardoso 117* (UFRN); Parnamirim, 13.IX.1965, fl., *S. Tavares 1247* (HST, IPA); Rio do Fogo, 18.II.2009, fr., *A.C.P. Oliveira et al. 915* (UFRN).

3.3 Andira nitida Mart. *ex* Benth., Comm. Legum. Gen. 45. 1837.

Figura 2F

Árvore 5-12 m alt., ramos ferrugíneo-pubérulos. Estípulas não observadas. Folhas 7-9-folioladas; pecíolo 2-4,2 cm compr.; raque 6,7-12,2 cm compr.; estipelas ca. 1 mm compr.; folíolos 4-10,3 × 2,3-3,5 cm, opostos a subopostos, elípticos a ovais, ápice retuso, base obtusa, venação broquidódroma, face adaxial glabra e face abaxial glabrescente com tricomas hialinos. Panículas axilares e terminais, 23-25 cm compr.; pedicelo 2-2,5 mm compr.; brácteas e bractéolas não observadas. Flores 10-14 mm compr.; cálice 4,5-5 × 11 mm, campanulado, densamente pubérulo, 5-laciniado, lacínias ca. 1 mm compr.; pétalas roxas; estandarte 10-10,5 × 10 mm, orbicular, ápice emarginado, esparsamente pubérulo externamente; alas 9-10 × 4 mm; pétalas da carena 9,5-10 × 4 mm; androceu diadelfo (9+1), 8-10 mm compr., anteras isomórficas; gineceu 9-9,5 mm compr., estípite 3-4 mm compr., ovário 4-5 mm compr., superfície lisa, glabrescente com tricomas setosos somente ao longo das margens, estilete 2-3 mm compr., ereto, glabro. Drupa não observada.

Andira nitida caracteriza-se pelo hábito arbóreo, folíolos elípticos a ovais com a face adaxial glabra, cálice densamente pubérulo e ovário com a superfície lisa com tricomas setosos nas margens.

Espécie com distribuição restrita ao Brasil, ocorrendo na costa leste, desde a Paraíba até o Rio de Janeiro, preferencialmente nas florestas úmidas, florestas de restinga e restinga aberta (Pennington 2003). No Rio Grande do Norte, foi encontrada nas florestas de restinga arbórea próximo a locais frequentemente inundados.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Natal, Chácara Canto da Lagoa, 16.X.2011, fl., *E.O. Moura 59* (UFRN);

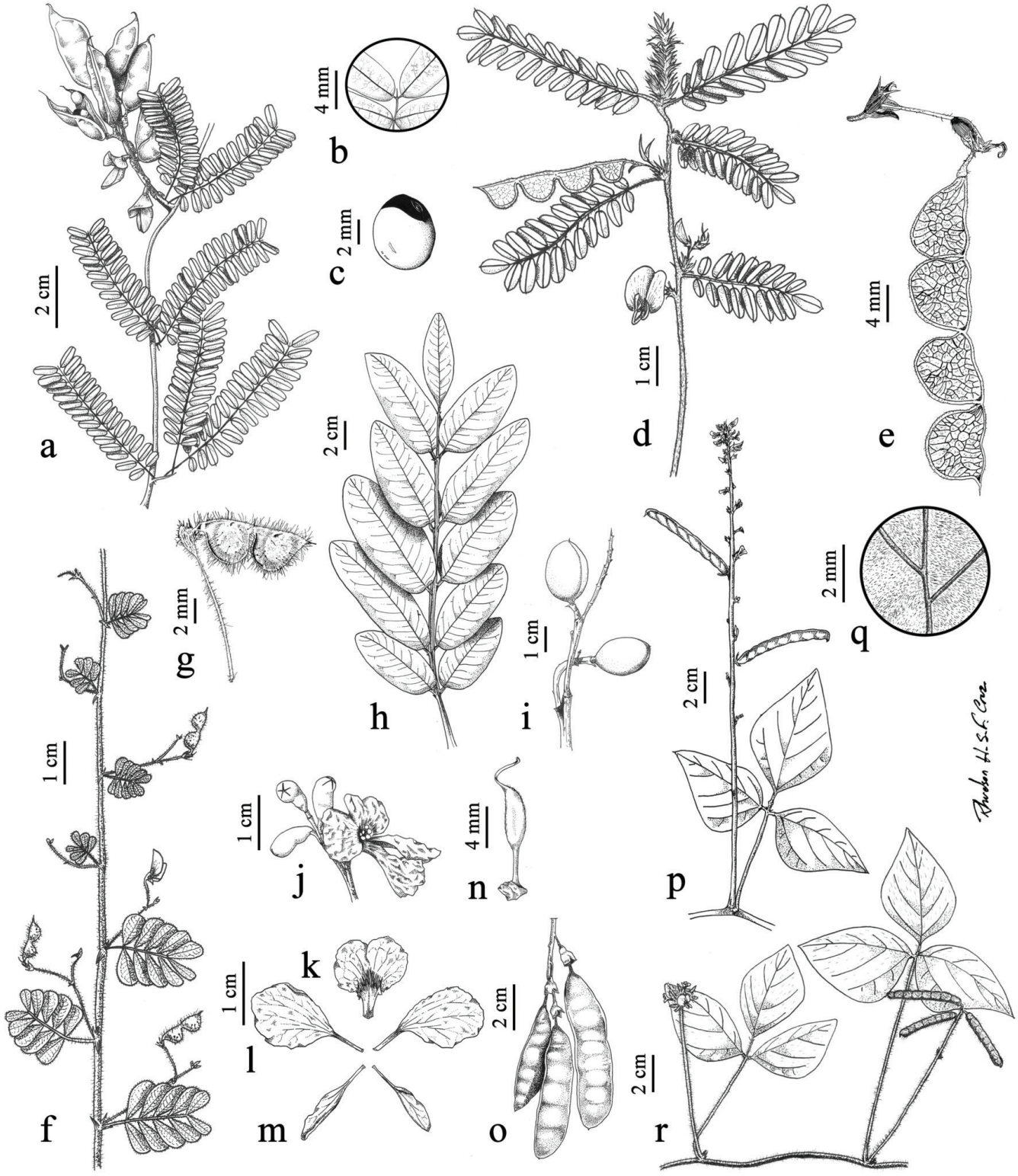


Figura 4. a-c. *Abrus precatorius* - a. Ramo fértil; b. Detalhe da raque foliar mostrando o ápice; c. Semente. d-e. *Aeschynomene mollicula* - d. Ramo fértil; e. Fruto. f-g. *Aeschynomene viscidula* - f. Ramo fértil; g. Fruto. h-i. *Andira humilis* - h. Folha; i. Frutos. j-o. *Bowdichia virgilioides* - j. Detalhe da inflorescência mostrando as flores; k. Estandarte; l. Alas; m. Pétalas da carena; n. Gineceu; o. Frutos. p-q. *Calopogonium caeruleum* - m. Ramo com frutos; q. Detalhe do indumento da face abaxial do folíolo. r. *Calopogonium mucunoides* - r. Ramo fértil. (a-c. *São-Mateus 107*; d-e. *Roque 1290*; f-g. *São-Mateus 208*; h-i. *São-Mateus 117*; j-o. *São-Mateus 229*; p-q. *Costa-Lima 599*; r. *Costa-Lima 516*).

Figure 4. a-c. *Abrus precatorius* - a. Fertile branch; b. Close up of the apex of a foliar rachis; c. Seed. d-e. *Aeschynomene mollicula* - d. Fertile branch; e. Fruit. f-g. *Aeschynomene viscidula* - f. Fertile branch; g. Fruit. h-i. *Andira humilis* - h. Leaf; i. Fruits. j-o. *Bowdichia virgilioides* - j. Close up of inflorescence showing a flower; k. Standard petal; l. Wing petals; m. Keel petals; n. Gynoecium; o. Fruits. p-q. *Calopogonium caeruleum* - m. Branch with fruits; q. Detail of the indumentum on the abaxial surface of leaflet. r. *Calopogonium mucunoides* - r. Fertile branch. (a-c. *São-Mateus 107*; d-e. *Roque 1290*; f-g. *São-Mateus 208*; h-i. *São-Mateus 117*; j-o. *São-Mateus 229*; p-q. *Costa-Lima 599*; r. *Costa-Lima 516*).

Nísia Floresta, Pirangi do Sul, 12.XI.1965, fl., *S. Tavares 1249* (HST, IPA); *ibid.*, Lagoa do Bomfim, 14.VIII.2006, fr., *R.C. Oliveira et al. 1680* (MOSS, UFRN); Tibau do Sul, ca. 1 km da Comunidade Imbuí, 24.XI.2012, fl., *W.M.B. São-Mateus 225* (UFRN).

4. Bowdichia Kunth, Nov. Gen. Sp. 6: 376. 1823.

O gênero é facilmente reconhecido pela combinação de folhas imparipinadas, folíolos alternos a sub-opostos, presença de coléteres na axila das brácteas e bractéolas, flores com cálice campanulado com hipanto curvo, pétalas violáceas enrugadas, sendo as alas bem maiores do que as pétalas da carena, estames livres e fruto samaroide compresso com até dez sementes.

Bowdichia é ainda mantido em sua classificação tradicional na tribo polifilética Sophoreae (Pennington et al. 2005), embora análises filogenéticas tenham mostrado o gênero em uma linhagem à parte no clado Genistoide (Pennington et al. 2001, Wojciechowski et al. 2004, Cardoso et al. 2012a, b). O gênero é monofilético e estritamente sulamericano, sendo constituído por apenas duas espécies frequentemente encontradas em áreas savânicas e florestas úmidas (Cardoso et al. 2012c). Na área de estudo, foi registrada apenas uma espécie.

4.1 Bowdichia virgilioides Kunth, Nov. Gen. 6: 376. 1823.

Figuras 2G, 4j-o

Arbustos ou árvores 4-25 m alt., ramos glabrescentes a tomentosos quando jovens. Estípulas 2,5-4 mm compr., triangulares, não-peltadas. Folhas 11-17-folioladas; pecíolo 0,6-3,8 cm compr.; raque 5-15,5 cm compr.; estipelas 0,5-1 mm compr.; folíolos (1,2-)3-5,5 × 0,5-4,5 cm, alternos a subopostos, oblongo-elípticos a levemente oval, ápice emarginado, base cuneada a arredondada, margem levemente revoluta, venação broquidódroma, face adaxial, glabra a glabrescente, tricomas esbranquiçados ao longo da nervura principal, face abaxial serícea e dourada. Panículas terminais, 15-28 cm compr., com 150-200 flores; pedicelo 1,5-3 mm compr.; brácteas ca. 1 × 0,5 mm, deltoides, seríceas; bractéolas ca. 1 × 0,5 mm, deltoides. Flores 15-22 mm compr.; cálice 8-10 × 13,5 mm, glabrescente e seríceo nas margens, lacínias 2-2,5 mm compr.; pétalas lilás, enrugadas e livres; estandarte 13-14,5 × 10-13 mm, orbicular, ápice arredondado, glabro em ambas as faces; alas 17-18 × 7-9 mm; pétalas da carena 12-13 × 2,5-3 mm; androceu com estames livres (10), 7-8 mm compr., anteras isomórficas; gineceu 10-12 mm compr., estípite 3-3,5 mm compr., ovário 4-5 mm compr., seríceos, tricomas dourados localizados na porção anterior e posterior, estilete 3-4 mm compr., torcido lateralmente, esparsamente piloso. Legume samaroide 4-6 × 1-1,4 cm, estípite 6-11 mm compr., oblongo, glabro, ala marginal circundando o núcleo seminífero. Sementes não observadas.

Bowdichia virgilioides assemelha-se morfologicamente a *Dahlstedtia araripensis* por compartilharem o hábito arbustivo-arbóreo, folhas imparipinadas, floração densa frequentemente associada à queda das folhas, inflorescência paniculada e fruto samaroide. Entretanto diferencia-se de *D. araripensis* pelas folhas 11-17-folioladas, presença de estipelas, cálice 5-laciniado com hipanto curvo, pétalas e estames livres com filetes glabros e frutos com núcleo seminífero relativamente inflado (*vs.* folhas 7-9-folioladas, estipelas ausentes, cálice 4-lacinado, pétalas da carena soldadas distalmente ao longo da margem inferior, estames pseudomonadelfos com filetes esparsamente pubescentes e frutos com núcleo seminífero plano).

Ocorre desde a costa leste do Brasil até a porção Central e em áreas savânicas da Bolívia (Cardoso et al. 2012c). No Rio Grande do Norte, a espécie ocorre como pequenas árvores em áreas savânicas litorâneas, mas alcançando um maior porte nas florestas estacionais semidecíduas, restingas arbóreas e matas ciliares.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Arês, 18.I.1993, fl., *J.M. de Sousa 04* (MOSS); Baía Formosa, praia do Sagi, 01.XI.2007, fl., *R.C. Oliveira et al. 1976* (MOSS; UFRN); Natal, Campus da UFRN, 06.XII.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus et al. 229* (UFRN); *ibid*., Mata das Dunas, 29.XII.1952, fl., *S. Tavares 132* (HST); *ibid.*, Parque Estadual das Dunas do Natal, 16.IX.1997, fl., *L.A. Cestaro 97-121* (UFRN); *ibid*., 14.X.1997, fl. e fr., *L.A. Cestaro 97-138* (UFRN); Nísia Floresta, praia de Pirangi do Sul, 19.IX.1987, fl., *A. Dantas 72* (UFRN); Parnamirim, Hidrominas Santa Maria, 13.X.2005, fl. *A. Ribeiro & J. Silva 172* (UFRN); *ibid.*, Mata do Jiqui, 10.IX.1999, fl., *L.A. Cestaro 99-180* (IPA, UFRN); São Gonçalo do Amarante, Fazenda Guaruru, 29.IX.1980, fl., *O.F. Oliveira et al. 1307* (MOSS); São José de Mipibú, 22.X.2006, fl. e fr., *R.A. Costa & A. Ribeiro 31* (UFRN); Tibau do Sul, 05.X.1999, fl. e fr., *E.B. Almeida 79* (PEUFR).

5. Calopogonium Desv., Ann. Sci. Nat. (Paris) 9: 423. 1826.

Inclui trepadeiras herbáceas ou volúveis com estípulas nunca peltadas, folhas sempre trifolioladas, cálice campanulado e 5-laciniado, as lacínias do mesmo tamanho do tubo, estandarte glabro em ambas as faces, estames com anteras isomórficas e fruto legume com septos internos separando as sementes.

Gênero da tribo Phaseoleae, aparecendo relacionado filogeneticamente ao grupo Glycininae, que inclui representantes bastante conhecidos, como a soja, *Glycine max* (L.) Merr. (Schrire 2005d, Stefanović et al. 2009). É constituído por apenas seis espécies e possui distribuição Neotropical (Schrire 2005d). São encontradas nas florestas estacionais, geralmente em ambiente antropizado, áreas alagadiças ou próximas de rios (Lima & Mansano 2011). Foram registradas duas espécies nos remanescentes florestais de Mata Atlântica do Rio Grande do Norte.

5.1 Calopogonium caeruleum (Benth.) Sauvalle, Ann. Acad. Habana 5: 337. 1868 [1869].

Figuras 4p-q

Trepadeira volúvel, ca. 2 m alt., ramos glabrescentes a pubérulos quando jovens. Estípulas ca. 3 mm compr., triangulares. Folhas com pecíolo 3,5-6,5 cm compr.; raque 1-1,8 cm compr.; estipelas 3-4 mm; folíolos 4,4-10,3 × 3-7,7 cm, ovais a romboidais, com os laterais assimétricos, ápice mucronulado, raramente arredondado, base truncada a levemente atenuada ou arredondada, venação eucamptódroma, face adaxial serícea e abaxial densamente recoberta por tricomas velutinos brancos. Pseudoracemos axilares e terminais, 20-34 cm compr.; pedicelo 1-1,5 mm compr.; brácteas caducas; bractéolas ca. 2,5 mm compr., filiformes. Flores 8-11 mm compr.; cálice 3,5-6 × 6,5-7,5 mm, piloso, lacínias ca. 3 mm compr., do mesmo tamanho do tubo; pétalas azuladas; estandarte 10,4-11 × 6-7,5 mm, suborbicular; alas 10-10,5 × 3-3,5 mm; pétalas da carena 8,5-9 × 2-2,5 mm; androceu diadelfo (8+1), 5-7 mm compr.; gineceu 8,5-9 mm compr., ovário 2,5-3 mm compr., séssil, pubescente, estilete ca. 6 mm compr., levemente curvado, pubescente. Legume 4,5-7,4 × 0,5-0,9 cm, oblongo, pubérulo a pubescente, margens retas a levemente sinuosas. Sementes (3–)5-7(–8), 5 × 4-5 mm, esférica-aplanada, negras.

Espécie caracterizada pelos ramos glabrescentes a pubérulos, folíolo terminal geralmante romboidal, face abaxial densamente velutina, pseudoracemos longos (geralmente maiores que 20 cm compr.), flores com pétalas azuladas e legume oblongo.

Calopogonium caeruleum ocorre desde o México até a Argentina, e em todas as regiões do Brasil (Carvalho-Okano & Leitão Filho 1985, Queiroz 2009). Na área de estudo, foi encontrada ao longo das margens de rios e em floresta estacional semidecidual.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Macaíba, Escola Agrícola de Jundiaí, Mata do Bebo, 27.VIII.2011, fl.,

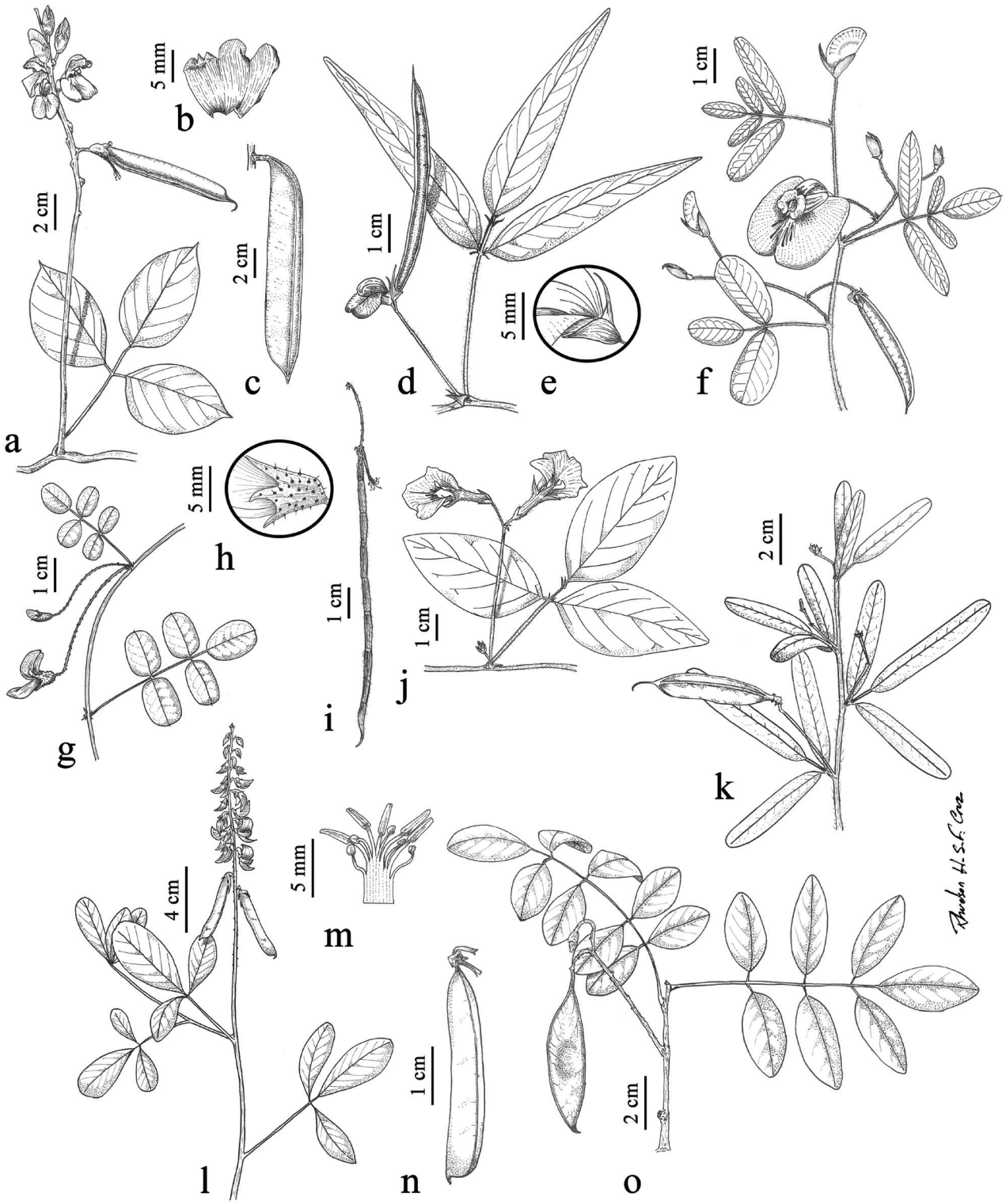


Figura 5. a-c. *Canavalia brasiliensis* – a. Ramo fértil; b. Cálice aberto; c. Fruto. d-e. *Centrosema pascuorum* – d. Ramo fértil; e. Flor em vista lateral com detalhe na bractéola. f. *Centrosema rotundifolim* – f. Ramo fértil. g-i. *Chaetocalyx scandens* – g. Ramo com Flores; h. Cálice com detalhe do indumento; i. Fruto. j. *Clitoria falcata* – j. Ramo com flores. k. *Clitoria laurifolia* – k. Ramo com frutos. l-n. *Crotalaria pallida* – l. Ramo fértil; m. Estames com anteras dimorfas; n. Fruto. o. *Dahlstedtia araripensis* – o. Ramo com fruto. (a-c. *Costa-Lima 545*; d-e. *Jardim 6195*; f. *São-Mateus 151*; g-i. *São-Mateus 216*; j. *Jardim 6023*; k. *Costa-Lima 482*; l-n. *São-Mateus 185*; o. *São-Mateus 222*).

Figure 5. a-c. *Canavalia brasiliensis* – a. Fertile branch; b. Calyx opened out; c. Fruit. d-e. *Centrosema pascuorum* – d. Fertile branch; e. Lateral view of the flower showing the bracteole. f. *Centrosema rotundifolim* – f. Fertile branch. g-i. *Chaetocalyx scandens* – g. Branch with flowers; h. Calyx with a close up of the indumentum; i. Fruit. j. *Clitoria falcata* – j. Branch with flowers. k. *Clitoria laurifolia* – k. Branch with fruits. l-n. *Crotalaria pallida* – l. Fertile branch; m. Stamens with dimorphic anthers; n. Fruit. o. *Dahlstedtia araripensis* – o. Branch with fruit. (a-c. *Costa-Lima 545*; d-e. *Jardim 6195*; f. *São-Mateus 151*; g-i. *São-Mateus 216*; j. *Jardim 6023*; k. *Costa-Lima 482*; l-n. *São-Mateus 185*; o. *São-Mateus 222*).

J.L. Costa-Lima et al. 518 (UFRN); *ibid.*, Várzea do rio Jundiaí, 20.IX.2011, fl. e fr., *J.L. Costa-Lima et al. 599* (UFRN).

5.2 Calopogonium mucunoides Desv., Ann. Sci. Nat. 9: 423. 1826.

Figura 4r

Trepadeira herbácea, ramos hirsutos. Estípulas ca. 6 mm compr., linear-triangulares. Folhas com pecíolo 8,9-11,5 cm compr.; raque 1,4-1,5 cm compr.; estipelas 4 mm compr.; folíolos 6,5-8,8 × 4,7-6,3 cm, ovais, com os laterais assimétricos, ápice agudo a mucronulado ou arredondado, base obtusa, venação broquidódroma, recobertos por tricomas seríceos e ferrugíneos em ambas as faces. Racemos axilares, 6-17,7 cm compr.; pedicelo 1-1,5 mm compr.; brácteas ca. 3 mm compr.; bractéolas 5-6 mm compr., filiformes. Flores 7-8,5 mm compr.; cálice 8-9,5 × 7 mm, hirsuto, lacínias ca. 4 mm compr., do mesmo tamanho do tubo; pétalas lilás; estandarte 7-8 × 4-5 mm, oboval; alas 9-9,5 × 2,5 mm; pétalas da carena 6,2-7 × 1,5 mm; androceu diadelfo (9+1), 5 mm compr.; gineceu 5,5-6 mm compr., ovário 2,5-2,8 mm compr., séssil, seríceo, tricomas hialinos com a porção basal nigrescente, estilete 3-3,5 mm compr., ereto, pubescente. Legume 3-4 × 0,45 cm, linear-oblongo, densamente recoberto por tricomas ferrugíneo-hirsutos, margens retas. Sementes 6-8, ca. 3 × 3 mm, quadrangulares, castanhas.

Calopogonium mucunoides diferencia-se de *C. caeruleum* principalmente por apresentar ramos e frutos recobertos por tricomas ferrugíneo-hirsutos, folíolos terminais ovais e seríceos abaxialmente, pétalas violáceas e legume linear-oblongo. Além disso, *C. mucunoides* possui inflorescência racemosa e lacínias do cálice subuladas, ao contrário de *C. caeruleum* que possui flores dispostas em pseudoracemos e cálice com lacínias deltoides.

Ocorre desde o México até o Peru, sudeste do Paraguai e em todo o Brasil, exceto na região sul (Carvalho-Okano & Leitão Filho 1985). No Rio Grande do Norte, a espécie está geralmente associada a locais úmidos e encharcados, margens de lagoas permanentes e borda de florestas estacionais semidecíduas, mas podendo também ocorrer à beira de estradas e locais antropizados.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Arês, 11.V.2012, fl., *W.M.B. São-Mateus et al. 165* (UFRN); Macaíba, Escola Agrícola de Jundiaí, Mata do Bebo, 27.VIII.2011, fl. e fr., *J.L. Costa-Lima et al. 516* (UFRN); Parnamirim, Mata do Jiqui, 27.IX.2007, fr., *M.I.B. Loiola et al. 1234* (UFRN); Natal, Água Doce, 12.VIII.1981, fl. e fr., *O.F. Oliveira et al. 2047* (UFRN); *ibid*., APA Capim Macio, 01.VII.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus et al. 193* (UFRN).

6. Canavalia DC. Prodr. 2: 403. 1825.

Subarbustos prostrados e escandentes ou trepadeiras alcançando o dossel de florestas. As folhas trifolioladas, pseudoracemos nodosos, flores com cálice bilabiado, sendo o lobo carenal tridentado e o vexilar geralmente lobado, pétalas lilás a róseas, estandarte com um par de calosidades e fruto legume costado na porção superior são as principais características para o reconhecimento do gênero. Além disso, *Canavalia* compartilha com os gêneros *Periandra*, *Clitoria* e *Centrosema* as flores ressupinadas e fruto legume.

Canavalia faz parte da subtribo Diocleinae, tradicionalmente classificada na tribo Phaseoleae. Porém estudos filogenéticos têm demonstrado que as Diocleinae aparecem mais relacionadas com o clado Millettioide *senso stricto* (Schrire 2005d). O gênero possui distribuição pantropical e é constituído por aproximadamente 60 espécies, das quais 33 ocorrem na região Neotropical (Schrire 2005d). No Brasil, são registradas 12 espécies nos mais variados tipos vegetacionais (Sauer 1964). Na Mata Atlântica do estado, foram encontradas duas espécies, geralmente associadas às bordas de florestas estacionais, florestas ciliares, orla de praia e ambientes antropizados.

6.1 Canavalia brasiliensis Mart. *ex* Benth., Comm. Legum. Gen. 71. 1837.

Figuras 2H, 5a-c

Trepadeira, ramos glabrescentes a pubescentes. Estípulas não observadas. Folhas com pecíolo 2,5-5,2 cm compr.; raque 1,4-2,5 cm compr.; estipelas não observadas; folíolos 5-10,5 × 3-7,2 cm, ovais a elípticos com os laterais levemente assimétricos, ápice agudo, raramente mucronulado, base atenuada, venação reticulódroma, pubescente em ambas as faces. Pseudoracemos axilares, 17,5-26 cm compr.; pedicelo 2,5-4,5 mm compr.; brácteas e bractéolas não observadas. Flores 1,8-2,5 cm compr.; cálice 10-14 × 19 mm, bilabiado, cilíndrico, pubescente, lábio carenal ca. 10 mm compr., 3-lobado, lanceolado-triangulares, ápice agudo, lacínia central maior que as laterais, lábio vexilar ca. 14 mm compr., bilobado, ápice arredondado; pétalas lilás a róseas; estandarte 19-20 × 20 mm, orbicular, róseo, com a porção basal amarelo-claro e com estrias brancas direcionadas até o ápice, glabro em ambas as faces; alas 18-20 × 6-7 mm, aurículas papiladas; pétalas da carena 20-21 × 8-9 mm; androceu pseudomonadelfo (9+1), 17-22 mm compr., anteras isomórficas; gineceu 17 mm compr., estípite 1-1,5 mm compr., ovário 12-13 mm compr., seríceo, estilete ca. 5 mm compr., levemente curvado, glabrescente, tricomas dourados ao longo da margem anterior. Legume 10,5-15,6 × 1,6-2,5 cm, oblongo, pubescente, margens retas, presença de uma ala paralela na porção superior. Sementes 5, 1,6 × 1-1,2 cm, oblongas, esverdeadas, hilo linear cobrindo ca. de 1/4 da circunferência.

Canavalia brasiliensis, também conhecida como feijão-bravo, possui folíolos terminais ovais a elípticos, sendo os laterais levemente assimétricos, ápice agudo, pubescentes e com margem ciliada. Além disso, o lábio carenal do cálice possui lacínias lanceolado-triangulares, sendo o lobo central levemente maior que os laterais. Estes caracteres podem ser usados para diferenciá-la facilmente de *C. rosea*, que possui as lacínias do lábio carenal ovais a orbiculares com a lacínia central levemente menor ou do mesmo tamanho das laterais.

Ocorre desde os Estados Unidos até o norte da Argentina (Sauer 1964). No Brasil, a espécie distribui-se nos estados do Acre, Bahia, Ceará, Goiás, Pará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro e Rio Grande do Norte (Queiroz 2013). Neste estudo a espécie foi coletada nas florestas semideciduais de terras baixas, restingas e ao longo de mata ciliares.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Natal, Parque Estadual das Dunas do Natal, 20.VIII.2007, fl., *M.I.B. Loiola et al. 1128* (UFRN); Nísia Floresta, Distrito de Morrinhos, 27.VIII.2011, fl. e fr., *J.L. Costa-Lima et al. 545* (UFRN); *ibid*., Tabatinga, 26.VIII.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus et al. 203* (UFRN); Parnamirim, Mata do Jiqui, 14.VI.1996, fl. e fr., *L.A. Cestaro 99-129* (UFRN); *ibid*., 13.IX.2005, fl. e fr., *A. Ribeiro 164* (UFRN).

6.2 Canavalia rosea (Sw.) DC., Prodr. 2: 404. 1825.

Figura 2I

Trepadeira, ramos pubescentes. Estípulas não observadas. Folhas com pecíolo 3,5-7 cm compr.; raque 3-3,5 cm compr.; estipelas não observadas; folíolos 6-8,3 × 4,6-7,6 cm, orbiculares a obovais, ápice emarginado, base atenuada, venação broquidódroma, glabrescentes a pubescentes em ambas as faces, margem inteira a ciliada e revoluta. Pseudoracemos axilares, 25-34,5 cm compr.; pedicelo 3-4 mm compr.; brácteas e bractéolas não observadas. Flores 2,8-3,2 cm compr.; cálice 12-16 × 21-24 mm, bilabiado, cilíndrico, pubescente, lábio carenal ca. 12 mm compr., 3-lobado, ovais a orbiculares, ápice agudo a

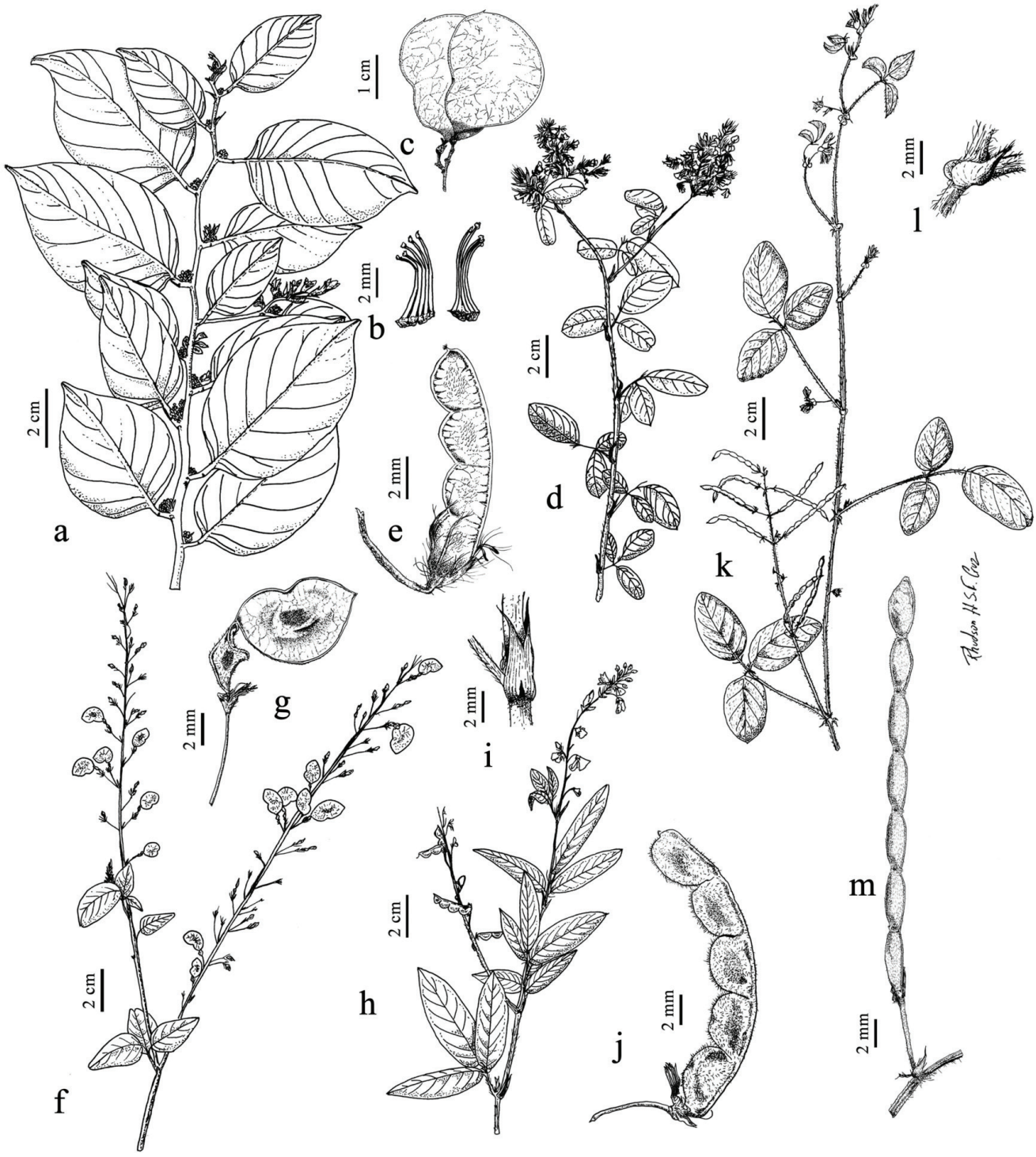


Figura 6. a-c. *Dalbergia ecastaphyllum* - a. Ramo com flores; b. Androceu; c. Fruto. d-e. *Desmodium barbatum* - d. Ramo com flores; e. Fruto. f-g. *Desmodium glabrum* - f. Ramo com flores; g. Fruto. h-j. *Desmodium incanum* - h. Ramo com flores; i. Detalhe da estípula; j. Fruto. k-m. *Desmodium scorpiurus* - k. Ramo com flores; l. Detalhe da estípula; m. Fruto. (a-b. *Jardim 6177*; c. *Silva 47*; d-e. *São-Mateus 56*; f-g. *Trindade s.n. UFRN 972*; h-i. *Ribeiro 146*; j. *São-Mateus 61*; k-m. *São-Mateus 189*).

Figure 6. a-c. *Dalbergia ecastaphyllum* - a. Branch with flowers; b. Androecium; c. Fruit. d-e. *Desmodium barbatum* - d. Branch with flowers; e. Fruit. f-g. *Desmodium glabrum* - f. Branch with flowers; g. Fruit. h-j. *Desmodium incanum* - h. Branch with flowers; i. Stipule; j. Fruit. k-m. *Desmodium scorpiurus* - k. Branch with flowers; l. Stipule; m. Fruit. (a-b. *Jardim 6177*; c. *Silva 47*; d-e. *São-Mateus 56*; f-g. *Trindade s.n. UFRN 972*; h-i. *Ribeiro 146*; j. *São-Mateus 61*; k-m. *São-Mateus 189*).

arredondado, lacínia central menor que as laterais, lábio vexilar ca. 15 mm compr., bilobado, ápice arredondado; pétalas róseas; estandarte 24 × 31-33 mm, oboval, com a porção basal amarelo-claro, glabro em ambas as faces; alas 30 × 8-10 mm, aurículas papiladas; pétalas da carena ca. 29 × 11 mm; androceu pseudomonadelfo (9+1), 25-32 mm compr., anteras isomórficas; gineceu 28-30 mm compr., estípite ca. 2 mm compr., ovário ca. 21 mm compr., pubescente, estilete 5-7 mm compr., curvado, glabro. Legume ca. 10,2 × 2,4 cm, oblongo, pubescente, margens retas, presença de uma ala paralela na porção superior. Sementes 7, 1,2-1,6 × 0,6-0,8 cm, reniformes, marrom-escuro, hilo linear cobrindo ca. de 1/3 da circunferência.

Canavalia rosea é facilmente reconhecida por apresentar folíolos obovais ou orbiculares com ápice emarginado e margem revoluta, lábio carenal com a lacínia central oval e lacínias laterais orbiculares e maiores em comprimento e largura. A espécie possui distribuição circumtropical (Sauer 1964). No Brasil, ocorre ao longo do litoral desde os estados do Ceará até Paraná e nos estados do Maranhão e Pará (Queiroz 2013). No Rio Grande do Norte, ocorre praticamente ao longo de toda costa litorânea, sempre na orla das praias.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Baía Formosa, praia do Sagi, 15.IX.2011, fl., *R.A. Pontes & C.M.L.R. Araújo 780* (JPB); Natal, Dunas da Limpa, 04.IX.1953, fl., *S. Tavares 165* (HST, IPA); Nísia Floresta, praia de Búzios, 07.V.2011, fl. e fr., *E.O. Moura 2* (UFRN); Tibau do Sul, 04.VIII.2012, fl. e fr., *A. Ribeiro s.n.* (UFRN 14234); Rio do Fogo, Distrito de Zumbi, 20.I.2011, fl. e fr., *M.T.S. Ferreira 3* (UFRN).

7. Centrosema (DC.) Benth. Comm. Legum. Gen. 53. 1837.

Inclui trepadeiras herbáceas ou subarbustos escandentes, folhas imparipinadas com 1-7 folíolos e racemos axilares. Compartilha com *Periandra* o cálice campanulado, flores ressupinadas com pétalas lilás, androceu diadelfo (9+1) com anteras isomórficas, ovário séssil e fruto legume linear com o ápice rostrado. Entretanto, *Centrosema* diferencia-se pelo estandarte calcarado na porção dorsal, aurículas das alas pubescentes e estigma ciliado.

Centrosema pertence à tribo Phaseoleae (Schrire 2005d) como parte da subtribo Clitoriinae, a qual aparece como umas das linhagens basais não resolvidas do clado Millettioide *s.l.* (Cardoso et al. 2012a, 2013). O gênero possui 35 espécies distribuídas na região Neotropical, com destaque para o Brasil, onde ocorrem 31 espécies (Schultze-Kraft et al. 1990). São geralmente encontradas ao longo das florestas estacionais, cerrado, áreas inundadas e pastagens (Schultze-Kraft et al. 1990, Lima & Mansano 2011). Na Mata Atlântica do Rio Grande do Norte, foram encontradas quatro espécies.

7.1 Centrosema brasilianum (L.) Benth., Comm. Legum. Gen. 54. 1837.

Trepadeira herbácea, ramos glabros a glabrescentes ou hirsutos. Estípulas 3-4,5 mm compr., triangulares, não-peltadas. Folhas trifolioladas; pecíolo 0,6-3,5 cm compr.; raque 0,2-1,1 cm compr.; estipelas 2-4 mm compr.; folíolos 1,3–5,3 × 0,5-3,4 cm, ovais a oval-lanceolados, ápice mucronulado, raramente arredondado, base obtusa, truncada, raramente sub-cordada, venação broquidódroma, face adaxial glabrescente, tricomas somente ao longo das nervuras, face abaxial pubérula. Racemos 2-5,2 cm compr., com 1-2 flores; pedicelo articulado 10-25 mm compr.; brácteas 6-8 × 7-10 mm, inseridas na porção basal ou mediana do pedicelo, oval-orbiculares, glabras, ou ciliadas apenas nas margens; bractéolas 14-17 × 9,5-10 mm, oval-assimétricas. Flores 2,5-4 cm compr.; cálice 6-7 × 11-16 mm, campanulado, pubérulo, 5-laciniado, lacínias laterais e vexilar 1-1,5 mm compr., mais curtas que o tubo, lacínia carenal ca. 3 mm compr.; pétalas lilás a roxas; estandarte 25-32 × 28-36 mm, com estrias branco-amareladas na porção interna, suborbicular, ápice emarginado, pubérulo na face externa; alas ca. 21 × 5 mm; pétalas da carena ca. 21 × 11 mm; androceu diadelfo (9+1), 18-27,5 mm compr.; gineceu ca. 27 mm compr., ovário 14-16 mm compr., séssil, densamente pubérulo, tricomas adpressos, estilete 12-13 mm compr., cuneado, pubérulo. Legume 10-13,6 × 0,3-0,5 cm, linear, rostro 1,7-3,6 cm compr., esparsamente pubérulo, margens retas. Sementes 20, 3-3,5 × 3 mm, quadrangulares, marrom escuro.

Centrosema brasilianum assemelha-se a *C. pascuroum* por compartilharem o hábito trepador, inflorescência geralmente com 1-2 flores e pétalas lilás, porém diferencia-se pelos pulvínulos nigrescentes após a secagem, flores maiores, 2,5-3,4(-4) cm compr., bractéolas cobrindo o cálice em toda sua extensão, e lacínias do cálice menores que o tubo.

Ocorre desde a América Central até o Paraguai (Queiroz 2009). No Brasil, a espécie é amplamente distribuída nas áreas de caatinga, cerrado, restinga e locais próximos a leito de rios (Fevereiro 1977). Nas áreas estudadas a espécie foi coletada em ambientes de solo arenoso das florestas estacionais decíduas e semidecíduas, ao longo de cursos d'água, restinga subarbustiva, restinga sobre dunas e ambiente antropizado.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Baía Formosa, praia do Sagi, 15.IX.2011, fl. e fr., *R.A. Pontes & C.M.L.R. Araújo 786* (JPB); *ibid*., Mata Estrela, *A.R. Lourenço 170* (JPB); Ceará-Mirim, 11.IX.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus & J.L. Costa-Lima 14* (UFRN); Extremoz, APA Jenipabu, 03.IX.2011, fl., e fr., *E.O. Moura 33* (UFRN); Macaíba, 10.II.2012, fl., *J.L. Costa-Lima et al. 634* (UFRN); Martins, 14.IV.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus et al. 129* (UFRN); Natal, Parque da Cidade, 24.V.2007, fl. e fr., *M.I.B. Loiola et al. 1030* (UFRN); *ibid.*, Parque Estadual das Dunas do Natal, 18.IX.1997, fl. e fr., *L.A. Cestaro 97-122* (UFRN); Nísia Floresta, 27.VIII.2011, fl. e fr., *E.O. Moura 32* (UFRN); *ibid.*, Dunas de Búzios, 11.IX.2011, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus & J.L. Costa-Lima 20* (UFRN); Parnamirim, Centro de Lançamento Barreira do Inferno, 19.XI.2008, fl., *R.A. Costa 62* (UFRN); *ibid.*, Mata do Jiqui, 24.II.2012, fl., *W.M.B. São-Mateus et al. 59* (UFRN); Pedro Velho, Rio Piquiri, 22.VIII.1993, fl., *A.O. Lima s.n.* (MOSS 6412); Tibau do Sul, 05.IX.1999, fl., *A. Yoshida 147* (IPA).

7.2 Centrosema pascuorum Mart. *ex* Benth., Comm. Legum. Gen. 56. 1837.

Figuras 5d-e

Trepadeiras ou herbáceas ca. 30 cm alt., ramos recobertos por tricomas vilosos entremeados por hirsutos. Estípulas 5-6,5 mm compr., triangulares, não-peltadas. Folhas trifolioladas; pecíolo 1,5-3,8 cm compr.; raque 0,7-0,9 cm compr.; estipelas 5-7 mm compr.; folíolos 4,5-8,5 × 0,4-1,2 cm, lineares e linear-lanceolados, ápice agudo, base cuneada, venação broquidódroma, face adaxial pubérula, face abaxial pilosa, tricomas hirsutos concentrados nas nervuras. Racemos 2-2,5 cm compr., com 1(2) flores; pedicelo articulado 5,5-7 mm compr.; brácteas 2-4 × 1,5-2 mm, inseridas ao longo do pedicelo, ovais, pilosas a pubérulas, margem ciliada; bractéolas 5,5-6 × 3-6 mm, ovais. Flores 10-12 mm compr.; cálice 8-9,5 × 12 mm, campanulado, 5-laciniado, glabro no tubo e pubescente nas lacínias, lacínias 4,5-6 mm compr., mais longas que o tubo; pétalas lilás-escuro; estandarte ca. 11 × 14 mm, orbicular, ápice arredondado, com um par de calosidades de formato arredondado na base, face externa densamente pubescente; alas 9,5-10 × 3 mm; pétalas da carena 11 × 4-5 mm; androceu diadelfo (9+1), 10-14 mm compr.; gineceu ca. 13 mm compr., ovário 6-7 mm compr., séssil, pubescente a densamente seríceo, estilete ca. 6 compr., cuneado, pubérulo. Legume 4,5-6 × 0,3-0,5 cm, linear, rostro 0,6-0,7 cm compr., piloso, tricomas esparsados, margens retas. Sementes 10, ca. 4 × 3 mm, oblongas, amarronzadas.

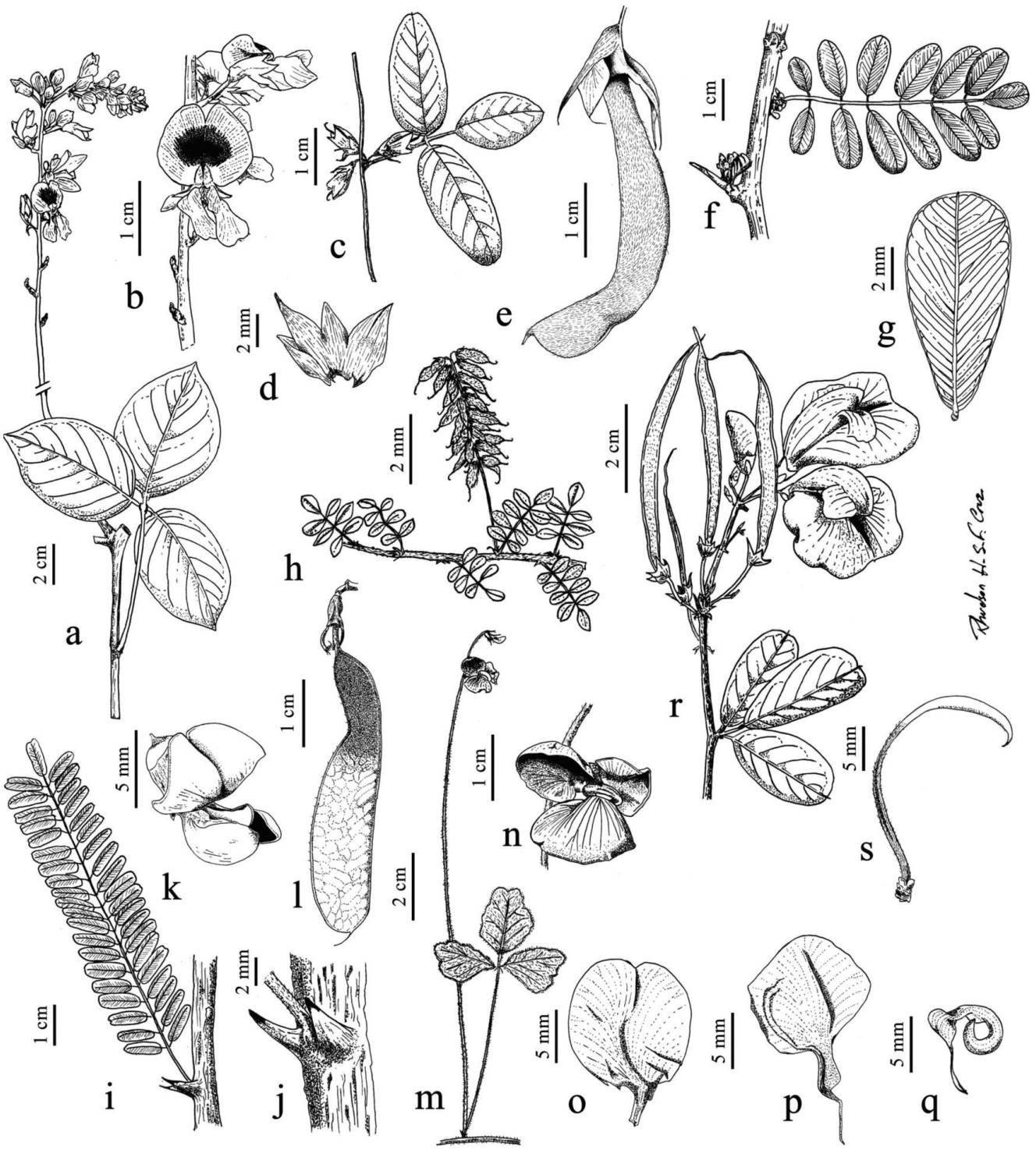


Figura 7. a-b. *Dioclea virgata* - a. Ramo com flores; b. Detalhe da inflorescência. c-e. *Galactia striata* - c. Ramo com flores; d. Cálice aberto; e. Fruto. f-g. *Geoffroea spinosa* - f. Ramo com folha e espinho; g. Detalhe da venação na face abaxial do folíolo. h. *Indigofera microcarpa* - h. ramo com frutos. i-l. *Machaerium hirtum* - i. Ramo vegetativo; j. Detalhe das estípulas. k. Flor em vista lateral; l. Fruto. m-q. *Macroptilium panduratum* - m. Ramo com flores; n. flor; o. Estandarte; p. Ala; q. Pétala da carena. r-s. *Periandra mediterranea* - r. Ramo fértil; s. Gineceu. (a-b. *São-Mateus 114*; c-e. *Costa-Lima 532*; f-g. *Cestaro 99-083*; h. *São-Mateus 183*; i-l. *São-Mateus 161*; m-q. *São-Mateus 197*; r-s. *São-Mateus 172*).

Figure 7. a-b. *Dioclea virgata* - a. Branch with flowers; b. Close up of the inflorescence. c-e. *Galactia striata* - c. Branch with flowers; d. Calyx opened out; e. Fruit. f-g. *Geoffroea spinosa* - f. Spiny leaf branch; g. Detail of the venation on the abaxial surface of leaflet. h. *Indigofera microcarpa* - h. Branch with fruits. i-l. *Machaerium hirtum* - i. Leafy branch; j. Stipules. k. Flower in lateral view; l. Fruit. m-q. *Macroptilium panduratum* - m. Branch with flowers; n. Flower; o. Standard petal; p. Wing petal; q. Keel petal. r-s. *Periandra mediterranea* - r. Fertile branch; s. Gynoecium. (a-b. *São-Mateus 114*; c-e. *Costa-Lima 532*; f-g. *Cestaro 99-083*; h. *São-Mateus 183*; i-l. *São-Mateus 161*; m-q. *São-Mateus 197*; r-s. *São-Mateus 172*).

Centrosema pascuorum pode ser reconhecida pelos folíolos lineares a linear-lanceolados com a face abaxial pilosa, inflorescências curtas, 2-2,5 cm compr., flores medindo ca. 1 cm compr., lacínias do cálice alongadas e ultrapassando o comprimento das bractéolas, e frutos pilosos.

Ocorre desde o México até o Equador e na região Nordeste do Brasil (Schultze-Kraft et al. 1990). No Rio Grande do Norte, cresce na restinga arbustiva ou arbórea e floresta estacional decidual.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Ceará-Mirim, Fazenda Diamante, 02.V.2012, fl. e fr., *A.A. Roque et al. 1363* (UFRN); Extremoz, APA Jenipabu, 31.III.2012, fl. e fr, *J.G. Jardim et al. 6195* (UFRN); Natal, Parque Estadual das Dunas do Natal, 10.VII.1981, fl. e fr., *A. Trindade s.n.* (UFRN 973); Pedro Velho, Rio Piquiri, 22.VIII.1993, fl., *A.O. Lima s.n.* (MOSS 6417).

7.3 Centrosema rotundifolium Mart. *ex* Benth., Comm. Legum. Gen. 55. 1837.

Figuras 2J, 5f

Erva prostrada estolonífera, ramos densamente tomentosos. Estípulas 3-5 mm compr., ovais, não-peltadas. Folhas 3-5-folioladas com os basais maiores em comprimento e largura em relação aos medianos; pecíolo 1,2-8,5 cm compr.; raque 0,6-1 cm compr.; estipelas 2-4,5 mm compr.; folíolos 1-4,4 × 0,5-2,3 cm, suborbiculares, oblongo-ovais a linear-lanceolados, ápice arredondado a mucronulado, base obtusa a truncada, venação reticulódroma, face adaxial pubescente, face abaxial tomentosa. Racemos 1-3,5 cm compr., com 1-3 flores; pedicelo 11-21 mm compr.; brácteas 3-6 × 3-5 mm, suborbiculares, pubérulo a pubescente, margem ciliada; bractéolas 9-10 × 5-6 mm, ovais. Flores 2,6-3,1 cm compr.; cálice 7-12 × 14 mm, campanulado, pubérulo, 5-laciniado, lacínias laterais e vexilar 1-4 mm compr., mais curtas que o tubo, lacínia carenal 8-8,5 mm compr., pubescente a pilosa; pétalas lilás-escuro; estandarte ca. 28 × 29 mm, estrias branco-amareladas direcionadas desde a base até o ápice, orbicular, ápice emarginado, face externa pubescente; alas 25-26 × 10-11 mm; pétalas da carena 19-20 × 10 mm; androceu diadelfo (9+1), 15-22 mm compr.; gineceu 22-24 mm compr., ovário 10-12 mm compr., séssil, pubescente, estilete 12-14 mm compr., cuneado, pubescente. Legume 2,8-4 × 0,4-0,65 cm, oblongo, ligeiramente curvo, rostro 0,4 cm compr., esparsamente pubescente, margens retas. Sementes 5,5 × 4 mm, oblongas, creme.

Centrosema rotundifolium é facilmente reconhecida por apresentar o hábito herbáceo estolonífero, com ramos tomentosos e por apresentar folhas 3 ou 5-folioladas, sendo os folíolos basais levemente maiores em comprimento e largura do que os medianos, lacínias do cálice parcialmente cobertas pelas bractéolas e fruto ligeiramente curvo 2,8-4 cm compr.

Espécie restrita ao Brasil, com distribuição na região Nordeste geralmente em ambientes arenosos (Queiroz 2009). No Rio Grande do Norte, ocorre em áreas de restinga arbustiva e campos arenosos com vegetação herbácea.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Natal, Parque Estadual das Dunas do Natal, 24.VIII.2007, fl., *M.I.B. Loiola et al. 1212* (UFRN); *ibid*., APA Capim Macio, 01.VII.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus et al. 181* (UFRN); Parnamirim, Centro de Lançamento Barreira do Inferno, 23.IV.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus & G. Toledo 151* (UFRN).

7.4 Centrosema sagittatum (Humb. & Bonpl. *ex* Willd.) Brandegee, Zoe 5(10): 202. 1905; Riley in Kew Bull. 1923, 344 (1923).

Trepadeira herbácea, ramos glabescentes a esparso pubérulos. Estípulas 4-7 mm compr., triangular-lanceoladas, não-peltadas. Folhas unifolioladas; pecíolo alado 4,4-8,7 cm compr., alas 3-5 mm larg.; estipelas 4 mm compr.; folíolos 5,5-12,3 × 4,9-9 cm, sagitados, ápice agudo a emarginado, base sagitada, venação broquidódroma, glabrescentes em ambas as faces, tricomas somente ao longo das nervuras. Racemos 2,2-8,6 cm compr., com 3-15 flores; pedicelo articulado 2-11 mm compr.; brácteas 3-4 × 2-4 mm, inseridas na porção basal ou mediana do pedicelo, ovais, glabrescentes; bractéolas 5-5,7 × 3-4 mm, ovais. Flores 3,5-6 cm compr.; cálice ca. 8-14 × 20 mm, campanulado, pubescente, 5-laciniado, lacínias laterais e vexilar 2-4,5 mm compr., mais curtas que o tubo, lacínia carenal ca. 6 mm compr.; pétalas brancas com manchas violáceas; estandarte 25-40 × 28-32 mm, com manchas violáceas na porção interna, suborbicular, ápice emarginado, face externa densamente pubescente; alas ca. 44 × 6 mm; pétalas da carena 46-48 × 19-23 mm; androceu diadelfo (9+1), ca. 30 mm compr.; gineceu ca. 28 mm compr., ovário ca. 18 mm compr., séssil, pubescente, estilete ca. 10 mm compr., cuneado, pubérulo na base e glabro no ápice. Legume 11,5-17 × 0,8-0,9 cm, linear, rostro ca. 1 cm compr., esparsamente pubérulo, margens retas. Sementes não observadas.

Centrosema sagittatum é facilmente reconhecida pelas folhas unifolioladas, pecíolo alado, folíolos sagitados, e flores com pétalas brancas e manchas violáceas.

Distribui-se desde o México até o Paraguai e nordeste da Argentina ocorrendo preferencialmente em ambientes com períodos sazonalmente secos que variam de 2 a 3 meses ao ano (Schultze-Kraft et al. 1990). No Brasil, a espécie ocorre nas regiões Nordeste, Centro-Oeste e Sul (Souza 2013). No Rio Grande do Norte, a espécie foi coletada em área de Mata Atlântica interiorana com altitudes superiores a 700 m.

Material examinado: Martins, 28.IV.2011, fl. e fr., *A.A. Roque & J.L. Costa-Lima 1163* (UFRN); *ibid*., 14.IV.2012, fl., *W.M.B. São-Mateus* et al. *131* (UFRN).

7.5 Centrosema virginianum (L.) Benth., Comm. Legum. Gen.: 56. 1837.

Trepadeira herbácea estolonífera, ramos pubescentes a glabrescentes, tricomas alongados e esbranquiçados. Estípulas 2-3 mm compr., ovais, não-peltadas. Folhas trifolioladas; pecíolo 2,7-3,8 cm compr.; raque 0,9-1,4 cm compr.; estipelas 2-3 mm compr.; folíolos 3,5-8 × 1,5-4,4 cm, ovais a largamente elípticos, ápice agudo, base obtusa margem inteira, venação broquidódroma, esparsamente pubescentes em ambas as faces. Racemos 3-6 cm compr., com 1-4 flores; pedicelo 10-12 mm compr.; brácteas 5,5 × 4 mm, oval-orbiculares, pilosa, margem ciliada; bractéolas 6-8,5 × 4 mm, ovais. Flores ca. 2,5 cm compr.; cálice 5-11 × 10 mm, campanulado, 5-laciniado, pubescente nas lacínias e glabro no tubo, lacínia vexilar bi-crenada, lacínias laterais e vexilar 2-4 mm compr., do mesmo tamanho ou maiores que o tubo, lacínia carenal ca. 7 mm compr.; pétalas lilás-escuro; estandarte ca. 26 × 22 mm, com estrias amareladas direcionadas para o ápice, oval, ápice emarginado, face externa pubescente; alas 19-21 × 4-5 mm; pétalas da carena 19-20 × 13-14 mm; androceu diadelfo (9+1), 19-29 mm compr.; gineceu ca. 29 mm compr., ovário ca. 16 mm compr., séssil, pubérulo, estilete ca. 13 mm compr., pubérulo e glabros no ápice. Legume 5,7-15,5 × 0,5-0,6 cm, linear, rostro 1,4-1,8 cm compr., glabrescente a esparsamente pubérulo, margens retas. Sementes não observadas.

Espécie similar a *Centrosema brasilianum*, mas diferenciando-se desta principalmente pelos folíolos mais longos e largos, cálice parcialmente recoberto pelas bractéolas, tubo do cálice glabro e lacínias pubescentes.

Distribui-se desde os Estados Unidos até a Argentina. No Brasil, ocorre preferencialmente em áreas de caatinga, cerrado e restinga (Fevereiro 1977, Miotto 1987). *Centrosema virginianum* é citada pela primeira vez na flora da Mata Atlântica do Rio Grande do Norte,

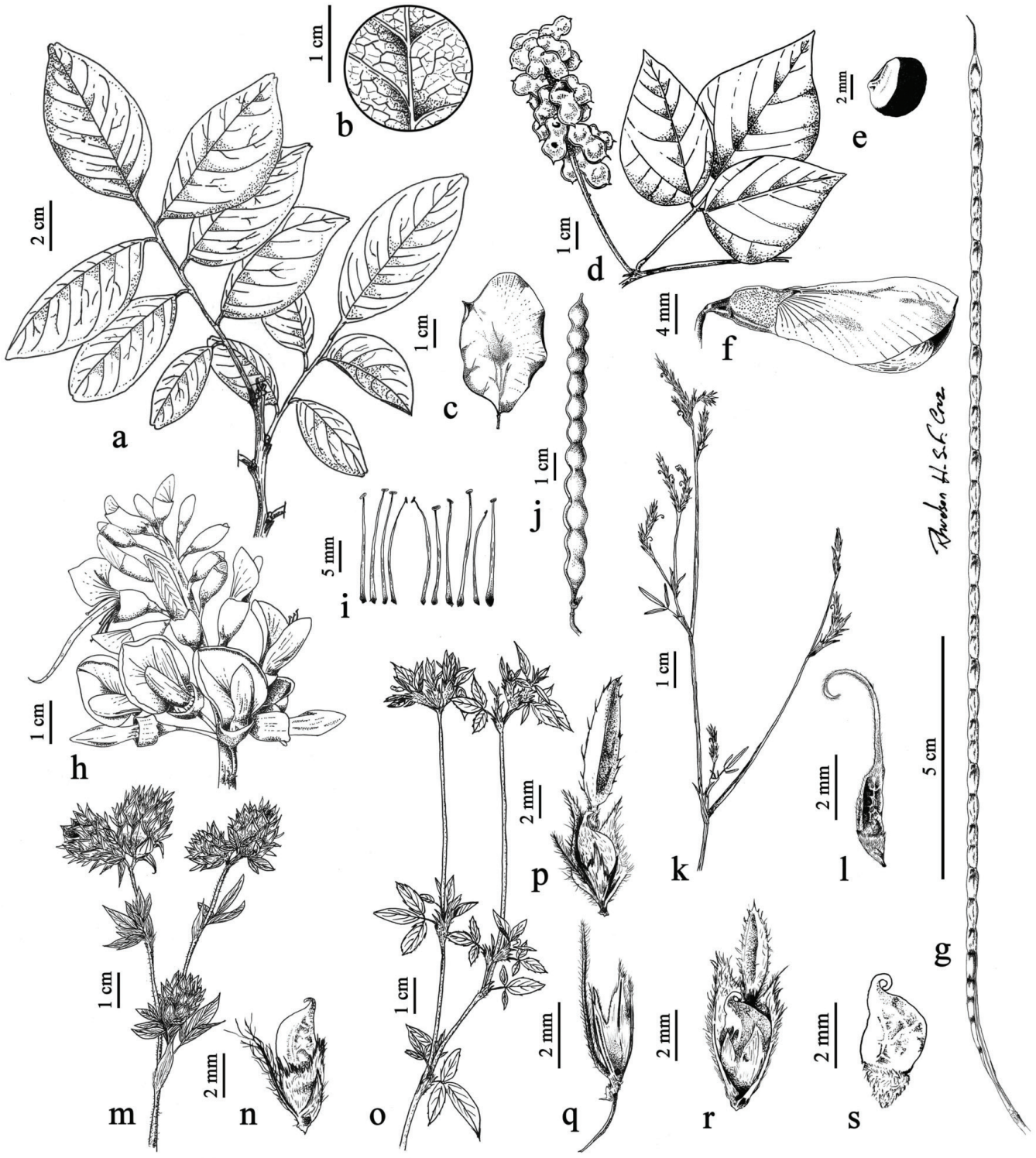


Figura 8. a-c. *Pterocarpus rohrii* - a. Ramo vegetativo; b. Detalhe da face adaxial do folíolo; c. Fruto. d-e. *Rhynchosia phaseoloides* - d. Ramo com frutos; e. Semente. f-g. *Sesbania exasperata* - f. Flor em vista lateral; g. Fruto. h-j. *Sophora tomentosa* - h. Inflorescência; i. Estames; j. Fruto. k-l. *Stylosanthes angustifolia* - k. Hábito; l. Fruto em vista lateral. m-n. *Stylosanthes macrocephala* - m. Hábito; n. Bractéolas, eixo plumoso e fruto. o-q. *Stylosanthes scabra* - o. Hábito; p. Bráctea, bractéolas, eixo plumoso e fruto; q. Bractéolas com eixo plumoso. r-s. *Stylosanthes viscosa* - r. Bráctea e bractéolas com fruto; s. Fruto. (a-c. *São-Mateus 220*; d-e. *Trindade s.n. UFRN 971*; f-g. *São-Mateus 184*; h-j. *Ferreira 14*; k-l. *Costa-Lima 485*; m-n. *Loiola 766*; o-q. *Costa-Lima 588*; r-s. *São-Mateus 119*).

Figure 8. a-c. *Pterocarpus rohrii* - a. Leafy branch; b. Abaxial surface of leaflet in detail; c. Fruit. d-e. *Rhynchosia phaseoloides* - d. Branch with fruits; e. Seed. f-g. *Sesbania exasperata* - f. Flower in lateral view; g. Fruit. h-j. *Sophora tomentosa* - h. Inflorescence; i. Stames; j. Fruit. k-l. *Stylosanthes angustifolia* - k. Habit; l. Fruit in lateral view. m-n. *Stylosanthes macrocephala* - m. Habit; n. Bracteoles with fruit and the plumose axis-rudiment. o-q. *Stylosanthes scabra* - o. Habit; p. Bract, bracteoles, fruit, and the plumose axis rudiment; q. Bracteoles and plumose axis rudiment. r-s. *Stylosanthes viscosa* - r. Bract, bracteoles, and fruit; s. Fruit. (a-c. *São-Mateus 220*; d-e. *Trindade s.n. UFRN 971*; f-g. *São-Mateus 184*; h-j. *Ferreira 14*; k-l. *Costa-Lima 485*; m-n. *Loiola 766*; o-q. *Costa-Lima 588*; r-s. *São-Mateus 119*).

onde geralmente ocorre em ambiente alagadiço, floresta semidecidua de terras baixas e ambiente antropizado.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Macaíba, Reserva do Assentamento José Coelho, 16.IV.2004, fl. e fr., *R.T. Queiroz* 88 (UFRN); *ibid.*, Escola Agrícola de Jundiaí, Mata do Bebo, 27.VIII.2011, fl. e fr., *J.L. Costa-Lima et al. 514* (UFRN).

8. Chaetocalyx DC., Prodr. 2: 243. 1825.

Inclui trepadeiras volúveis com folhas imparipinadas com 5-17 folíolos, flores com pétalas amarelas, cálice amplamente campanulado e fruto lomento subcilíndrico.

Chaetocalyx foi também classificado na tribo Aeschynomeneae (Rudd 1981), mas atualmente é mantido na recircunscrita tribo Dalbergieae (Lavin et al. 2001, Klitgaard & Lavin 2005). Possui 14 espécies distribuídas desde o sul do México até o norte da Argentina, ocorrendo geralmente nas bordas de floresta, áreas secas, encostas e cursos de rios (Rudd 1958, 1972, 1996, Mackinder 1990). Na área de estudo, foi encontrada apenas uma espécie.

8.1 Chaetocalyx scandens (L.) Urb., Symb. Antill. 2(2): 1900.

Figuras 2K, 5g-i

Trepadeira volúvel, ramos glabrescentes, tricomas híspido-glandulares. Estípulas ca. 3 mm compr., triangulares, não-peltadas. Folhas 5-folioladas; pecíolo 15-26(-47) mm compr.; raque 1,4-5,8 cm compr.; estipelas ausentes; folíolos 1-2,2 × 1-1,5 cm, opostos, orbiculares a obovais, ápice mucronulado, base arredondada, venação broquidódroma, glabros em ambas as faces. Racemos 3,2-6 cm compr., axilares, 2-5-fasciculados ou raramente com flores solitárias; pedicelo 20-45 mm compr.; brácteas ca. 3 × 1 mm, triangulares, recobertas por tricomas glandulares; bractéolas ausentes. Flores 14-21 mm compr.; cálice 9-11 × 10-13 mm, campanulado, esparsamente pubescente, tricomas híspido-glandulares, 5-laciniado, lacínias do mesmo tamanho ou menores que o tubo, as laterais e a carenal ca. 2 mm compr., lacínia vexilar ca. 5 mm compr.; pétalas amarelas; estandarte ca. 19,5 × 18 mm, orbicular, ápice retuso, face externa pubescente, internamente glabro, estrias tranversais avermelhadas desde a base até a porção mediana; alas 17-18,5 × 6-7 mm; pétalas da carena, 17-18,5 × 7,5-8 mm; androceu monadelfo (10), 14-18 mm compr., anteras isomórficas; gineceu 14-16 mm compr., ovário 10-11 mm compr., séssil, seríceo, estilete 4-5 mm compr., levemente curvado, seríceo, tornando-se glabro para o ápice. Lomento 6-10-articulado, 5,5-9,5 cm compr., tricomas hirsutos e híspido-glandulares, margens retas; artículos ca. 9,5 × 2 mm, retangulares. Sementes não observadas.

Espécie caracterizada pelas folhas 5-folioladas, folíolos orbiculares a obovais, flores solitárias ou em fascículos axilares com pedicelos relativamente longos (2-4,5 cm compr.), cálice híspido-glandular e fruto com artículos retangulares.

Rudd (1958) reconheceu duas variedades em *Chaetocalyx scandens*, *C. scandes* var. *scandens* e *C. scandens* var. *pubescens* (DC.) Rudd, sendo diferenciadas principalmente pelo indumento nos folíolos e cálice. Porém, os caracteres utilizados para diferenciar tais variedades se sobrepõem, o que dificulta a distinção das mesmas. No presente estudo, optou-se por não considerar as variedades. A espécie distribui-se desde o México até a Colômbia e leste do Brasil (Rudd 1958). No Rio Grande do Norte, foi coletada em áreas de formações savânicas.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Ceará-Mirim, 11.VIII.2011, fl., *A.B. Jardim et al. 316* (UFRN); Martins, 29.IV.2012, fl. e fr., *J.G. Jardim et al. 6206* (UFRN); Maxaranguape, estrada RN-160 acesso ca. 7 Km para Maxaranguape, 13.IX.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus et al. 216* (UFRN); Natal, Parque estadual das Dunas do Natal, s.d., fl., *A. Trindade s.n.* (UFRN 329).

9. Clitoria L., Sp. Pl. 2: 753. 1753.

Clitoria assemelha-se morfologicamente a *Centrosema* e *Periandra* pelas flores vistosas e ressupinadas, mas difere principalmente por apresentar pétalas das alas bem maiores do que as pétalas da carena, cálice tubuloso, estandarte não-calcarado e fruto subcilíndrico.

Tradicionalmente, o gênero pertence à tribo Phaseoleae, como parte da subtribo Clitoriinae (Schrire 2005d). Possui ca. 60 espécies e distribuição na África e regiões tropicais da Ásia, Austrália e das Américas, onde são registradas 48 espécies (Schrire 2005d). Na área de estudo, foram registradas duas espécies.

9.1 Clitoria falcata Lam., Encycl. 2(1): 51. 1786.

Figuras 2L, 5j

Trepadeira ca. 1 m compr., ramos ferrugíneo-hirsutos. Estípulas ca. 4,5 mm compr, ovais, não-peltadas. Folhas trifolioladas; pecíolo 2-2,7 cm compr.; raque 1-1,2 cm compr.; estipelas 4-5,5 mm compr.; folíolos 6,7-8,7 × 2,9-4 cm, largamente ovais, ápice emarginado a agudo, base obtusa a truncada, venação broquidódroma, face adaxial glabra a glabrescente, face abaxial serícea. Racemos axilares, 4,5-6,8 cm compr., com 1-2 flores; pedicelo 5-9 mm compr.; brácteas 4 × 2 mm, ovais, pilosas; bractéolas 9-11 × 4,5 mm, ovais. Flores ca. 6 cm compr.; cálice 29-34 × 19 mm, piloso, tricomas eretos, ferrugíneos, 5-laciniado, lacínias 13-15 mm compr. menores ou do mesmo tamanho do tubo; pétalas brancas; estandarte ca. 54 × 40 mm, branco com máculas e estrias vináceas, oval, ápice emarginado, piloso na face externa; alas 34-36 × 8 mm; pétalas da carena ca. 25 × 5 mm; androceu diadelfo (9+1), 28-31 mm compr., anteras isomórficas; gineceu ca. 32 mm compr., estípite ca. 5,5 mm compr., ovário ca. 6,5 mm compr., seríceo, estilete ca. 16 mm compr., levemente curvado, geniculado, seríceo a hirsuto no ápice. Legume ca. 4,5 × 1 cm, estípite 8 mm compr., glabrescente, margens retas. Sementes 6, 5-5,2 × 4 mm, globosas, acastanhadas, viscosas.

O hábito trepador com ramos ferrugíneo-hirsutos, folhas com pecíolos longos (2,4-2,7 cm compr.) e folíolos largamente ovais são as principais características para o reconhecimento de *C. falcata*.

A espécie distribui-se desde a América Central até o Paraguai, oeste da Índia e África. No Brasil, ocorre nos estados do Amazonas, Pará, Goiás, Bahia e nas regiões Sul e Sudeste (Miotto 1987). Este é o primeiro registro da espécie no estado do Rio Grande do Norte, e foi coletada em área encharcada associada à floresta estacional decidual.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Ceará-Mirim, 18.VIII.2011, fl. e fr., *J.G. Jardim et al. 6023* (UFRN).

9.2 Clitoria laurifolia Poir., in Lam., Encycl. Suppl. 2: 301. 1811.

Figura 5k

Subarbusto ereto, 0,5-2 m alt., ramos glabrescentes a seríceos nas partes jovens. Estípulas 3-5 mm compr., triangular-deltoides, não-peltadas. Folhas trifolioladas; pecíolos curtos, até 0,5 cm compr.; raque 0,5-1 cm compr.; estipelas ca. 3 mm compr.; folíolos (5,5-)7,8-11,2 × 1-2,6 cm, linear-lanceolados a oblongo-elípticos, ápice emarginado ou mucronulado, base aguda, venação broquidódroma, face adaxial glabrescente a esparsamente pubérula, face abaxial pilosa a serícea. Racemos axilares e terminais, 1,8-4,5 cm compr., com 1-2 flores; pedicelo 4-7 mm compr.; brácteas ca. 5 × 2,5 mm, ovais, pilosa; bractéolas 9,5-10 × 3,5-4 mm, ovais. Flores 3-6,4 cm compr.; cálice 26-28 × 24-25 mm, piloso, formado por tricomas esbranquiçados e eretos, 5-laciniado, lacínias 9,5-11 mm compr., menores do que o tubo; pétalas branco-azuladas; estandarte ca. 61 × 43 mm, azul com manchas brancas, suborbicular, ápice arredondado, esparsamente piloso na face externa; alas ca. 43 × 10 mm; pétalas da carena 31-33 × 5,5-6 mm; androceu diadelfo (9+1), 37 mm compr.,

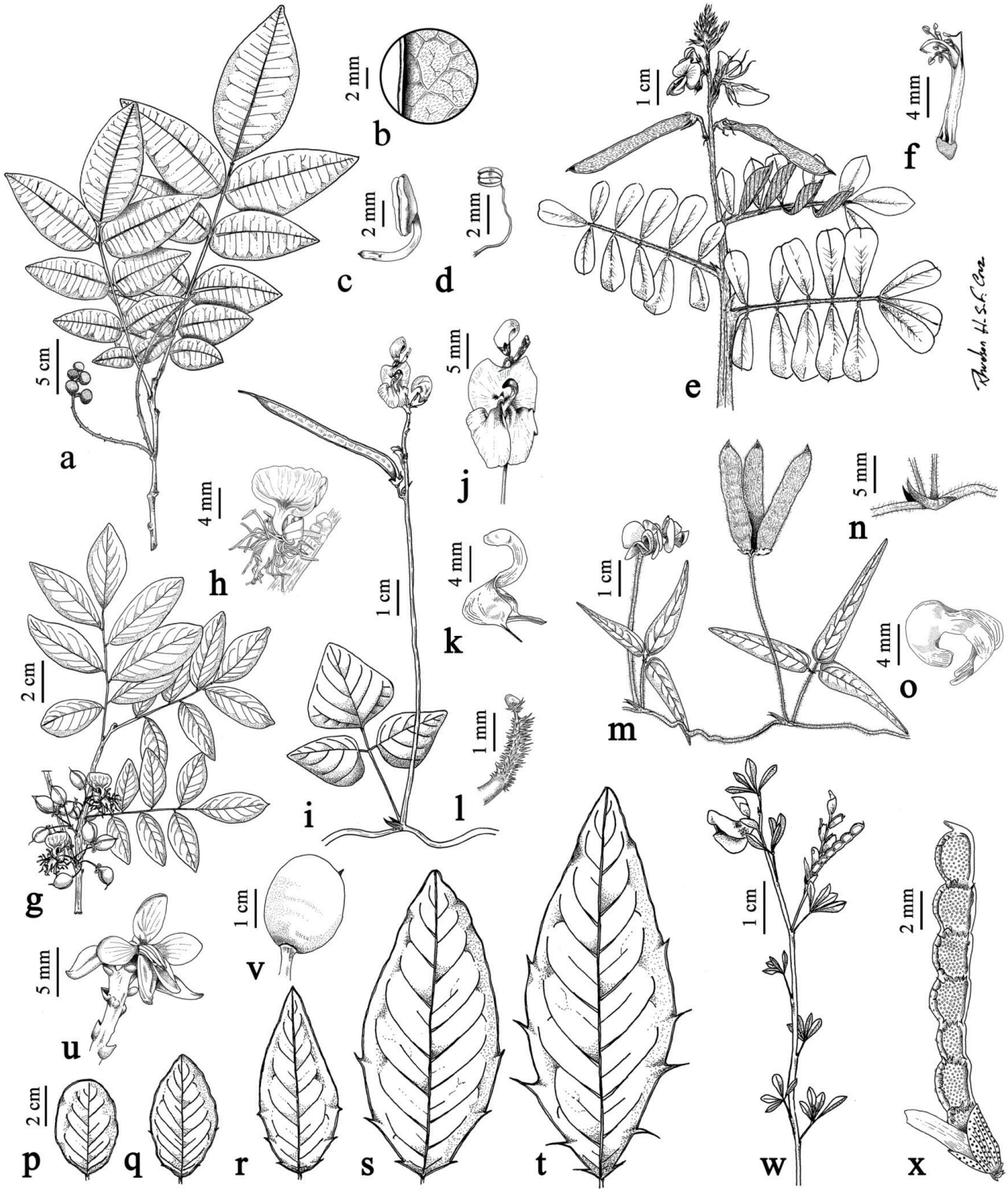


Figura 9. a-d. *Swartzia pickelii* - a. Ramo com botões florais; b. Detalhe da margem e face abaxial do folíolo; c-d. Estames. e-f. *Tephrosia egregia* - e. Ramo fértil; f. Androceu. g-h. *Trischidium molle* - g. Ramo com flores e frutos; h. Flor. i-l. *Vigna halophila* - i. Ramo fértil; j. Flor; k. Pétalas da carena torcidas lateralmente; l. Detalhe do estilete e estigma. m-o. *Vigna trichocarpa* - m. Ramo fértil; n. Detalhe da estípula; o. Pétalas da carena torcidas lateralmente. p-v. *Zollernia ilicifolia* - p-t. Variação morfológica das folhas; u. Flor; v. Fruto. w-x. *Zornia guanipensis* - w. Ramo fértil; x. Fruto. (a-d. *São-Mateus 226*; e. *Torres 120*; f. *Ferreira 6*; g-h. *Roque 1291*; i-l. *São-Mateus 18*; m. *Jardim 6144*; n-o. *São-Mateus 58*; p,v. *São-Mateus 106*; q-r. *Dantas 98*; s. *Queiroz 593*; t. *São-Mateus 28*; u. *Costa 66*; w-x. *São-Mateus 30*).

Figure 9. a-d. *Swartzia pickelii* - a. Branch with floral buds; b. Detail of margin and abaxial surface of a leaflet; c-d. Stamens. e-f. *Tephrosia egregia* - e. Fertile branch; f. Androecium. g-h. *Trischidium molle* - g. Branch with flowers and fruits; h. Flower. i-l. *Vigna halophila* - i. Fertile branch; j. Flower; k. Keel petals laterally twisted; l. Close up of the style and stigma. m-o. *Vigna trichocarpa* - m. Fertile branch; n. Stipule; o. Keel petals laterally twisted. p-v. *Zollernia ilicifolia* - p-t. Variation of leaf shape; u. Flower; v. Fruit. w-x. *Zornia guanipensis* - w. Fertile branch; x. Fruit. (a-d. *São-Mateus 226*; e. *Torres 120*; f. *Ferreira 6*; g-h. *Roque 1291*; i-l. *São-Mateus 18*; m. *Jardim 6144*; n-o. *São-Mateus 58*; p,v. *São-Mateus 106*; q-r. *Dantas 98*; s. *Queiroz 593*; t. *São-Mateus 28*; u. *Costa 66*; w-x. *São-Mateus 30*).

anteras isomórficas; gineceu ca. 41 mm compr., estípite ca. 9 mm compr., ovário ca. 11 mm compr., pubérulo, estilete ca. 28 mm compr., levemente curvado, geniculado, pubescente a piloso no ápice. Legume 3,5-4,5 × 0,9 cm, estípite 7-8 mm compr., oblongo, glabrescente, margens retas. Sementes não observadas.

Clitoria laurifolia é facilmente reconhecida pelo hábito subarbustivo não ultrapassando 2 m alt., ápice dos ramos seríceos ou tomentosos e ovário pubérulo. Além disso, apresenta folhas com pecíolo curto, menor que 0,5 cm compr., e folíolos linear-lanceolados a oblongo-elípticos, características que a diferenciam de *C. falcata*, que apresenta folhas com pecíolo mais longo (2,4-2,7 cm compr.) e folíolos largamente ovais.

Ocorre no oeste da Índia, Ásia e África e, na América do Sul, na Colômbia, Suriname e Brasil, onde pode ser encontrada em restingas e matas ciliares, ou em áreas perturbadas (Fantz 1999, Lewis 1987). No Rio Grande do Norte, a espécie foi coletada em restingas, campos arenosos e úmidos e em ambientes antropizados.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Baía Formosa, 02.XI.2007, fl., *R.C. Oliveira 2012* (MOSS, UFRN); Ceará-Mirim, margem da lagoa Comprida, 13.V.2011, fl. e fr., J.L. *Costa-Lima & A.D. Bezerra 482* (UFRN); Extremoz, Distrito de Pitangui, 10.XI.2012, fl. e fr., *J.G. Jardim et al. 6417* (UFRN); Parnamirim, Mata do Jiqui, 17.IV.1957, fl. e fr., *S. Tavares 457* (HST); *ibid.*, 29.XI.2007, fl. e fr., *J.E.D. Barbosa 14* (HST, MOSS, UFRN); São José de Mipibú, 24.III.2006, fl., *R.T. Queiroz s.n.* (UFRN 3050).

10. Cochliasanthus Trew, Pl. Rar. 41, t. 10. 1763.

Inclui lianas com folhas trifolioladas, pseudoracemos nodosos, flores grandes com até 6 cm compr., cálice bilabiado, estandarte assimétrico, pétalas da carena espiraladas e fruto legume.

Com base nos recentes estudos de filogenia com dados morfológicos e moleculares, o gênero *Cohliasanthus* foi restabelecido a partir de *Vigna s.l.* e é constituído por apenas uma espécie, que ocorre desde o sul do México ao norte da Argentina e Uruguai (Delgado-Salinas et al. 2011).

10.1 Cochliasanthus caracalla (L.) Trew, Pl. Rar. 1: 41, t. 10, 1763.

Liana, ramos glabrescentes a seríceos. Estípulas 3-4 mm compr., deltoides, não-peltadas. Folhas trifolioladas; pecíolo 4,8-9 cm compr.; raque 2,2-2,5 cm compr.; estipelas 2-3 mm compr.; folíolos 6,8-11,5 × 4,2-8 cm, deltoides a oval-romboidais, ápice agudo, base truncada a cuneada, venação actinódroma, face adaxial sericea, face abaxial glabrescente. Pseudoracemos nodosos, axilares, 13,5-20 cm compr., com 2-3 flores por nó; pedicelo 2-6 mm compr.; brácteas não observadas; bractéolas ca. 2 × 1,5 mm, ovais. Flores 4-6 cm compr.; cálice 13-16 × 22 mm, bilabiado, tubuloso, glabro, lábio carenal ca. 15 mm compr., 3-denteado, lacínias lanceolado-triangulares, ápice agudo, lacínia central maior que as laterais, lábio vexilar ca. 13 mm compr., bilobado, ápice arredondado, lacínias curtas, 1-2 mm compr.; pétalas creme com manchas lilás-claro; estandarte 30-55 × 23-28 mm, assimétrico, glabro em ambas as faces, com um par de apêndices transversais na base, ápice retuso; alas 2,9-4,3 × 2,1-2,9 cm; pétalas da carena 10-15 × 0,4-0,6 cm, espiraladas em 2-5 voltas; androceu pseudomonadelfo (9+1), 10-15 cm compr., anteras isomórficas; gineceu 100-158 mm compr., ovário 15-20 mm compr., séssil, glabrescente a esparsamente seríceo, estilete 95-138 mm compr., recurvado, glabro e barbado no ápice. Frutos não observados.

Cochliasanthus caracalla possui hábito lianescente, pétalas creme com manchas lilás-claro, estandarte assimétrico e carena fortemente espiralada em 2-5 voltas. No Brasil, ocorre nas regiões sul, sudeste e nos estados do Acre, Bahia, Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Pará e Pernambuco (Fortuna-Perez 2013). No Rio Grande do Norte, a espécie foi coletada em área de Mata Atlântica interiorana com altitudes superiores a 700 m.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Martins, 14.IV.2012, fl., *W.M.B. São-Mateus et al. 118* (UFRN); *ibid.*, 29.IV.2012, fl., *J.G. Jardim et al. 6215* (UFRN).

11. Crotalaria L., Sp. Pl. 2: 714. 1753.

Gênero reconhecido pelo hábito herbáceo ou arbustivo, folhas unifolioladas, digitado-trifolioladas ou simples, flores amarelas geralmente dispostas em racemos terminais, androceu monadelfo (10) com filetes alternadamente longos e curtos, anteras dimórficas e legume inflado. *Crotalaria* é também muito conhecido por acumular alcaloides pirrolizidínicos, um carácter fitoquímico raro em leguminosas (van Wyk 2003).

Crotalaria tem sido apontado como monofilético na tribo Crotalarieae, como parte do clado Genistoide *senso stricto* (Wojciechowski et al. 2004, Boatwright et al. 2008, Cardoso et al. 2012a, 2013). O gênero é constituído por aproximadamente 600 espécies com distribuição pantropical, tendo como centros de diversidade o continente Africano e a Ilha de Madagascar com cerca de 500 espécies (van Wyk 2005). No Brasil, são registradas 42 espécies com ocorrência nos mais variados tipos vegetacionais (Flores 2004). Na área de estudo, foram encontradas três espécies.

11.1 Crotalaria holosericea Nees & Mart., Nova Acta Phys.-Med. Acad. Caes. Leop.- Carol. Nat. Cur. 12(1): 26. 1824.

Subarbusto ca. 1 m alt., ramos densamente velutinos, tricomas ferrugíneos e adpressos. Estípulas não observadas. Folhas trifolioladas; pecíolo 1-1,7 cm compr.; raque foliar ausente; estipelas ausentes; folíolos 2,3-3,4 × 1,3-2 cm, ovais a elípticos, ápice obtuso a arredondado, base cuneada, venação não observada, velutinos em ambas as faces, tricomas ferrugíneos e adpressos. Racemos axilares ou terminais, 7-21 cm compr.; pedicelo 4-5 mm compr.; brácteas 3-4,5 × 1 mm, linear-triangulares, pubescentes; bractéolas ca. 1 mm compr., lineares. Flores não observadas. Legume 1,6-2 × 0,7-0,8 cm, estípite ca. 4 mm compr., oblongos com base menor em largura, densamente velutinos, tricomas ferrugíneos e adpressos. Sementes não observadas.

Espécie reconhecida pelo hábito subarbustivo com ramos, folíolos e frutos ferrugíneo-velutinos, folíolos ovais a elípticos, e frutos oblongos com a base ligeiramente mais estreita.

Crotalaria holosericea é endêmica do Brasil, ocorrendo nos estados de Alagoas, Bahia, Ceará e Pernambuco (Flores 2004). Na área de estudo, a espécie foi coletada em ambientes dunares e orla de praia.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Natal, Dunas entre Mãe Luíza e Barreira Roxa, 17.XII.1964, fl. e fr., *S. Tavares 1210* (HST); *ibid*., orla marítima, 09.IX.1980, fr., *Projeto Parque das Dunas s.n.* (MOSS 2336).

11.2 Crotalaria pallida Aiton, Hortus Kew. 3: 20. 1789.

Figuras 5l-n

Subarbusto ereto, 0,4-1 m alt., ramos pubescentes com tricomas adpressos. Estípulas não observadas. Folhas trifolioladas; pecíolo 2-4,5 cm compr.; raque foliar ausente; estipelas ausentes; folíolos 2-6,6 × 1,4-3,5 cm, elípticos a obovais, ápice retuso a mucronulado, base cuneada, venação broquidódroma, face adaxial glabra com pontuações negras, face abaxial pubescente com tricomas adpressos. Racemos axilares e terminais, 14-27 cm compr.; pedicelo 2,5-4 mm compr.; brácteas não observadas; bractéolas ca. 2 × 0,5 mm, subuladas. Flores 1,3-1,9 cm compr.; cálice 6-6,5 × 13 mm, campanulado, pubescente, 5-laciniado, lacínias 3,5-4,5 mm compr., maiores do que o tubo; estandarte 12-15 × 7-9 mm, amarelo, face

abaxial com estriações vermelhas desde a base até o ápice, com um par de calosidades na base, oval, ápice emarginado, glabro em ambas as faces; alas 10-11 × 3,5 mm; pétalas da carena 11,5-14 × 5-5,5 mm; androceu 12-15,5 mm compr.; gineceu 15-17,5 mm compr., estípite 2,5-3 mm compr., ovário ca. 5 mm compr., densamente pubescente, estilete 7-9,8 mm compr., fortemente curvado, glabro. Legume 4-5 × 0,6-0,7 cm, estípite ca. 3 mm compr., cilíndricos, glabrescentes. Sementes ca. 40, 2,5-3 × 2,5 mm, reniformes, castanho-escuras.

Espécie subarbustiva facilmente diferenciada de *C. retusa* pelas folhas digitado-trifolioladas com folíolos elípticos a obovais, e frutos cilíndricos e pêndulos.

Espécie nativa da região Paleotropical, ocorrendo de forma subespontânea no Brasil, geralmente ao longo do litoral, em ambientes antropizados, campos arenosos ou argilosos (Flores 2004). No Rio Grande do Norte, foi coletada na margem de lagoas temporárias, matas ciliares, restinga e margem de estradas.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Arês, 11.V.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus et al. 162* (UFRN); Baía Formosa, 11.XI.1980, fl. e fr., *O.F. Oliveira et al. 1556* (MOSS); Natal, APA Capim Macio, 01.VII.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus et al. 185* (UFRN); Maxaranguape, estrada RN-160 acesso ca. 7 Km para Maxaranguape, 13.IX.2012 fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus et al. 215* (UFRN); Nísia Floresta, Pirangi do Sul, 18.IX.1984 fl., *A. Dantas 29* (UFRN); Parnamirim, Hidrominas Santa Maria, 13.IX.2005, fl., *A. Ribeiro 158* (UFRN); *ibid.*, Mata do Jiqui, 28.XI.2007, fl. e fr., *M.P.G. Pinheiro et al. 01* (MOSS, UFRN); Rio do Fogo, Distrito de Zumbi, 20.I.2011, fl. e fr., *M.T.S. Ferreira 23* (UFRN); Tibau do Sul, Santuário Ecológico de Pipa, 06.VIII.1999, fr., *E.B. Almeida 37* (PEUFR).

11.3 Crotalaria retusa L., Sp. Pl. 715. 1753.

Figura 2M

Subarbusto ereto, 0,4-0,8 m alt., ramos densamente pubescentes com tricomas adpressos. Estípulas ca. 2 mm compr., falcadas. Folhas simples; pecíolo 2-3,5 cm compr., lâmina 3-8 × 1,2-2,6 cm, oblanceolada a espatulada, ápice retuso a arredondado, base cuneada, venação hifódroma, face adaxial glabra com pontuações negras, face abaxial densamente pubescente com tricomas adpressos. Racemos terminais, 14-29 cm compr.; pedicelo 6,5-10 mm compr.; brácteas 2-3 × 1 mm, linear-triangulares; bractéolas 1-1,2 × 0,2-0,5 mm, linear-triangulares. Flores 1,9-3 cm compr.; cálice 14-15 × 21-24 mm, campanulado, esparsamente pubescente, 5-laciniado, lacínias 6-10 mm compr., maiores do que o tubo; estandarte 18-21× 18,5-24 mm, amarelo, face abaxial com estriações vermelhas desde a base até o ápice, com um par de calosidades na base, orbicular, ápice retuso a mucronulado, glabro em ambas as faces; alas 17-19 × 10-12 mm; pétalas da carena 14-17 × 8-9,5 mm; androceu 13-19 mm compr.; gineceu 22-23,5 mm compr., ovário 8-9 mm compr., subséssil, glabro, estilete ca. 15 mm compr., fortemente curvado, densamente pubescente. Legume 3-4,2 × 0,8-1,2 cm, estípite ca. 3,5 mm compr., oblanceolado a oboval, glabro. Sementes ca. 20, 2,5 × 2,5 mm, reniformes, amarronzadas.

Espécie subarbustiva, reconhecida principalmente pelos frutos obovais, glabros e eretos, além das folhas simples, oblanceoladas a espatuladas, e estípulas persistentes.

Ocorre no Brasil de forma subespontânea, sendo encontrada em locais antropizados ou de cultivo (Flores 2004). Na área de estudo, a espécie foi coletada nas dunas, florestas de restinga arbustiva, florestas semidecíduas e ambiente antropizado.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Extremoz, 18.VI.2002, fl., *M.I.B. Loiola et al. 722* (UFRN); Macaíba, Escola Agrícola de Jundiaí, 10.II.2012, fr., *J.L. Costa-Lima et al. 633* (UFRN); Natal, APA Capim Macio, 01.VII.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus et al. 186* (UFRN); *ibid.*, Parque Estadual das Dunas do Natal, 15.VII.2007, fl. e fr., *M.I.B. Loiola 1141* (HST, MOSS, UFRN); *ibid.*, Parque Estadual das Dunas do Natal, 20.IX.2009, fl. e fr., *M.B. Sousa 158* (UFRN); Parnamirim, Mata do Jiqui, 26.XI.2007, fl., *A.A. Roque et al. 323* (UFRN); *ibid.*, 29.XI.2007, fl., *A.C.P. Oliveira et al. 796* (UFRN); *ibid.*, 30.I.2012, fl., *A.A.* Roque *et al. 1248* (UFRN); Tibau do Sul, 06.IX.1999, fl., *R. Figueiroa 36* (IPA).

12. Dahlstedtia Malme, Ark. Bot. 4(9): 4. 1905, emend. M.J.Silva & A.M.G.Azevedo. Taxon 61(1): 104. 2012.

Gênero reconhecido pelo hábito abustivo a arbóreo, folhas imparipinadas, 3-15-folioladas, estipelas ausentes, inflorescência paniculada, cálice 4-laciniado, pétalas da carena geralmente soldadas na porção dorsal, androceu pseudomonadelfo (9+1), glabrescente e fruto samaroide com núcleo seminífero central e ala marginal.

Dahlstedtia pertence à recircunscrita tribo Millettieae (Hu et al. 2002, Schrire 2005c). A circunscrição do gênero, que antes possuía apenas duas espécies com morfologia floral peculiar, adaptada à polinização por beija-flores, foi ampliada para incluir algumas espécies do gênero parafilético *Lonchocarpus s.l.* (Silva et al. 2012). *Dahlstedtia* agora possui 16 espécies distribuídas na região Neotropical, tendo o Brasil como centro de maior diversidade, com 12 espécies, as quais habitam principalmente a Mata Atlântica (Silva 2010, Silva et al. 2012). Na área de estudo, foi registrada apenas *Dahlstedtia araripensis* (Benth.) M.J.Silva & A.M.G.Azevedo.

12.1 Dahlstedtia araripensis (Benth.) M.J.Silva & A.M.G.Azevedo. Taxon 61(1): 104. 2012.

Figura 5o

Árvore com até 12 m alt., ramos glabrescentes a pubescentes com tricomas adpressos ferrugíneos ou hialinos quando jovens. Estípulas ca. 1 mm compr., triangulares, não-peltadas. Folhas 7-9-folioladas; pecíolo 2,2-2,6 cm compr.; raque 3,9-6 cm compr.; estipelas ausentes; folíolos 2,7-4,2 × 1,9-2,6 cm, opostos, ovais, oval-elípticos a suborbiculares, ápice retuso a arredondado, base oblíqua, venação broquidódroma, face adaxial esparsamente pubérula, face abaxial pubérula. Panículas axilares, 5-14,5 cm compr.; pedicelo 2-4,5 mm compr.; brácteas não observadas; bractéolas ca. 1,2 × 0,6 mm, triangulares. Flores 10-13 mm compr.; cálice 10-11 × 5,5 mm, campanulado, densamente seríceo, 4-laciniado, lacínias curtas, ca. 0,5 mm compr.; pétalas roxas e não-enrugadas; estandarte 10,5-11 × 10-10,5 mm, largamente oval, ápice retuso, face externa pubérula; alas 10,8-11 × 3,2-3,5 mm; pétalas da carena 11,9-12 × 3,5 mm; androceu pseudomonadelfo (9+1), ca. 12 mm compr., anteras isomórficas; gineceu 10-10,5 mm compr., estípite ca. 1,5 mm compr., ovário 6,5-7 mm compr., seríceo, estilete 2,8-3 mm compr., levemente curvado, seríceo. Legume samaroide 6,5-8,5 × 2,2-2,5 cm, estípite 8-10 mm compr., elíptico a oblongo, margem inteira. Sementes 1,2-1,4 × 0,9 cm, reniformes, amarronzadas.

Espécie arbórea diagnosticada pela combinação de folhas 7-9-folioladas e folíolos opostos, acrescentes em direção ao ápice e pubérulos em ambas as faces, floração em massa geralmente com queda das folhas, as flores em panículas amplas, com pétalas roxas, cálice seríceo com as lacínias curtas, ca. 0,5 mm compr., estames esparsamente pubescentes e legume samaroide elíptico.

Dahlstedtia araripensis se distribui de forma disjunta na Bolívia e Brasil, onde ocorre em áreas de caatinga, cerrado e florestas estacionais da região Nordeste e no estado do Mato Grosso do Sul (Silva 2010). No Rio Grande do Norte, a espécie foi coletada em floresta estacional decidual.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Ceará-Mirim, Fazenda Diamante, 14.XII.2011, fl., *J.G. Jardim et al. 6162* (UFRN); *ibid.*, 09.X.2012, fr., *W.M.B. São-Mateus et al. 222* (UFRN).

13. Dalbergia L.f., Suppl. Pl. 52: 316. 1782.

Inclui lianas, árvores ou subarbustos escandentes com folhas imparipinadas, 5-7-folioladas ou mais raramente unifolioladas, estipelas ausentes, cimeiras mais curtas que as folhas adjacentes, flores diminutas com estandarte geralmente glabro externamente, ovário estipitado e fruto sâmara com núcleo seminífero central e ala marginal.

Dalbergia pertence à tribo Dalbergieae, sendo mais próximo filogeneticamente de gêneros como *Machaerium* e *Aeschynomene* sect. *Ochopodium* (Lavin et al. 2001, Klitgaard & Lavin 2005, Ribeiro et al. 2007). Possui ca. 250 espécies e distribuição pantropical, com centros de diversidade na África, Ásia e região Neotropical (Klitgaard & Lavin 2005). No Brasil, são registradas 39 espécies, ocorrendo em florestas tropicais sazonalmente secas, cerrado, Mata Atlântica e Amazônia (Carvalho 1997). No Rio Grande do Norte, foi coletada apenas uma espécie.

13.1 Dalbergia ecastaphyllum (L.) Taub., Nat. Pflanzenfam. 3(3): 335. 1894.

Figuras 2N, 6a-c

Arbusto escandente, com até ca. 3 m de alt., ramos ferrugíneo-seríceos e lenticelados. Estípulas ca. 11 mm compr., subuladas, não-peltadas. Folhas unifolioladas; pecíolo 0,7-1 cm compr., cilíndrico; folíolos 3,4-10,2 × 2,2-5,7 cm, ovais a oval-elípticos, ápice agudo, raramente mucronulado, base obtusa, venação broquidódroma, face adaxial serícea a glabrescente, face abaxial densamente pubescente, tricomas adpressos e ferrugíneos. Cimeiras axilares, 0,7-1,9 cm compr.; pedicelo 1-2 mm compr.; brácteas não observadas; bractéolas ca. 0,6 × 0,5 mm, deltoides. Flores 6-7 mm compr.; cálice 3,2-4 × 7 mm, campanulado, ferrugíneo-tomentosos, 5-laciniado, lacínias ca. 1 mm compr., menores do que o tubo; pétalas creme; estandarte 6-6,2 × 4,5-5 mm, orbicular, ápice retuso, glabro em ambas as faces; alas 6,4-6,5 × 2,4-2,5 mm; pétalas da carena 5,5-5,8 × 2 mm; androceu diadelfo (5+5), ca. 5 mm compr., anteras isomórficas; gineceu 4,8-5 mm compr., estípite 2,3-2,5 mm compr., ovário 1,3-1,5 mm compr., glabrescente, tricomas adpressos nas margens, estilete ca. 1 mm compr., levemente curvado, glabro. Sâmara 2,6-3 × 1,8-2 cm, estípite ca. 3 mm compr., suborbicular, pubérula. Sementes não observadas.

Espécie facilmente reconhecida pelo hábito arbustivo escandente com ramos recurvados, folhas unifolioladas, cimeiras curtas, 0,7-1,9 cm compr., flores diminutas, com até 7 mm compr., estames dispostos em dois fascículos (5+5) e sâmara suborbicular.

Ocorre disjuntamente nas Américas, Índia e leste da África (Carvalho 1997). No Rio Grande do Norte, a espécie geralmente ocorre de forma simpátrica com *Canavalia rosea* e é comum em áreas de restinga estuarina e bordas de manguezal.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Baía Formosa, Praia do Sagi, 02.XI.2007, fr., *R.C. Oliveira et al. 2027* (MOSS); Rio do Fogo, Distrito de Zumbi, 20.I.2011, fl., *M.T.S. Ferreira 22* (UFRN); Rio do Fogo, Distrito de Zumbi, 31.III.2012, fl., *J.G. Jardim & A.B. Jardim 6177* (UFRN); Tibau do Sul, 03.XII.1993, fl. e fr., *M.T.B. Silva 47* (PEUFR).

14. Desmodium Desv., J. Bot. Agric. 1: 122. 1813.

Gênero caracterizado pelo hábito herbáceo, subarbustivo ou arbustivo, presença de tricomas uncinados, folhas uni ou trifolioladas, flores com antese explosiva, pétalas lilás a púrpuras ou raramente róseas, estames com anteras isomórficas e fruto lomento.

Estudos filogenéticos apontam para o monofiletismo do gênero *Desmodium* na tribo Desmodieae como parte da subtribo Desmodiinae, a qual aparece como um clado irmão do grupo *Lespedeza* (Ohashi 2005, Stefanović et al. 2009). O gênero é constituído por ca. 275 espécies com distribuição pantropical, sendo África, Ásia e região Neotropical os principais centros de diversidade (Ohashi 2005). No Brasil, ocorrem 34 espécies nos mais variados tipos de formações vegetacionais (Lima 2012a). Na área de estudo, foram registradas sete espécies.

14.1 Desmodium adscendens (Sw.) DC., Prodr. 2: 332. 1825.

Subarbusto decumbente, ramos pubérulos a hirsutos. Estípulas 5-9,5 mm compr., lanceoladas, não-peltadas. Folhas trifolioladas; pecíolo 0,9-1,9 cm compr.; raque 0,5-0,6 cm compr.; estipelas 1-2 mm compr., lineares; folíolos 1,7-3,5 × 0,9-2,2 cm, orbiculares a oval-elípticos, os laterais levemente assimétricos, ápice agudo a arredondado, raramente mucronulado, base truncada, venação broquidódroma, face adaxial esparsamente pubescente, face abaxial densamente pubescente, tricomas adpressos. Pseudoracemos axilares, mais longos que as folhas adjacentes 10-14 cm compr.; pedicelo 3,5-5,5 mm compr.; brácteas externas 2-5 × 0,5-1 mm, oval-lanceoladas a triangulares, pubescentes, margem ciliada; brácteas internas 0,8-1 × 0,2 mm triangulares a linear, pubescentes; bractéolas ausentes. Flores 5-6 mm compr.; cálice ca. 2,5 × 5 mm, campanulado, glabrescente, 5-laciniado, lacínias menores do que o tubo, as laterais e a carenal ca. 1 mm compr., lacínia vexilar ca. 0,5 mm compr.; pétalas púrpuras; estandarte 4,5-5,5 × 3-3,5 mm, oboval ápice emarginado, glabro em ambas as faces; alas ca. 5,5-6 × 1,5-2 mm; pétalas da carena ca. 5-5,5 × 1,8-2 mm; androceu diadelfo (9+1), ca. 5 mm compr.; gineceu 5-5,5 mm compr., ovário 4-4,5 mm compr., séssil, piloso, estilete ca. 1 mm compr., levemente curvado, glabro no ápice. Lomento 2-5-articulado, 16-32,5 mm compr., estípite 2,5 mm compr., marrom, piloso-uncinado, tricomas ferrugíneos; margem superior reta e inferior sinuosa; artículos 5-6 × 3-4 mm oblongos. Sementes não observadas.

Desmodium adscendens assemelha-se morfologicamente com *D. incanum* por compartilharem o hábito subarbustivo, folíolos elípticos a orbiculares e fruto com a margem superior reta e inferior sinuosa. No entanto, *D. adscendens* diferencia-se por apresentar folíolos com a venação broquidódroma, estípulas livres, artículo do lomento com o formato oblongo e ovário séssil (*vs.* venação eucamptódroma, estípulas parcialmente soldadas).

Distribui-se desde o México até a América do Sul, Ásia e África (Vanni 2001). No Brasil, a espécie ocorre em todas as regiões (Lima 2012a). Na área de estudo, a espécie foi representada por uma única coleta localizada no extremo norte do estado em ambiente de restinga arbustiva.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Rio do Fogo, Distrito de Zumbi, 20.I.2011, fl. e fr., *M.T.S. Ferreira 20* (UFRN).

14.2 Desmodium barbatum (L.) Benth., Pl. Jungh. 1: 224. 1852.

Figuras 2O, 6d-e

Erva prostrada ou ereta, 0,1-0,5 m alt., ramos canescentes. Estípulas 3-11 mm compr., subuladas, não-peltadas. Folhas trifolioladas a unifolioladas na base; pecíolo 0,4-0,9 cm compr.; raque 0,2-0,3 cm compr.; estipelas 1-2 mm compr., lineares; folíolos 1-2,5 × 0,4-1,3 cm, elípticos, oblongo-elípticos, obovais a orbiculares, ápice retuso a mucronulado, base arredondada a cordada, venação broquidódroma, seríceos em ambas as faces. Pseudoracemos terminais ou mais raramente axilares, mais curtos que as folhas adjacentes 1-4 cm compr.; pedicelo 6-7 mm compr.; brácteas externas 4-6 × 1,5-3 mm, oval-lanceoladas a lanceoladas, glabrescentes, margens ciliadas; brácteas internas ca. 2 × 1-1,5 mm, ovais, glabrescente, margens

ciliadas; bractéolas ausentes. Flores 4-5 mm compr.; cálice 4,5-6,5 × 6-8 mm, campanulado, hirsuto, 5-laciniado, lacínias 2,5-4 mm compr., não concrescidas e maiores que o tubo; pétalas róseas a lilás; estandarte 4,5-5 × 5-5,5 mm, largamente oboval, ápice retuso, glabro em ambas as faces; alas 3-5 × 1,6-2 mm; pétalas da carena 3,5-4 × 1 mm; androceu diadelfo (9+1), 3,5-4 mm compr.; gineceu 4 mm compr., ovário ca. 3-4 mm compr., séssil, densamente seríceo, estilete ca. 1,5 mm compr., quase ereto, geniculado, glabro. Lomento 2-4-articulado, 9-13 mm compr., estípite ca. 1 mm compr., marrom, pubérulo-uncinado e pubescente; margem superior reta a levemente curvada e inferior sinuosa; artículos 2-3 × 2 mm, quadrangulares. Sementes não observadas.

Espécie reconhecida pelo hábito herbáceo, folhas trifolioladas a unifolioladas nos ramos basais, pseudoracemos congestos (1-4 cm compr.), cálice hirsuto com as lacínias subuladas, pétalas lilás a róseas e lomento com artículos quadrangulares.

Desmodium barbatum é uma espécie amplamente distribuída no Brasil, ocorrendo em todas as regiões (Lima 2012a). No Rio Grande do Norte, foi coletada em ambientes não sombreados ou borda de mata, beira de lagoas e áreas antropizadas.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Baía Formosa, praia do Sagi, 02.XI.2007, fl. e fr., *R.C. Oliveira 1999* (MOSS, UFRN); Ceará-Mirim, margem da lagoa Comprida, 13.V.2011, fl. e fr., *J.L. Costa-Lima 479* (UFRN); Natal, Parque da cidade, 25.VI.2007, fl. e fr., *V.R.R. Sena 164* (HST, UFRN); Nísia Floresta, Pirangi do sul, 08.IX.1953 fl., *S. Tavares 278* (IPA, HST); Parnamirim, Mata do Jiqui, 24.II.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus et al. 56* (UFRN); Rio do Fogo, Punaú, 16.IX.2009, fl. e fr., *A.C.P. Oliveira 1286* (UFRN); Tibau do Sul, 13.VI.1994, fl., *M.L.L. Martins 340* (IPA).

14.3 Desmodium glabrum (Mill.) DC., Prodr. 2: 338. 1825.

Figuras 3A, 6f-g

Subarbustos eretos 0,4-2 m alt., ramos pubescente-uncinados. Estípulas 3-8 mm compr., subuladas, não-peltadas. Folhas trifolioladas; pecíolo 0,65-1,3 cm compr.; raque 0,3-0,7 cm compr.; estipelas 2-5,5 mm compr., linear-triangulares; folíolos 2-5 × 1-2 cm, ovais, os laterais ligeiramente assimétricos, ápice agudo a mucronulado, base arredondada, venação broquidódroma, pubescente com tricomas adpressos e pubérulo-uncinado em ambas as faces. Pseudoracemos axilares ou terminais, mais longos que as folhas adjacentes 11-30 cm compr.; pedicelo 4-8 mm compr.; brácteas externas e internas semelhantes ca. 1 mm compr., linear-triangulares, densamente pubescente, margem ciliada; bractéolas ausentes. Flores não observadas, cálice 2-3 × 4,5 mm, amplamente campanulado, hirsuto, 5-laciniado, lacínias superiores ca.1 mm compr., concrescidas, lacínias laterais e carenal ca. 2 mm compr.; pétalas, estames e gineceu não observados. Lomento 2-3(-4)-articulado, 10-15 mm compr., estípite ca. 1 mm compr., marrom, pubérulo-uncinado nos artículos basais, verde-amarelado, superfície glabra, margem ciliada e venação reticulada no artículo terminal, ambas as margens sinuosas; artículos 4-8 × 2,5-5 mm, os basais tortuosos e o terminal suborbicular. Sementes 2-3 × 1-2 mm, suborbiculares, castanho-escuro.

Espécie facilmente reconhecida pelo hábito subarbustivo e ramos eretos, pseudoracemos alongados (11-30 cm compr.), lomento 2-3(-4)-articulado, com os artículos basais tortuosos e o terminal compresso, suborbicular com tricomas apenas nas margens e venação reticulada.

Desmodium glabrum distribui-se desde o sudeste dos Estados Unidos até a Argentina (Vanni 2001, Lima 2012a). No Brasil, ocorre na região Nordeste e nos estados do Tocantins, Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais (Lima 2012a). No Rio Grande do Norte, a espécie foi encontrada em áreas de restinga arbustiva.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Natal, Parque Estadual das Dunas do Natal, 10.XI.1980, fr., *A. Trindade s.n.* (UFRN 972); Nísia Floresta, Camurupim, 09.X.1984, fl. e fr., *A. Dantas 135* (IPA).

14.4 Desmodium incanum DC., Prodr. 2: 332. 1825.

Figuras 6h-j

Subarbustos decumbentes ou eretos, 0,4-1 m alt., ramos pubérulo-uncinados a pubescentes, raramente glabrescentes. Estípulas 3,5-8 mm compr., unidas a ca. 2/3 do compr. nos ramos jovens, triangulares, não-peltadas. Folhas trifolioladas; pecíolo 0,7-2 cm compr.; raque 0,2-0,8 cm compr.; estipelas 3-4 mm compr., triangulares; folíolos 1,5-6,2 (-8,5) × 0,8-3,5 cm, elípticos, elíptico-lanceolados a oval-lanceolados, oblongos ou orbiculares, os laterais ligeiramente assimétricos na base, ápice agudo a arredondado, base arredondada, venação eucamptódroma, face adaxial glabrescente a esparsamente pubescente com tricomas adpressos e pubérulo-uncinado face abaxial piloso-canescente. Pseudoracemos terminais, mais longos que as folhas adjacentes 11,5-18,5 cm compr.; pedicelo 2,5-8 mm compr.; brácteas externas ca. 2 × 0,5 mm, ovais, pubérulas, margem ciliada; brácteas internas ca. 1 mm compr., lineares, pubérulas, margem ciliada; bractéolas ausentes. Flores 5-6,5 mm compr.; cálice 2-2,5 × 4-4,5 mm, campanulado, hirsuto, 5-laciniado, lacínias superiores ca. 0,5 mm compr., concrescidas até próximo a metade do compr., lacínias laterais e carenal ca. 1 mm compr.; pétalas vermelhas a roxas; estandarte 6-6,2 × 4,5-5 mm, oboval, ápice retuso, glabro em ambas as faces; alas 5-6 × 2 mm; pétalas da carena, 5-5,5 × 2 mm; androceu diadelfo (9+1), 4,5-5 mm compr.; gineceu 6 mm compr., estípite ca. 1 mm compr., ovário 3,5-4 mm compr., piloso, estilete ca. 1,5 mm compr., curvado, glabro. Lomento 2-7-articulado, 15-21 mm compr., estípite 1-3 mm compr., marrom, pubescente a tomentoso-uncinado, margem superior reta e inferior sinuosa ou profundamente crenada; artículos 3-5 × 3-5,5 mm, oblongos a ligeiramente quadrados. Sementes 3-3,5 × 2 mm, reniformes, amarelo-alaranjadas.

Desmodium incanum caracteriza-se principalmente pelos folíolos com a face abaxial pilosa e canescente, estípulas parcialmente soldadas (ca. 2/3 do compr.) nos ramos jovens e podendo ser livres na maturidade, pseudoracemos terminais e ovário estipitado. No Brasil, a espécie é amplamente distribuída, ocorrendo em todas as regiões (Lima 2012a). Neste estudo a espécie foi coletada em áreas de restinga arbustiva, florestas estacionais e ambientes antropizados.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Baía Formosa, praia do Sagi, 02.XI.2007, fl. e fr., *R.C. Oliveira 2001* (MOSS, UFRN); Canguaretama, Barra do Cunhaú, 03.XI.2007, fl. e fr., *R.C. Oliveira 2048* (MOSS, UFRN); Macaíba, Escola Agrícola de Jundiaí, 27.VII.2011, fl. e fr., *J.L. Costa-Lima et al. 515* (UFRN); Natal, 03.VI.1997, fr., *L.A. Cestaro 97-07* (UFRN); Nísia Floresta, Morrinhos, 27.VIII.2011, fl. e fr., *J.L. Costa-Lima et al. 543* (UFRN); Parnamirim, 28.VI.2005, fl. e fr., *A. Ribeiro 146* (UFRN); Tibau do Sul, Santuário Ecológico de Pipa, 17.XI.1999, fl., *K.Y. Arns s.n.* (PEUFR 39899).

14.5 Desmodium scorpiurus (Sw.) Desv., J. Bot. Agric. 1: 122. 1813.

Figuras 6k-m

Subarbustos procumbente ca. 0,3 m alt, ramos hirsuto-uncinados. Estípulas 2-3 mm compr., auriculadas, oval-lanceoladas, não-peltadas. Folhas trifolioladas; pecíolo 1,4-3,5 cm compr.; raque 0,2-0,8 cm compr.; estipelas ca. 2 mm compr., estreitamente triangulares; folíolos 1,6-3,7 × 1-1,6 cm, elípticos a oval-elípticos, ápice arredondado a retuso, base truncada a arredondada, venação broquidódroma, seríceos

em ambas as faces. Pseudoracemos terminais, 8,5-18,5 cm compr., mais longos que as folhas adjacentes; pedicelo 2-3 mm compr.; brácteas externas ca. 2 × 0,5 mm, triangulares, hirsutas, margem ciliada; brácteas internas ca. 0,5 × 0,2 mm, linear-triangulares, hirsutas, margem ciliada; bractéolas ausentes. Flores 3,5-4 mm compr.; cálice 3,5-4 × 4-4,5 mm, campanulado, hirsuto, 5-laciniado, lacínias superiores 0,1-0,2 mm compr., concrescidas até próximo ao ápice, lacínias laterais e carenal ca. 2 mm compr.; pétalas lilás; estandarte 4-5 × 4,5-5 mm, amplamente oboval, ápice retuso, glabro em ambas as faces; alas ca. 2,5 × 2 mm; pétalas da carena ca. 4,5 × 2 mm; androceu diadelfo (9+1), ca. 4 mm compr.; gineceu ca. 5 mm compr., subséssil, ovário ca. 4 mm compr., esparsamente pubérulo, estilete ca. 1 mm compr., curvado, glabro. Lomento 6-7-articulado, 28-32 mm compr., estípite ca. 1 mm compr., marrom, tomentoso-uncinado; ambas as margens sinuosas; artículos 4-5 × 1,5-2 mm, não-tortuosos, elípticos e uniformes. Sementes 2,5-3,2 × 1 mm, oblongas, acastanhadas.

Desmodium scorpiurus caracteriza-se pelo hábito herbáceo, folíolos elípticos a oval-elípticos, estípulas auriculadas e principalmente pelos artículos do lomento elípticos. No Brasil, a espécie ocorre nas regiões norte (Acre, Pará, Rondônia e Roraima), centro-oeste (Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul), nordeste (Bahia e Pernambuco) e sudeste (Minas Gerais) (Lima 2012b). Na área de estudo, a espécie foi coletada em ambiente antropizado próximo a uma restinga arbustiva.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Natal, APA Capim Macio, 01.VII.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus et al. 189* (UFRN).

14.6 Desmodium tortuosum (Sw.) DC., Prodr. 2: 332. 1825.

Subarbusto eretos, 0,6-1,5 m alt., ramos densamente pubescentes, tricomas hirsuto-uncinados tornando a superfície escabrosa. Estípulas 5-12 mm compr., auriculadas, lanceoladas, não-peltadas. Folhas trifolioladas; pecíolo 0,9-2,5 cm compr.; raque 0,6-1,4 cm compr.; estipelas 3-6 mm compr., estreitamente triangulares; folíolos 2-9 × 0,8-3,4 cm, ovais, oval-lanceolados ou elípticos, ápice arredondado a mucronulado, base cuneada, venação broquidódroma, face adaxial pubérula a esparsamente pubescente com tricomas uncinados nas nervuras, face abaxial pubérula. Pseudoracemos ou panículas, axilares ou terminais, 19-27 cm compr.; pedicelo 9-16 mm compr.; brácteas externas 5-6 × 1 mm, triangulares, glabrescentes, margem ciliada; brácteas internas 1,5-2 × 0,2 mm, linear-triangulares, glabrescentes, margem ciliada; bractéolas ausentes. Flores 4-5 mm compr.; cálice 2,5-3 × 4 mm, campanulado, densamente pubescente, 5-laciniado, lacínias superiores ca. 0,2 mm compr., concrescidas até próximo ao ápice, lacínias laterais e carenal 1,5-2 mm compr.; pétalas róseas; estandarte ca. 5 × 4 mm, oboval, ápice arredondado, glabro em ambas as faces; alas 3,8-4 × 1,2-1,4 mm; pétalas da carena 4-4,2 × 1,5-2 mm; androceu pseudomonadelfo (9+1), o estame vexilar adnato apenas na base do tubo estaminal, ca. 5 mm compr.; gineceu 4-5 mm compr., subséssil, ovário 3-4 mm compr., densamente pubérulo, estilete ca. 1 mm compr., quase ereto, geniculado, glabro. Lomento 4-7-articulado, 21-28 mm compr., estípite ca. 1 mm compr., marrom, pubescente-uncinado, venação reticulada, ambas as margens sinuosas; artículos 4 × 4 mm tortuosos, orbiculares, uniformes. Sementes ca. 2 × 1,5 mm, oblongas, acastanhadas.

Desmodium tortuosum possui o hábito subarbustivo com ramos eretos, estípulas auriculadas, flores com pedicelos alongados (9-16 mm compr.) e principalmente pelos artículos do lomento tortuosos na base e orbiculares no ápice.

Distribui-se desde a América do Norte até a América do Sul e na África (Queiroz 2009). No Brasil, ocorre nas regiões sudeste, sul, centro-oeste e nos estados da Bahia, Pernambuco, Amazonas e Roraima em áreas com vegetação secundária ou de cerrado (Lima 2012a). Na Mata Atlântica do Rio Grande do Norte, a espécie foi coletada em ambiente antropizado próximo a uma área de restinga arbustiva.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Natal, APA Capim Macio, 01.VII.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus et al. 190* (UFRN).

14.7 Desmodium triflorum DC. Prodr. 2: 334. 1825.

Erva prostrada com enraizamento nos nós, ramos glabrescentes, hirsutos ou pilosos com tricomas adpressos. Estípulas 2-3 mm compr., ovais a triangulares, não-peltadas. Folhas trifolioladas; pecíolo 1-1,5 mm compr.; raque ca. 0,5 mm compr.; estipelas não observadas; folíolos 0,2-0,5 × 0,2-0,6 cm, obcordados a orbiculares, ápice emarginado, base cordada, raramente arredondada, venação broquidódroma, face adaxial glabra a glabrescente com tricomas pubérulo-uncinados, face abaxial velutina e pubérulo-uncinada. Flores em fascículos; pedicelo ca. 3 mm compr.; brácteas externas 3 × 1-2 mm ovais, glabrescentes, margem ciliada; brácteas internas 1,5-2 × 0,4 mm, ovais, glabrescentes, margem ciliada; bractéolas ausentes. Flores 2,5-3,5 mm compr.; cálice ca. 3 × 3,8 mm, campanulado, piloso, tricomas adpressos, 5-laciniado, lacínias ca. 1 mm compr.; pétalas lilás; estandarte 3-4,5 × 3-3,5 mm, largamente orbicular, ápice emarginado, glabro em ambas as faces; alas ca. 3,8 × 2 mm; pétalas da carena ca. 4 × 1,2 mm; estames diadelfos (9+1), ca. 3 mm compr.; gineceu ca. 4 mm compr., ovário 1,5-2 mm compr., séssil, esparsamente pubérulo, estilete ca. 2 mm compr., curvado e geniculado, glabro; Lomento 2-6-articulado, 12,5-20 mm compr., séssil, verde claro, pubescente-uncinado a tomentoso, venação reticulada, margem superior reta e inferior sinuosa; artículos 3-3,8 × 3 mm, quadrangulares. Sementes 1,5-2,5 × 2-2,5 mm, suborbiculares, amarelo-alaranjadas.

Ervas prostradas, folíolos orbiculares a obcordados, inflorescência fasciculada, estandarte largamente orbicular e lomento séssil são os principais caracteres para o reconhecimento de *Desmodium triflorum*. Espécie pantropical, com distribuição no Brasil nas regiões norte (Amapá, Amazonas, Rondônia e Roraima), nordeste, centro-oeste (Mato Grosso e Mato Grosso do Sul), sudeste e no estado de Santa Catarina geralmente associada a áreas de Mata Atlântica ou cerrado (Lima 2012a). Neste estudo a espécie foi coletada em ambiente temporariamente alagado.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Extremoz, APA Jenipabu, 27.VII.2011, fl. e fr, *T.P. Boeira & J.G. Jardim 01* (UFRN); Natal, parque Estadual das Dunas do Natal, 03.IX.1980, fl. e fr., *Projeto Parque das Dunas s.n.* (MOSS 2333).

15. Dioclea Kunth, Nov. Gen. Sp. 6: 437. 1823.

Dioclea sempre inclui lianas com folhas trifolioladas, flores dispostas em pseudoracemos nodosos com pétalas lilás a roxas, estandarte bicaloso, androceu pseudomonadelfo, fruto legume e sementes com hilo linear.

Tradicionalmente o gênero faz parte da subtribo Diocleinae, tribo Phaseoleae, entretanto a subtribo aparece mais relacionada filogeneticamente com o clado Millettioide *s.s.* (Queiroz et al. 2003, Cardoso et al. 2013). O gênero possui ca. 40 espécies, tendo como centro de diversidade a região Neotropical e apenas três espécies ocorrendo na Ásia (Schrire 2005d). Na Mata Atlântica do Rio Grande do Norte, foram registradas duas espécies.

15.1 Dioclea violacea Mart. *ex* Benth., Comm. Legum. Gen. 69. 1837.

Figura 3B

Lianas, ramos glabrescentes a pubescentes, tricomas adpressos. Estípulas 10-11 mm compr., elípticas, peltadas. Pecíolo 4,6-12,5

cm compr.; raque 0,6-0,8 cm compr.; estipelas 1-2 mm comp., lineares; folíolos 6-10 × 4-7 cm, ovais a obovais, os laterais levemente assimétricos, ápice cuspidado e mucronulado, base arredondada, venação broquidódroma, pubescentes com tricomas adpressos em ambas as faces. Pseudoracemos nodosos, axilares, 30-55 cm compr.; pedicelo 5-6 mm compr.; brácteas ca. 1 × 1 mm, orbiculares, glabrescentes, margem ciliada; bractéolas 2,5-3 × 2,5-4 mm, orbiculares. Flores 2,4-2,6 cm compr.; cálice 13-15 × 22,5 mm, campanulado, pubescente, 5-laciniado, lacínias laterais e vexilar ca. 5 mm compr., menores que o tubo, lacínia carenal ca. 7 mm compr., maior ou do mesmo tamanho do tubo; pétalas roxas; estandarte 19-21,5 × 18-22 mm, orbicular, a porção basal branca a amarelo-claro, glabro em ambas as faces; alas 18-23 x 10-15 mm; pétalas da carena 13-17 × 5-7 mm, margem interna inteira; androceu 14,5-18 mm compr., anteras dimórficas; gineceu 17-18 mm compr., ovário 8-12 mm compr., subséssil, estrigoso, tricomas longos, estilete 6-10 mm compr., curvado, estrigoso na margem anterior. Legume 8-15,3 × 3,5-4,8 cm, oblongo, ferrugíneo-viloso, margem superior falcada e inferior crenada. Sementes 2-4, ca. 3 × 2,7 cm, suborbiculares, acastanhadas, hilo linear, cobrindo ca. 2/3 da circunferência.

Dioclea violacea diferencia-se de *D. virgata* por apresentar folíolos e cálice pubescentes, estípulas peltadas e estames com anteras dimórficas. Além disso, os frutos são ferrugíneo-vilosos com a margem superior falcada e inferior crenada e sementes suborbiculares sem endocarpo.

Ocorre desde o Paraguai até a Argentina. No Brasil, é encontrada preferencialmente no domínio Atlântico e áreas de caatinga (Queiroz 2009). No Rio Grande do Norte, a espécie foi comumente encontrada em restingas, florestas estacionais semidecíduas e na Mata Atlântica interiorana com altitudes superiores a 700 m.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Canguaretama, estrada próximo à rodovia BR-101 limite RN-PB, 30.VI.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus et al. 168* (UFRN); Extremoz, APA Jenipabu, 27.VII.2011, fl., *E.O. Moura 08* (UFRN); Martins, 14.IV.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus et al. 125* (UFRN); Natal, APA Capim Macio, 01.VII.2012, fl., *W.M.B. São-Mateus et al. 194* (UFRN); *ibid.*, Parque Estadual das Dunas do Natal, 01.VIII.2009, fl. e fr., *J.L. Costa-Lima & D. Cardoso 177* (UFRN); *ibid.*, 28.V.2007, fl., *M.I.B. Loiola et al. 1025* (MOSS, UFRN); *ibid.*, 29.VI.1999, fl., *L.A. Cestaro 99-166* (UFRN); Parnamirim, Hidrominas Santa Maria, 21.VI.2005, fl., *A. Ribeiro & J. Silva 137* (UFRN); *ibid.*, Mata do Jiqui, 24.II.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus et al. 50* (UFRN); Tibau do Sul, 06.X.1999, fr., *E. Periquito et al. 12* (PEUFR).

15.2 Dioclea virgata (Rich.) Amshoff, Meded. Bot. Mus. Herb. Rijks Univ. Utrecht 52: 69. 1939.

Figuras 7a-b

Lianas, ramos tomentosos. Estípulas ca. 2,5 mm compr, triangulares, não-peltadas. Pecíolo 2-9,6 cm compr.; raque 2-4 mm compr.; estipelas ca. 1,5 mm compr., lineares; folíolos 3,8-8,8 × 2,2-5,5 cm, ovais a obovais, os laterais levemente assimétricos, ápice apiculado, base arredondada a truncada, venação broquidódroma, tomentosa em ambas as faces. Pseudoracemos nodosos, axilares, 31-34,5 cm compr.; pedicelo 5-7,5 mm compr.; brácteas 2-4 × 2 mm compr., ovais, pubescentes; bractéolas 9-10 × 7-7,5 mm, ovais. Flores 2-2,3 cm compr.; cálice 13-18 × 20-24 mm, campanulado, glabro, 4-laciniado, lacínias laterais e vexilar 6,5-7,5 mm compr., do mesmo tamanho do tubo, lacínia carenal ca. 9 mm compr.; pétalas roxas; estandarte 22-23 × 16-21 mm, orbicular, porção basal amarela com linhas verticais avermelhadas e porção mediana roxo-escuro, glabro em ambas as faces; alas 22-25 × 9,5-10,5 mm; pétalas da carena 16-17 × 8,5-9 mm, com 1/3 da margem interna fimbriada; androceu 18-19 mm compr., anteras isomórficas; gineceu 18,5-23 mm compr., ovário 12-17 mm compr., subséssil, seríceo, tricomas hialinos, estilete 4,5-6 mm compr., curvado, glabro. Legume ca. 7,2 × 1,8 cm, oblongo, fulvo-tomentoso, margens sinuosas. Sementes 4-6, 0,6 × 0,4 cm., oblongo, acastanhadas, hilo linear cobrindo ca. 1/2 da circunferência.

Espécie reconhecida pelos ramos, folíolos e frutos tomentosos, estípulas não-peltadas e bractéolas persistentes (9-10 mm compr). Além disso, *D. virgata* apresenta cálice 4-laciniado e glabro, pétalas da carena com 1/3 da porção interna fimbriada e sementes oblongas. No Brasil, a espécie ocorre em todas as regiões exceto na região sul (Queiroz 2012). No Rio Grande do Norte, foi encontrada na borda de mata ciliar.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Baía Formosa, Guaratuba, 10.XI.1980, fl., *O.F. Oliveira et al. 1525* (MOSS); Parnamirim, Hidrominas Santa Maria, 12.III.2005, fl. e fr., *A. Ribeiro 112* (UFRN); *ibid.*, 19.III.2012, fl., *W.M.B. São-Mateus & A.Ribeiro 114* (UFRN).

16. Galactia P.Browne, Civ. Nat. Hist. Jamaica 298. 1756.

Ervas, subarbustos ou trepadeiras volúveis com folhas unifolioladas ou trifolioladas, pseudoracemos nodosos e axilares, cálice campanulado e 4-laciniado, e fruto legume compresso com ápice falcado.

Galactia é ainda mantido em sua classificação tradicional na tribo Phaseoleae, subtribo Diocleinae, embora análises filogenéticas tenham mostrado que esta subtribo aparece mais relacionada com o clado Millettioide *s.s.* (Schrire 2005d). O gênero possui distribuição pantropical e é constituído por aproximadamente 60 espécies (Burkart 1971). No Brasil, são registradas 25 espécies, ocorrendo geralmente nos campos rupestres, cerrado e mais raramente em ambientes florestados (Ceolin & Miotto 2013). Na área de estudo, foi registrada apenas uma espécie.

16.1 Galactia striata (Jacq.) Urb. Symb. Antill. 2(2): 320. 1900.

Figuras 7c-e

Trepadeira herbácea, ramos glabrescentes. Estípulas não observadas. Folhas trifolioladas; pecíolo 0,8-1,3(-3) cm compr.; raque 0,2-1 cm compr.; estipelas 0,5-1 mm compr., triangulares; folíolos 2,2-3,7 × 1,4-2,6 cm, ovais, ápice retuso e mucronulado, base truncada a cordada, venação broquidódroma, face adaxial glabra a glabrescente, face abaxial pubescente, tricomas adpressos. Pseudoracemos axilares, 2-3 flores por nó; pedicelo 1-2 mm compr.; brácteas ca. 1 × 0,6 mm triangulares a deltoides, glabrescentes, margem ciliada; bractéolas 1-1,8 × 0,6-0,8 mm, triangulares a deltoides. Flores 9-12 mm compr.; cálice 4-7 × 7 mm, campanulado, esparsamente pubescente, 4-laciniado, lacínias laterais e vexilar 2-3,5 mm compr., do mesmo tamanho do tubo, lacínia carenal ca. 4,5 mm compr., maior que o tubo; pétalas lilás-claro; estandarte 9,5-10 × 6,4-7 mm, oboval, ápice obtuso, glabro em ambas as faces, aurículas diminutas e inflexas; alas 8,2 × 2-2,5 mm; pétalas da carena ca. 8 × 2,8 mm; androceu diadelfo (9+1), 6-8 mm compr., anteras isomórficas; gineceu 8-9,6 mm compr., ovário 5-6 mm compr., séssil, densamente seríceo, estilete 3-3,6 mm compr., uncinado, glabro. Legume 2,6-4,4 × 0,4-0,6 cm, oblongo, ápice falcado, seríceo, margens levemente onduladas. Sementes não observadas.

Trepadeira herbácea com ramos delgados, pseudoracemos curtos (2-3 flores), pétalas lilás e estilete uncinado não recoberto pelas pétalas da carena são as principais características para reconhecer *Galactia striata*. Além disso, a espécie possui folíolos ovais e discolores, e frutos recobertos por tricomas seríceos, alongados e esbranquiçados.

Galactia striata ocorre desde os Estados Unidos até a Argentina geralmente em ambientes florestais (Ceolin & Miotto 2013). A espécie

é citada pela primeira vez no Rio Grande do Norte, com apenas uma coleta em área de floresta estacional semidecidual. Esta distribuição, no entanto, é incomum para o gênero, que habita preferencialmente áreas mais abertas com vegetação baixa.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Nísia Floresta, Distrito de Imuna, 27.VIII.2011, fl. e fr., *J.L. Costa-Lima et al. 532* (UFRN).

17. Geoffroea Jacq., Enum. Syst. Pl. 7. 1760.

Entre as Papilionoideae do Rio Grande do Norte, *Geoffroea* pode ser confundida morfologicamente com *Andira*, por compartilharem o hábito arbóreo, folhas imparipinadas, estames diadelfos e fruto drupa. Entretanto, *Geoffroea* diferencia-se de *Andira* pelos ramos espinescentes, inflorescência racemosa com as flores amarelas ou alaranjadas, pétalas livres e ovário séssil (*vs.* ramos inermes, inflorescência paniculada, flores violáceas, pétalas soldadas na base ou no ápice e ovário estipitado em *Andira*).

Análises filogenéticas com dados moleculares e morfológicos têm demonstrado que *Geoffroea* faz parte da tribo Dalbergieae, em um clado que inclui o gênero monospecífico *Cascaronia* Griseb., endêmico do sul da Bolívia e noroeste da Argentina (Lavin et al. 2001). *Geoffroea* distribui-se em florestas tropicais sazonalmente secas da América do Sul e é constituído por apenas duas espécies (Ireland & Pennington 1999).

17.1 Geoffroea spinosa Jacq., Enum. Syst. Pl. 28. 1760.

Figuras 3C, 7f-g

Árvore ca. 3 m alt., ramos glabrescentes e armados, espinhos eretos, axilares, 10-16 mm compr. Estípulas 2-3 mm compr., triangulares, não-peltadas. Folhas 11-13-folioladas; pecíolo 0,5-0,8 cm compr.; raque 2,9-3,8 cm compr.; estipelas ausentes; folíolos 0,9-1,2 × 0,5-0,7 cm, opostos a subopostos, obovais, ápice e base arredondados, venação paralelinérvea com nervuras secundárias conspícuas e sub-paralelas, pubérulos em ambas as faces. Racemos axilares, 3-4,5 cm compr.; pedicelo 1-4 mm compr.; brácteas 3 × 2 mm, ovais, pubescente, margem ciliada; bractéolas ausentes. Flores 8-12 mm compr.; cálice 6,5-8 × 11 mm, cilíndrico, densamente pubescente com pontuações glandulares, 5-laciniado, lacínias curtas, 2-2,5 mm compr.; pétalas amarelas a alaranjadas; estandarte ca. 11 × 9 mm, suborbicular, ápice retuso, glabro em ambas as faces; alas 10-12 × 4 mm; pétalas da carena 10 × 3,5-4 mm; androceu diadelfo (9+1), 7-11 mm compr., anteras isomórficas; gineceu 10-11,5 mm compr., ovário 2-3 mm compr., séssil, densamente pubescente, estilete ca. 8 mm compr., curvado, pubescente na base a glabrescentes no ápice. Drupa elipsoide 3-4,5 × 2-2,5 cm, tomentoso-canescente. Sementes não observadas.

Geoffroea spinosa pode ser reconhecida na área de estudo pelos ramos com espinhos (10-16 mm compr.), pétalas alaranjadas e fruto drupa. Além disso, a espécie possui o hábito arbustivo ou arbóreo e folíolos obovais com as nervuras secundárias sub-paralelas.

A espécie ocorre de forma disjunta nas Antilhas, Colômbia e Venezuela, do Equador até o Peru, Ilhas Galápagos, parte do Paraguai e Argentina. No Brasil, distribui-se ao longo das florestas decíduas e semidecídas das regiões nordeste (Bahia, Ceará, Paraíba e Pernambuco) e centro-oeste (Mato Grosso do Sul) (Ireland & Pennington 1999). Esta é a primeira citação da espécie no Rio Grande do Norte, onde foi encontrada apenas em uma área de floresta decídua sobre solos aluviais.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Macaíba, Escola Agrícola de Jundiaí, 24.II.1999, fl., *L.A. Cestaro 99-83* (UFRN).

Material adicional examinado: BRASIL, Pernambuco: Petrolina, Margem do Rio São Fracisco, 06.II.1984, fl. e fr., *G. Fotius 3752* (HUEFS).

18. Indigofera L., Sp. Pl. 2: 751. 1753.

Indigofera pode ser reconhecido pelo hábito herbáceo ou subarbustivo, presença de tricomas malpiguiáceos principalmente nos folíolos, folhas imparipinadas 5-11-folioladas e inflorescência racemosa. O gênero também caracteriza-se pelas flores com antese explosiva, pétalas lilás ou vermelhas, androceu diadelfo (9+1), anteras com conectivo apendiculado e fruto legume.

Estudos filogenéticos recentes com base em dados morfológicos e moleculares apontam para o monofiletismo de *Indigofera* na tribo Indigofereae (Schrire et al. 2009). O gênero possui ca. 750 espécies e distribuição pantropical. Pelo menos 550 espécies ocorrem na África e Ásia, e apenas 15 na América do Sul (Schrire 2005b, Schrire et al. 2009). Na área de estudo, foram encontradas três espécies.

18.1 Indigofera hirsuta L., Sp. Pl. 2: 751. 1753.

Subarbusto ascendente ca. 0,6 m alt., ramos hirsutos. Estípulas 5-8 mm compr., subuladas a filiformes, não-peltadas. Folhas 5-7-folioladas; pecíolo 12-26 mm compr.; raque 0,9-5,2 cm compr.; estipelas 0,5-1 mm compr.; folíolos 1,3-3,5 × 1,5-2 cm, opostos, obovais, ápice arredondado a truncado, raramente emarginado, base cuneada, venação camptódroma, pilosos em ambas as faces, tricomas malpiguiáceos presentes. Racemos axilares, 12-28 cm compr., mais longos que as folhas adjacentes; pedicelo ca. 1 mm compr.; brácteas ca. 3 × 0,2 mm, estreitamente triangulares, hirsutas, margem ciliada; bractéolas ausentes. Flores 6-6,5 mm compr.; cálice 2-4 × 7 mm, amplamente campanulado, hirsuto, 5-laciniado, lacínias 2-4 mm compr., as superiores levemente maiores; pétalas avermelhadas; estandarte 4-5 × 4,8-5,5 mm, oblongo a orbicular, face externa pubescente; alas 5,4-6 × 2-2,8 mm; pétalas da carena 4-5 × 1,8-2 mm, calcaradas; androceu ca. 5 mm compr., anteras isomórficas; gineceu ca. 4 mm compr., estípite ca. 0,2 mm compr., ovário 4-4,5 mm compr., piloso, estilete ca. 2,5 mm compr., quase ereto, piloso na base e glabro no ápice. Legume 10-12 × 1-2 mm, reto, linear, ferrugíneo-hirsuto, margens retas. Sementes 7, ca. 1,5 × 1,5 mm, trapezoidais, nigrescentes, superfície rugosa.

Espécie caracterizada pelas folhas 5-7-folioladas, inflorescências alongadas, medindo até 28 cm compr., pétalas avermelhadas e frutos lineares com indumento ferrugíneo-hirsuto. Possui distribuição pantropical (Schrire et al. 2009). No Rio Grande do Norte, a espécie é frequentemente encontrada em ambientes alterados com solo arenoso e matas ciliares.

Material selecionado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Parnamirim, 22.IX.2005, fl. e fr., *A. Ribeiro165* (MOSS, UFRN); Natal, Campus da UFRN, 30.VII.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus 195* (UFRN); *ibid*., Parque Estadual das Dunas do Natal, 01.IV.1981, fl., *Projeto Parque das Dunas s.n.* (MOSS 2337).

18.2 Indigofera microcarpa Desv., J. Bot. Agric. 3: 79. 1814.

Figuras 3D, 7h

Erva prostrada, raramente ascendente, ca. 0,5 m alt., ramos glabrescentes a pilosos. Estípulas 3-4 mm compr., subuladas, não-peltadas. Folhas 7-11-folioladas; pecíolo 1,5-3 mm compr.; raque 1-1,4 cm compr.; estipelas incospícuas; folíolos 0,4-1 × 0,2-0,5 cm, opostos, obovais, ápice obcordado a truncado, base cuneada, venação hifódroma, pilosos ou seríceos em ambas as faces, face abaxial com pontuações glandulares douradas e tricomas malpiguiáceaos. Racemos axilares, 1,8-6 cm compr., mais curtos do que as folhas adjacentes; pedicelo ca. 0,5 mm compr.; brácteas ca. 2 × 0,2 mm, estreitamente triangulares, pubescentes, margem ciliada; bractéolas

ausentes. Flores 4-5 mm compr.; cálice 2,6-3 × 5 mm, amplamente campanulado, densamente pubescente, 5-laciniado, lacínias ca. 2 mm compr.; pétalas róseas a lilás; estandarte 4-4,5 × 2,8-3 mm, oboval, face externa pubescente; alas ca. 3 × 1 mm; pétalas da carena ca. 3 × 1 mm, não-calcaradas; androceu 1,8-2,6 mm compr., anteras isomórficas; gineceu ca. 2 mm compr., ovário ca. 1 mm compr., séssil, densamente pubescente, estilete ca. 1 mm compr., levemente curvado, glabro. Legume 6-10 × 1,5-2 mm, globoso, constrito entre as sementes, densamente pubescente e com pontuações glandulares amareladas. Sementes não observadas.

Ervas prostradas ou ascendentes, folhas 7-11-folioladas, face abaxial dos folíolos com pontuações glandulares douradas, flores róseas a lilás-claro, pétalas da carena não-calcaradas, fruto globoso e constricto entre as sementes são caracteres diagnósticos da espécie.

Indigofera microcarpa é amplamente distribuída na região neotropical e Ásia (Schrire et al. 2009). Neste estudo a espécie foi coletada nas margens de lagoas com solos arenosos e úmidos ou à beira de estradas.

Material selecionado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Arês, 11.V.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus et al. 163* (UFRN); Extremoz, APA Jenipabu, 26.IX.2011, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus et al. 29* (UFRN); Natal, APA Capim Macio, 01.VII.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus et al. 183* (UFRN); Nísia Floresta, 08.IX.1953, fl., *S. Tavares 291* (HST); Tibau do Sul, Dunas de Tibau, *R.C. Oliveira 1799* (MOSS, UFRN).

18.3 Indigofera suffruticosa Mill., Gard. Dict., ed. 8, n. 2. 1768.

Subarbusto ereto ca. 0,8 m alt., ramos seríceos. Estípulas 4,5-6 mm compr., filiformes, não-peltadas. Folhas 11-17-folioladas; pecíolo 20-23 mm compr.; raque 5,8-7,3 cm compr.; estipelas 0,5-1 mm compr.; folíolos 1,6-2,2 × 0,7-0,9 cm, elípticos, ápice agudo a apiculado, base aguda, venação camptódroma, densamente seríceas em ambas as faces, presença de tricomas malpiguiáceos. Racemos axilares, 3,5-5,8 cm compr.; pedicelo ca. 1 mm compr.; bráctea ca. 1,5 × 0,2 mm, estreitamente triangular, pubescente, margem ciliada; bractéolas ausentes. Flores ca. 4 mm compr.; cálice 1,8-2,5 × 2,5-3,8 mm, campanulado, pubescente, 5-laciniado, lacínias 1-1,4 mm compr.; pétalas róseas; estandarte 4 × 2,5-3 mm, oval a suborbicular, face externa pubescente; alas ca. 3 × 0,8 mm; pétalas da carena ca. 4 × 1 mm, calcaradas; androceu ca. 3 mm compr., anteras isomórficas; gineceu ca. 3 mm compr., ovário ca. 2,4 mm compr., séssil, pubescente, estilete ca. 0,8 mm compr., quase ereto, pubescente. Legume 15-20 × 2 mm, falcado, densamente pubescente. Sementes 1-1,6 × 1 mm, quadrangulares, amarronzadas, superfície rugosa.

Espécie reconhecida pelo hábito subarbustivo com ramos eretos, folhas 13-17-folioladas, folíolos ásperos, recobertos por tricomas seríceos em ambas as faces, inflorescências mais curtas do que as folhas adjacentes e fruto fortemente falcado.

Indigofera suffruticosa possui distribuição pantropical (Schrire et al. 2009). No Rio Grande do Norte, a espécie foi coletada em área de Mata Atlântica interiorana com altitudes superiores a 700 m.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Martins, 14.IV.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus et al. 130* (UFRN).

19. Machaerium Pers., Syn. Pl. 2: 276. 1807.

O gênero pode ser reconhecido pelo hábito arbóreo ou arbustivo escandente, folhas imparipinadas, plurifolioladas, estípulas geralmente modificadas em espinhos, estipelas ausentes, e sâmaras com núcleo seminífero basal e ala apical.

Estudos filogenéticos apontaram para o monofiletismo de *Machaerium* na tribo Dalbergieae, sendo mais próximo filogeneticamente ao grupo *Aeschynomene* sect. *Ochopodium* (Ribeiro et al. 2007). *Machaerium* possui aproximadamente 130 espécies na região Neotropical e apenas uma espécie ocorrendo na costa oeste da África (Klitgaard & Lavin 2005). O Brasil é considerado o centro de diversidade, apresentando 71 espécies (Filardi 2012). Na área de estudo, o gênero foi representado por apenas uma espécie.

19.1 Machaerium hirtum (Vell.) Stellfeld, Tribuna Farm. 12: 132. 1944.

Figuras 3E, 7i-l

Árvore 6-8 m alt., ramos densamente pubescentes e fissurados, presença de exsudato avermelhado quando cortados. Estípulas modificadas em espinhos 4-5,5 mm compr., triangulares. Folhas 37-45 folioladas; pecíolo 2-3 compr.; raque 4,7-6,2 cm compr.; folíolos 1-1,2 × 0,3 cm, alternos a sub-opostos, oblongo-elípticos, ápice retuso, base obtusa, venação craspedódroma, discolores, face adaxial glabrescente, verde escuro brilhante, face abaxial esparsamente pubérulo, tricomas adpressos. Racemos axilares ou terminais, 6-12 cm compr.; pedicelo 2-4 mm compr.; brácteas não observadas; bractéolas 1,8-2,2 × 2-2,4 mm, ovais. Flores 10-13 mm compr.; cálice ca. 5 × 9,5 mm, amplamente campanulado, esparsamente pubérulo, 5-laciniado, lacínias 0,4-1 mm compr.; pétalas violáceas; estandarte 9-12,5 × 9-11 mm, com mácula creme, oval, ápice fendido, seríceo na face externa; alas 10-11 × 2,5-4,5 mm; pétalas da carena 8,4-8,5 × 3,2-3,5 mm; androceu monadelfo (10), 7-8 mm compr., anteras isomórficas; gineceu 7-7,5 mm compr., estípite ca. 1 mm compr., ovário 3,2-4 mm compr., piloso, estilete 2-3 mm compr., ereto, seríceo desde a base até a metade e glabro no ápice. Sâmara cultriforme, 4 × 0,8-1,4 cm, núcleo seminífero basal e ala apical, estípite 6-8 mm compr., esparsamente pubescente, reticulada, avermelhada na base e amarela em direção ao ápice. Sementes não observadas.

Machaerium hirtum é facilmente reconhecida pelo hábito arbóreo, presença de exsudato avermelhado nos ramos quando cortados, estípulas espinescentes e sâmara cultriforme com ala apical.

A espécie é amplamente distribuída no Brasil, com ocorrência em todas as regiões (Filardi 2012). No Rio Grande do Norte, a espécie foi observada associada às florestas estacionais semideciduais.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Arês, 11.V.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus et al. 161* (UFRN); Goianinha, estrada para Tibau do Sul, 24.XI.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus et al. 224* (UFRN); São José de Mipibú, 13.I.1965, fl. e fr., *S. Tavares 1226* (HST; IPA).

20. Macroptilium (Benth.) Urb., Symb. Antill. 9(4): 457. 1928.

Gênero reconhecido pelo hábito herbáceo ou subarbustivo, folhas trifolioladas, pseudoracemos nodosos, flores com as alas maiores em comprimento e largura que as demais pétalas, carena torcida lateralmente, androceu diadelfo (9+1) com o vexilar geniculado, estilete barbado e fruto legume.

Macroptilium faz parte da tribo Phaseoleae, aparecendo relacionada filogeneticamente ao grupo Phaseolinae (Schrire 2005d, Delgado-Salinas et al. 2011). O gênero é constituído por 17 espécies, distribuídas desde o sudeste dos Estados Unidos até o norte da Argentina (Delgado-Salinas & Lewis 2008). No Brasil, são registradas 10 espécies associadas aos mais variados tipos vegetacionais, principalmente em caatinga, cerrado, restinga, dunas litorâneas e região amazônica (Fevereiro 1987). Na área de estudo, foram registradas quatro espécies.

20.1 Macroptilium atropurpureum (Moq. & Sessé *ex* DC.) Urb., Symb. Antill. 9: 457. 1928.

Figura 3F

Erva prostrada, ramos vilosos. Estípulas 2,5-5 mm compr., triangulares a deltoides, não-peltadas. Folhas trifolioladas; pecíolo 0,9-2,3 cm compr.; raque 0,3-0,4 cm compr.; estipelas 0,5-1 mm compr.; folíolos 1,8-3,9 × 1,3-2,9 cm, lobados, ovais, ápice obtuso, agudo ou emarginado, base obtusa, os laterais assimétricos, venação broquidódroma, face adaxial esparsamente pubescente a pilosa com tricomas adpressos, face abaxial serícea. Pseudoracemos axilares, 11-22 cm compr.; pedicelo 0,3-1 mm compr.; fascículo de brácteas na porção basal ou a ca. 3 mm da base do pedúnculo, brácteas 5-6,5 × 1-1,5 mm, oval-lineares, pilosas; bractéolas 2,5-4 mm compr., lineares. Flores 19-23 mm compr.; cálice 7-8,5 × 11 mm, tubuloso, seríceo, 5-laciniado, lacínias 2-2,5 compr., menores que o tubo, a vexilar triangular-deltoide, as laterais e a carenal levemente maiores e triangulares; pétalas atropurpúreas; estandarte 16 × 12-12,5 mm, esverdeado com máculas atropurpúreas, suborbicular, ápice emarginado, glabro em ambas as faces, com um par de apêndices alongados desde a base até o início da unguícula; alas 23-26 × 13-15 mm; pétalas da carena 14 × 2,5-3 mm; androceu 16-19 mm compr., anteras isomórficas; gineceu 16-17,5 mm compr., ovário 6,5-8 mm compr., séssil, seríceo, estilete 11,5-12,5 mm compr., recurvado. Legume 4,5-7,2 × 0,2-0,3 cm; linear, vilosos, margens retas. Sementes 9-12, 4 × 3 mm oblongos, marrom escuro com máculas nigrescentes.

Macroptilium atropurpureum diferencia-se das outras espécies por apresentar os folíolos geralmente lobados com os laterais assimétricos e inflorescência com um fascículo de brácteas na porção basal ou a ca. 3 mm da base do pedúnculo. Esta espécie compartilha com *M. lathyroides* as flores com pétalas atropurpúreas, sendo o estandarte com um par de apêndices alongados desde a base até o início da unguíncula. No entanto, *M. atropurpureum* diferencia-se de *M. lathyroides* principalmente pelo estandarte esverdeado (*vs.* estandarte atropurpúreo).

Espécie considerada subespontânea no Brasil, podendo ocorrer em campos abertos e borda de florestas na Bahia, Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná (Moreira 1997). Na área de estudo, a espécie foi encontrada ao longo de estradas e terrenos baldios.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Arês, 11.V.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus et al. 164* (UFRN); Natal, APA Capim Macio, 01.VII.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus et al. 192* (UFRN); *ibid*., Parque da Cidade, *M.I.B. Loiola 1018* (UFRN); Nísia Floresta, Tabatinga, 26.VIII.2012, fl., *W.M.B. São-Mateus et al. 204* (UFRN).

20.2 Macroptilium gracile Urb., Symb. Antill. 9(4): 457. 1928.

Erva volúvel, ramos vilosos com tricomas esbranquiçados. Estípulas 2,5-5 mm compr., estreitamente triangulares, não-peltadas. Folhas trifolioladas; pecíolo 1,8-3,1 cm compr.; raque 0,4-0,7 cm compr.; estipelas ca. 1 mm compr.; folíolos 2,8-3,9 × 1,4-1,9 cm, romboides a lanceolados, margem levemente revoluta, porção basal geralmente lobada, ápice agudo e mucronulado, base truncada a cordada, os laterais assimétricos, venação broquidódroma, vilosa em ambas as faces. Pseudoracemos axilares, 25-29 cm compr.; pedicelo 0,5-0,8 mm compr.; brácteas 2,5-3 mm compr., lineares, pilosas; bractéolas ca. 2,5 mm compr., ovais. Flores ca. 13 mm compr.; cálice 4-4,5 × 6,5 mm, tubuloso, esparsamente pubescente, 5-laciniado, lacínias 1-1,6 mm compr., menores do que o tubo, a vexilar deltoide, as laterais e a carenal levemente maiores e triangulares; pétalas avermelhadas; estandarte ca. 13,5 × 9 mm, oblongo-oboval, ápice emarginado-mucronulado, glabro em ambas as faces, com um par de apêndices alongados desde a base até o início da unguícula; alas ca. 20 × 10 mm; pétalas da carena ca. 15,5 × 2 mm; androceu 12-14 mm compr., anteras isomórficas; gineceu ca. 17 mm compr., ovário ca. 8 mm compr., séssil, seríceo, estilete ca. 9 mm compr., recurvado. Legume 5,9-7 × 0,2-0,3 cm; linear, esparsamente seríceo, margens retas. Sementes não observadas.

Herbácea volúvel com ramos delgados, folíolos vilosos, sendo o terminal estreitamente lanceolado a ligeiramente romboidal e com base lobada, inflorescências longas (25-29 cm compr.) e flores com as pétalas avermelhadas são caracteres diagnósticos de *Macroptilium gracile*. Além disso, a espécie apresenta folíolos com a margem levemente revoluta.

Ocorre na América Central e do Sul. No Brasil, a espécie é amplamente distribuída, ocorrendo em áreas de caatinga, cerrado e florestas úmidas com ambientes sombreados (Fevereiro 1987). No Rio Grande do Norte, foi coletada na restinga arbustiva.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Natal, APA Capim Macio, 01.VII.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus et al. 191* (UFRN); *ibid.*, 02.X.1980, fl. e fr., *A. Trindade s.n.* (UFRN 1260).

20.3 Macroptilium lathyroides (L.) Urb. Symb. Antill. 9(4): 457. 1928.

Subarbustos eretos, 0,5-0,8 m alt., ramos glabrescentes e estriados. Estípulas 4-7,5 mm compr., triangular-lanceoladas a subuladas, não-peltadas. Folhas trifolioladas; pecíolo 1-5 cm compr.; raque 0,4-1,2 cm compr.; estipelas ca. 2 mm compr.; folíolos (2-)2,6-5 × 1,2-2,9 cm, ovais a oval-triangulares, ápice obtuso a agudo, base aguda a arredondada, os laterais simétricos, venação broquidódroma, face adaxial glabrescente com tricomas esparsos e seríceos somente ao longo da nervura central, face abaxial pubescente. Pseudoracemos axilares, 30-50 cm compr.; pedicelo 0,5-1 mm compr.; brácteas somente nas flores apicais, 5-6 × 0,5-1 mm, lineares, pubescentes; bractéolas 2-3,5 mm compr., lineares. Flores 22-24 mm compr.; cálice 6-7 × 7-7,5 mm, tubuloso, esparsamente pubérulo, com pontuações negras, 5-laciniado, lacinias 1-2 mm compr., menores que o tubo, a vexilar triangular, as laterais e a carenal levemente maiores e triangulares; pétalas atropurpúreas; estandarte 14-16 × 9-10 mm, oblongo-oboval, ápice emarginado-mucronulado, glabro em ambas as faces, com um par de apêndices alongados desde a base até o início da unguícula; alas 25-26 × 12-13 mm; pétalas da carena 20,5 × 2,5-3 mm; androceu 15-16,5 mm compr., anteras isomórficas; gineceu 17,5-18,5 mm compr., ovário 10-11 mm compr., séssil, seríceo, estilete ca. 7,5 mm compr., recurvado. Legume 7,9-11,6 × 0,2 cm, linear, esparsamente seríceo, margens retas. Sementes 17-25, ca. 3 × 2 mm, quadrangulares, marrom claro com máculas nigresecentes.

Macroptilium lathyroides pode ser reconhecida pelo hábito subarbustivo com ramos estriados, folíolos simétricos, inflorescências alongadas (30-50 cm alt.), flores com as pétalas atropurpúreas e principalmente pelas brácteas inseridas somente nas flores apicais.

A espécie distribui-se na América Tropical. No Brasil, ocorre desde a região Sul até a região Amazônica, em locais antropizados, à beira de estradas, borda de mata e leito de rios (Fevereiro 1987, Moreira 1997). No Rio Grande do Norte, a espécie foi encontrada em florestas semideciduais de terras baixas, matas ciliares, borda de mata e ambiente antropizado.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Ceará-Mirim, 20.V.2003, fl. e fr., *M.I.B. Loiola 798* (UFRN); Macaíba, Escola Agrícola de Jundiaí, 10.II.2012, fl. e fr., *J.L. Costa-Lima et al. 632* (UFRN); Natal, Parque da Cidade, 27.VI.2007, fl. e fr., *M.I.B. Loiola 1091* (UFRN); Natal, 17.V.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus 167* (UFRN); Nísia Floresta, 24.IX.1984, fl. e fr., *A. Dantas 55* (UFRN); Parnamirim, 11.III.2006, fl., *A. Ribeiro 245* (UFRN).

20.4 Macroptilium panduratum (Benth.) Maréchal & Baudet, Bull. Jard. Bot. Natl. Belg. 47: 257. 1977.

Figuras 7m-q

Erva prostrada, ramos pilosos. Estípulas 3-3,5 mm compr., ovais, não-peltadas. Folhas trifolioladas; pecíolo 2,5-12,5 cm compr.; raque 0,2-0,8 cm compr.; estipelas 2-4 mm compr.; folíolos 3-5 × 2,6-4,6 cm, ovais a suborbiculares, ápice truncado a arredondado, base aguda, os laterais assimétricos, margem crenada, venação actinódroma, velutina em ambas as faces. Pseudoracemos axilares, 15-22,5 cm compr.; pedicelo 2-4 mm compr.; brácteas 3-4 × 0,5-1 mm, ovais, vilosas; bractéolas ca. 2 mm compr., filiformes. Flores 17-19 mm compr.; cálice 6-6,5 × 7,5 mm, tubuloso, piloso, 5-laciniado, lacínias 2,7-3,2 compr., do mesmo tamanho do tubo, a vexilar, as laterais e a carenal mais ou menos do mesmo compr. e subuladas; pétalas roxas; estandarte 12-14 × 10-12 mm, suborbicular, ápice emarginado, glabro em ambas as faces, com um par de apêndices transversais na base da unguícula; alas 19-20,5 × 12-14 mm; pétalas da carena ca. 17 × 3,5 mm; androceu 14-16 mm compr., anteras isomórficas; gineceu 17-19 mm compr., ovário subséssil, 4-5 mm compr., piloso, estilete 13-15 mm compr., recurvado. Legume 3,6 × 0,3-0,4 cm, linear-oblongo, piloso, margens sinuosas. Sementes não observadas.

Ervas prostradas com ramos pilosos, folíolos ovais a suborbiculares com a margem crenada e indumento velutino, flores com as pétalas roxas e frutos menores (ca. 3,6 cm compr.) em relação aos frutos das outras espécies são caracteres diagnósticos para reconhecer *Macroptilium panduratum*.

Ocorre somente na Argentina e no Brasil, onde distribui-se na região nordeste e no estado do Rio de Janeiro, geralmente em florestas de restinga, dunas e próximo a leito de rios temporários na caatinga (Fevereiro 1987, Queiroz 2009). No Rio Grande do Norte, a espécie é comumente encontrada em campos de restinga e principalmente associada às dunas.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Natal, Parque Estadual das Dunas do Natal, 06.VI.2010, fl. e fr., *J.G. Jardim 5796* (IPA, UFRN); *ibid.*, 17.V.2012, fl., *W.M.B. São-Mateus 166* (UFRN); Nísia Floresta, Tabatinga, 26.VII.2012, fl., *W.M.B. São-Mateus et al. 197* (UFRN); Tibau do Sul, 31.VIII.1984, fl., *M. Ataíde 580* (IPA, PEUFR).

21. Periandra Mart. *ex* Benth., Comm. Legum. Gen. 56. 1837.

Gênero reconhecido pelo hábito subarbustivo, folhas trifollioladas ou unifolioladas nos ramos basais, cálice amplamante campanulado, flores vistosas, ressupinadas e com as pétalas azuladas ou avermelhadas, estandarte com um par de calosidades na base, estilete curvo e fruto legume linear com rostro alongado.

Periandra pertence à tribo Phaseoleae como parte da subtribo Clitoriinae (Schrire 2005d). Gênero constituído por apenas seis espécies com distribuição na América do Sul (Funch & Barroso 1999). Na Mata Atlântica do Rio Grande do Norte, foi encontrada apenas *Periandra mediterranea*.

21.1 Periandra mediterranea (Vell.) Taub., Nat. Pflanzefman. Abt. 3 (3): 359. 1894.

Figuras 3G, 7r-s

Subarbustos 1,5-2 m alt., ramos glabrescentes e lenticelados. Estípulas ca. 3 mm compr., ovais, não-peltadas. Folhas trifolioladas ou unifolioladas nos ramos basais; pecíolo 2-7,5 mm compr.; raque 0,2-0,4 cm compr.; estipelas 1,5-2 mm compr.; folíolos 2,3-7,4 × 1,2-2,6 cm, ovais, lanceolados e oblanceolados, ápice mucronulado, emarginado, raramente arredondado, base arredondada a obtusa ou aguda, venação broquidódroma, face adaxial glabra, face abaxial pulverulenta com tricomas seríceos somente ao longo das nervuras. Racemos terminais ou axilares, 2,9-4,2 cm compr.; pedicelo 3-9 mm compr.; brácteas 2-3 × 2 mm, ovais, esparsamente pubescentes; bractéolas 3-5 × 3-4 mm, ovais. Flores 2,7-3,6 cm compr.; cálice 5-7 × 9 mm, pubescente, 5-laciniado, lacínias 1-3 mm compr., do mesmo tamanho ou maiores que o tubo, a carenal mais alongada e a vexilar bidentada; pétalas lilás-escuro; estandarte 34-37 × 33-36,5 mm, orbicular, não-calcarado, com a porção mediana branca, pubérulo na face externa; alas 27-32 × 13,5-16 mm; pétalas da carena 29-35 × 12-14 mm; androceu diadelfo (9+1), 26-31 mm compr., anteras isomórficas; gineceu 32-36 mm compr., ovário 12-14 mm compr., séssil, piloso, estilete 18-24 mm compr., cilíndrico, piloso na base e glabro no ápice, estigma penicilado. Legume 9-9,8 × 0,8-1 cm, estípite ca. 4 mm compr., linear, rostro 0,6-1 cm compr., esparsamente pubescente, margens retas. Sementes 4-6, 4-5 × 3-4 mm, suborbiculares, nigrescentes.

Periandra mediterranea possui hábito subarbustivo com ramos eretos, folhas trifolioladas, ou unifolioladas na base, folíolos com formato variável, desde oval a lanceolado ou oblanceolado, racemos terminais ou raramente axilares, pétalas lilás, estandarte não-calcarado e fruto legume compresso com as margens espessadas.

Espécie amplamente distribuída no Brasil, encontrada geralmente nas florestas de restinga, campos rupestres e cerrado (Funch & Barroso 1999). No Rio Grande do Norte, foi coletada em restinga subarbustiva aberta e áreas savânicas.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Canguaretama, estrada próximo à rodovia BR-101 limite RN-PB, 30.VI.2012 fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus* et al. *172* (UFRN); Baía Formosa, Mata Estrela, 10.IX.2011, fl. e fr., *J.L. Costa-Lima & W.M.B. São-Mateus 574* (UFRN).

22. Pterocarpus Jacq., Select. Stirp. Amer. Hist. 283. 1763.

Pterocarpus pode ser reconhecido pelo hábito arbóreo, presença de exudato vermelho nos ramos quando cortados, folhas alterno-espiraladas, 5-11-folioladas, folíolos alternos não-estipelados, flores com pétalas amarelas, enrugadas e futo sâmara com núcleo seminífero central.

O gênero faz parte da tribo Dalbergieae como parte do clado Pterocarpus, geralmente caracterizado pelas bractéolas caducas (Lavin et al. 2001). Possui distribuição pantropical e é constituído por ca. 22 espécies (Rojo 1972), das quais oito ocorrem no Brasil (Lima 2013). No Rio Grande do Norte, foi encontrada apenas uma espécie.

22.1 Pterocarpus rohrii Vahl, Symb. Bot. 2: 79. 1791.

Figuras 8a-c

Árvore 10-22 m alt., ramos glabros, lenticelados, presença de exsudado avermelhado quando cortados. Estípulas não observadas. Folhas 5-9-folioladas; pecíolo 2,2-2,7 cm compr.; raque 2,4-6,6 cm compr.; estipelas ausentes; folíolos 4,2-7,7 × 2,5-4,5 cm, fortemente alternos, ovais a largamente elípticos, raramente orbiculares, ápice levemente acuminado, base obtusa, venação broquidódroma, nervuras secundárias e teciárias reticulada e conspícua, face adaxial glabra e face abaxial glabrescente com tricomas diminutos e adpressos somente na nervura principal. Racemos axilares, 7,5-8,2 cm compr.; pedicelo 2-8 mm compr.; brácteas e bractéolas não observadas. Flores 10-14 mm compr.; cálice ca. 8 × 10 mm, amplamente campanulado, densamente tomentoso, 5-laciniado, lacínias 1,4-2 mm compr., menores do que o tubo; pétalas amarelas com máculas vináceas, enrugadas; estandarte 10-11,5 × 10 mm, orbicular, ápice retuso, glabro em ambas as faces; alas ca. 11 × 6 mm; pétalas da carena ca. 8,5 × 4 mm; androceu monadelfo (10), 8-9 mm compr., anteras isomórficas; gineceu 7,5-9 mm compr., ovário 2-2,5 mm compr., séssil, pubescente com tricomas adpressos, estilete 5-6,5 mm compr., ereto, tricomas adpressos desde a base até a metade e glabro no ápice. Sâmara 4-5,9 × 2,8-4 cm, séssil, suborbicular, ápice acuminado, glabrescente a esparsamente pubérula, margem levemente ondulada. Sementes não observadas.

A espécie pode ser reconhecida pelo porte arbóreo com as folhas imparipinadas com cinco a nove folíolos, flores amarelas com máculas vináceas na porção mediana e legume sâmara suborbicular. Além disso, *Pterocarpus rohrii* caracteriza-se também pelas inflorescências mais curtas que as folhas adjacentes.

A espécie distribui-se desde o México até a Bolívia e Brasil ao longo do litoral e nos estados do Pará, Minas Gerais e Paraná geralmente associada a locais inundados e florestas secas (Rojo 1972). No Rio Grande a espécie foi coletada em área de restinga arbórea e floresta estacional semidecidual.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Natal, Parque Estadual das Dunas do Natal, 21.IV.2010 fl., *J.G. Jardim 5654* (HST, UFRN); *ibid.*, 25.IX.2012 fr., *W.M.B. São-Mateus & J.G. Jardim 220* (UFRN) Parnamirim, Mata do Jiqui, 13.II.2001 fl., *L.A. Cestaro 001-47* (IPA).

23. Rhynchosia Lour., Fl. Cochinch. 425, 460. 1790.

São herbáceas, trepadeiras ou lianas com as folhas trifolioladas, os folíolos com pontuações glandulares, bractéolas ausentes, pétalas frequentemente amarelas, estandarte oboval com um par de aurículas inflexas, estilete dilatado no ápice e fruto legume com apenas duas sementes.

Tradicionalmente *Rhynchosia* faz parte da tribo Phaseoleae, mas aparecendo filogeneticamente no clado Cajaninae (Schrire 2005d). O gênero possui distribuição pantropical e é constituído por ca. 230 espécies (Schrire 2005d). Nas Américas são registradas ca. 51 espécies, das quais pelo menos 20 ocorrem na América do Sul (Grear 1978, Schrire 2005d). Neste estudo foram registradas duas espécies.

23.1 Rhynchosia minima (L.) DC., Prodr. 2: 385. 1825.

Figura 3H

Trepadeira herbácea ou escandente, ramos pilosos. Estípulas 2-3,5 mm compr., linear a linear-triangulares, não-peltadas. Folhas trifolioladas; pecíolo 1,9-3 cm compr.; raque 0,5-0,6 cm compr.; estipelas ca. 0,5 mm compr.; folíolos 2,2-4,3(-6,2) × 1,9-3,9(-5) cm, oval-romboidais a romboidais ou suborbiculares, ápice agudo a acuminado, base obtusa, venação actinódroma, pubescentes em ambas as faces. Racemos axilares, 10-18,5 cm compr.; pedicelo ca. 1 mm compr.; brácteas não observadas. Flores 4-7 mm compr.; cálice 3,8-5 × 5 mm, campanulado, pubescente a piloso, com pontuações glandulares, 5-laciniado, lacínias maiores que o tubo, as laterais e a vexilar 1,5-2 mm compr., a carenal 3-3,5 mm; pétalas amarelas; estandarte 6-7 × 4-4,5 mm, oboval a orbicular, ápice mucronulado, face externa pubescente e com pontuações glandulares; alas 5-6 × 2 mm; pétalas da carena 6-7 × 1,5-2 mm; androceu diadelfo (9+1), 5,5-6 mm compr., anteras isomórficas; gineceu 6-7 mm compr., ovário 2-3 mm compr., subséssil, seríceo, estilete 4-4,5 mm compr., levemente recurvado no ápice, glabro. Legume 1-1,6 × 0,3-0,4 cm; reto, sem constrição entre as sementes, oblongo, piloso, pontuações glandulares amareladas, margens sinuosas. Sementes 2, 3-3,5 × 2-2,5 mm, reniformes, esverdeadas.

Rhynchosia minima diferencia-se de *R. phaseoloides* por apresentar folíolos pubescentes na face abaxial, inflorescências 2-4 vezes o comprimento das folhas, lacínias do cálice mais longas que o tubo e frutos compressos com as sementes esverdeadas e reniformes.

Espécie pantropical sendo amplamente distribuída nas Américas principalmente em ambientes degradados (Grear 1978). No Brasil, ocorre nos estados do Amazonas, Pará, Mato Grosso, Goiás, Mato Grosso do Sul, Ceará, Paraíba, Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro e Paraná (Fortunato 2012). No Rio Grande do Norte, a espécie foi coletada na restinga subarbustiva e ambiente antropizado.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Martins, 29.IV.2012, fl. e fr., *J.G. Jardim et al. 6207* (UFRN); Natal, Parque Estadual das Dunas do Natal, 20.VIII.2007, fl., *M.I.B. Loiola 1127* (UFRN); *ibid*., 05.IV.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus 116* (UFRN).

23.2 Rhynchosia phaseoloides (Sw.) DC., Prodr. 2: 385.1825.

Figuras 8d-e

Trepadeiras, ramos tomentosos e canescentes. Estípulas ca. 4 mm compr., ovais, não-peltadas. Folhas trifolioladas; pecíolo 2,5-5,4 cm compr.; raque 1-1,9 cm compr.; estipelas não observadas; folíolos 3,5-9,3 × 2,8-6,5 cm, oval a romboidais, ápice longamente apiculado, base obcordada a truncada, venação actinódroma, face adaxial esparsamente pubescente, face abaxial densamente tomentosa e canescente. Racemos axilares, 9-18 cm compr., tomentosos e canescentes; pedicelo ca. 1 mm compr.; brácteas 2,5-3 × 2,5 mm, ovais, pilosas. Flores 4-6 mm compr.; cálice 2,5-3 × 3 mm, amplamente campanulado, pubescente e com pontuações glandulares, 5-laciniado, lacínias laterais e vexilar ca. 1 mm compr., mais curtas que o tubo, a carenal ca. 2 mm compr.; pétalas amarelas; estandarte 4-6 × 3-4 mm, oboval a orbicular ápice emarginado, face externa adpresso-pubescente; alas 4-5 × 1 mm; pétalas da carena 4,5-7 × 2 mm; androceu diadelfo (9+1), 5-6 mm compr., anteras isomórficas; gineceu ca. 6,5 mm compr., ovário ca. 2,5 mm compr., subséssil, seríceo, estilete ca. 4,5 mm compr., levemente recurvado no ápice, esparsamente pubescente. Legume 1,5-1,9 × 0,65-0,8 cm, constrito entre as sementes, ferrugíneo-tomentoso, margens onduladas. Sementes 2, 5-5,5 × 4 mm, orbiculares, negras e vermelhas desde o hilo até ca. de 2/3 da semente, testa lisa.

Rhynchosia phaseoloides caracteriza-se principalmente pelo hábito lianescente, face abaxial dos folíolos e eixo da inflorescência tomentosos e canescentes, fruto constrito com tricomas ferrugíneos e sementes bicolores vermelho e preto.

A espécie distribui-se desde a América Central até a Bolívia e todas as regiões do Brasil, podendo ser encontrada em ambientes com solo arenoso e calcário, vegetação subarbustiva, savanas e também à beira de estradas, pastagens e áreas degradadas (Grear 1978). No Rio Grande do Norte, a espécie foi coletada em borda de mata.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Natal, Parque Estadual das Dunas do Natal, 27.VIII.1981, fl. e fr., *A. Trindade s.n.* (UFRN 971); *ibid*., s.d., fl. e fr., *Projeto Parque das Dunas s.n.* (MOSS 2341).

24. Sesbania Scop., Introd. Hist. Nat. 308. 1777.

Sesbania pode ser reconhecido pelo hábito arbustivo com ramos estriados, folhas pinadas plurifolioladas, folíolos oblongos, racemos axilares com as flores alongadas e amarelas, e fruto legume linear com as margens sinuosas.

O gênero faz parte da tribo monogenérica Sesbanieae, que é filogeneticamente relacionada com a tribo Loteae no grupo Robinioide (Wojciechowski et al. 2004). *Sesbania* possui distribuição pantropical e aproximadamente 60 espécies (Lavin & Schrire 2005), das quais oito ocorrem no Brasil (Monteiro 1994). No Rio Grande do Norte, foi encontrada apenas uma espécie.

24.1 Sesbania exasperata Kunth, Nov. Gen. Sp. 6: 534. 1824.

Figuras 3I, 8f-g

Arbusto ca. 2 m alt., ramos estriados, glabros, pendentes, com exsudato translúcido. Estípulas ca. 13 mm compr., subuladas, não-peltadas. Folhas 38-52 folioladas; pecíolo 1-1,3 cm compr.; raque 9-20 cm compr.; estipelas 1-1,5 mm compr., lineares a estreitamente triangulares; folíolos 2-3 × 0,3-0,5 cm, opostos, oblongos a oblongo-lanceolados, ápice mucronulado, base aguda, venação broquidódroma, nervuras primárias e secundárias inconspícuas, pubérulos em ambas as faces. Racemos axilares, 9-13 cm compr.;

pedicelo 5-7 mm compr.; brácteas 8-10 × ca. 2 mm, subuladas, glabrescentes; bractéolas 4,5-6 × 2 mm, elípticas. Flores 2,3-2,6 cm compr.; cálice 7-11 × 14-18 mm, campanulado, glabro a esparsamente pubérulo, 5-laciniado, lacínias 2-2,5 mm compr.; pétalas amarelas com manchas e estriações avermelhadas; estandarte 20-23 × 15-20 mm, levemente oboval, com apêndices alongados desde a porção basal até o início da unguíncula, pubérulo em ambas as faces; alas 24-25 × 5-7 mm; pétalas da carena 23-24 × 8-8,5 mm; androceu diadelfo (9+1), 23-27 mm compr., anteras isomórficas; gineceu 21-23 mm compr., ovário 16-18 mm compr., séssil, glabro, estilete 5-6 mm compr., levemente curvado, glabro. Legume ca. 25 × 0,1 cm, estípite ca. 5 mm compr., linear, glabro, margens sinuosas. Sementes 38, ca. 4 × 2 mm, oblongas, esverdeadas.

Sesbania exasperata possui hábito arbustivo, ramos glabros e pendentes, folhas paripinadas, 38-52-folioladas, flores amarelas com manchas e estriações avermelhadas na face externa e legume linear com mais de 20 cm compr.

A espécie distribui-se na América Central e do Sul em ambientes frequentemente inundados (Monteiro 1994, Queiroz 2009). No Rio Grande do Norte, foi encontrada às margens de uma lagoa associada à restinga.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Natal, APA Capim Macio, 01.VII.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus 184* (UFRN).

25. Sophora L. Sp. Pl. 1: 373. 1753.

Gênero facilmente reconhecido pela combinação de folhas imparipinadas, cálice geralmente truncado ou com lobos inconspícuos, alas e pétalas da carena alongadas, ca. 5× mais longas do que largas, estames livres e fruto moniliforme.

Sophora faz parte da tribo Sophoreae e tem sido considerado um gênero polifilético em análises filogenéticas de dados moleculares (Pennington et al. 2001, Wojciechowski et al. 2004, Cardoso et al. 2013). Gênero constituído por ca. 50 espécies distribuídas principalmente nas florestas sazonalmente secas, florestas temperadas e dunas (Pennington et al. 2005). Na Mata Atlântica do Rio Grande do Norte, foi registrada apenas *Sophora tomentosa*.

25.1 Sophora tomentosa L., Sp. Pl., 1: 373. 1753.

Figuras 3J, 8h-j

Arbustos ca. 1,5 m alt., densamente ramosos. Estípulas não observadas. Folhas 9-13 folioladas; pecíolo 1,3-2,2 compr.; raque 4-9,6 cm compr.; folíolos 2-4 × 1,3-2,5 cm, opostos a subopostos, oval-elípticos, raramente orbiculares, ápice truncado a arredondado, base arredondada a curtamente atenuada, margem ligeiramente revoluta, venação eucamptódroma, face adaxial glabra, face abaxial esparsamente pubérula. Racemos terminais, 18-26 cm compr.; pedicelo 6-12 mm compr.; brácteas 3-4 × 0,3-0,5 mm, lineares, densamente pubescentes; bractéolas ausentes. Flores 18-23 mm compr.; cálice 6-9,5 × 12-16,5 mm, amplamente campanulado, densamente pubérulo, subtruncado a 5-lobado, mas os lobos inconspícuos, ca. 0,2 mm compr.; pétalas amarelas; estandarte 20-22 × 12-14 mm, largamente oval, ápice emarginado, glabro em ambas as faces; alas ca. 22 × 4 mm; pétalas da carena ca. 21 × 4 mm; estames (10), livres, 15-19 mm compr., anteras isomórficas; gineceu 18-20 mm compr., estípite ca. 4 mm compr., ovário ca. 12 mm compr., piloso, tricomas adpressos, estilete 4-5 mm compr., quase ereto, esparsamente seríceo desde a base até a metade do comprimento. Legume 5,5-10 × 0,6-0,8 cm, estípite 0,4-1 cm compr., moniliforme, densamente pubérulo, tricomas adpressos. Sementes 4-11.

Sophora tomentosa é facilmente reconhecida pelo hábito subarbustivo formando pequenas populações, folhas 9-13-folioladas, folíolos com as margens levemente revolutas, cálice amplamente campanulado, truncado ou com lobos diminutos e fruto legume moniliforme. Além disso, a espécie apresenta flores vistosas e amarelas, estames livres com filetes curtos e alongados. A espécie possui distribuição pantropical e no Brasil ocorre ao longo da costa leste em áreas de restinga sobre dunas (Pennington et al. 2005). No Rio Grande do Norte, foi coletada na restinga arbustiva aberta.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Natal, Restinga da Limpa, 10.IX.1953, fr., *S. Tavares 53-340* (HST, IPA); Rio do Fogo, Distrito de Zumbi, 20.I.2011, fl. e fr., *M.T.S. Ferreira 14* (UFRN).

26. Stylosanthes Sw., Prodr. 7: 108. 1788.

O gênero assemelha-se morfologicamente ao gênero *Zornia* por apresentar inflorescência espiciforme, fruto do tipo lomento, estames com anteras dimórficas e flores com pétalas amarelas a amarelo-alaranjadas. No entanto, diferencia-se pelas folhas trifolioladas, estípulas unidas, bidentadas no ápice, amplexicaules, com a base não-peltada e adnadas à base do pecíolo, e frutos com um a dois artículos (*vs*. folhas 2 ou 4-folioladas, estípulas inteiras com base peltada e fruto com mais de dois artículos). Além disso, *Stylosanthes* apresenta folhas sem estipelas; cálice campanulado e geralmente com tubo alongado, glabro, com a margem ciliada; estandarte oboval a suborbicular e glabro em ambas as faces; e androceu monadelfo, formado por 10 estames.

Stylosanthes também faz parte da tribo Dalbergieae, aparecendo próximo dos gêneros *Arachis* e *Chapmannia*, com os quais compartilha as flores sésseis com hipanto alongado (Lavin et al. 2001). *Stylosanthes* é constituído por 48 espécies com distribuição em florestas tropicais, subtropicais e temperadas do Velho e Novo Mundo, com destaque para a América Central e região Central do Brasil, onde ocorrem aproximadamente 21 espécies (Costa 2006). Na área de estudo, foram registradas cinco espécies.

26.1 Stylosanthes angustifolia Vogel, Linnaea 12: 63. 1838.

Figuras 8k-l

Erva a subarbusto ereto, 0,1-0,5 m alt., ou prostrado, ramos glabrescentes a hirsutos. Estípulas 5-12 mm compr., oblongas. Folhas com pecíolo 6-11 mm compr.; raque 1,5-2 mm compr.; folíolos ca. 0,5-1,7 × 0,1 cm, lineares, ápice agudo, base aguda, venação paralelódroma, nervuras secundárias inconspícuas, face adaxial glabrescente, face abaxial glabrescente a híspido-gladular. Inflorescências lineares, axilares ou terminais, 1,2-3,2 cm compr., formadas por 1-6 espigas; brácteas 7-8,5 × 3,5-4 mm, ovais, glabras, margem ciliada a híspido-glandulares; bractéolas 2, 2,5-3 × 1 mm, elípticas, glabras, margem ciliada, eixo plumoso ausente. Flores 3-4 mm compr.; cálice ca. 4,5 × 2,5 mm, lacínias curtas, ca. 0,2 mm compr.; estandarte 3-4 × 4 mm; alas 2,5-3 × 1 mm; pétalas da carena ca. 2 × 0,5 mm; androceu ca. 2 mm compr.; gineceu diminuto, ca. 2 mm compr. Lomento 2-articulado, 6-8 mm compr., pontuações glandulares ausentes, artículo basal piloso, castanho, artículo terminal pubérulo, oblongo, rostro 3-4 mm compr., uncinado. Sementes ca. 1 × 0,5 mm, oblongas, castanho-escuro.

Stylosanthes angustifolia apresenta o hábito herbáceo ou subarbustivo, folíolos e inflorescências lineares, lomento bi-articulado, reticulado e pubérulo, com o artículo basal piloso e o terminal com rostro uncinado e medindo 3-4 mm compr.

A espécie ocorre na Guiana Francesa, Suriname, Venezuela e, no Brasil, na região Nordeste e nos estados de Roraima e Pará em ambientes arenosos frequentemente inundados (Costa 2006). Na área de estudo, a espécie foi coletada em ambientes arenosos ou próxima a lagoas dunares.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Ceará-Mirim, margem da lagoa Comprida, 13.V.2011, fl. e fr., *J.L. Costa-*

Lima & A.D. Bezerra 485 (UFRN); Extremoz, APA Jenipabu, 15.III.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus et al. 108* (UFRN); Macaíba, nascente do rio Pitimbú, 15.V.2009, fl. e fr., *A.M. Marinho 74* (MOSS, UFRN); Parnamirim, riacho Águas Vermelhas, 28.I.2006, fl. e fr., *A. Ribeiro J. Silva 224* (UFRN); Tibau do Sul, 05.VIII.1999, fr., *S.A. Santos et al. 07* (IPA).

26.2 Stylosanthes gracilis Kunth, Nov. Gen. Sp. 6. 507. 1823 [1824].

Subarbusto ereto e não-ramificado, 0,3-1 m alt., ramos estriados, hirsutos, ca. 4 mm compr. Estípulas 11-14 mm compr., oblongas. Folhas com pecíolo 7-10 mm compr.; raque ca. 1 mm compr.; folíolos 1,6-2,9 × 0,2 cm, linear-lanceolados, caducos, ápice agudo, base aguda, venação broquidódroma, nervuras secundárias conspícuas, glabrescentes a pubescentes em ambas as faces. Espigas ovais a globosas, axilares ou terminais, 1,2-1,5 cm compr., formadas por 1-3 espigas; brácteas 10-14 × 4-6 mm, ovais, hirsutas e recobertas por tricomas híspidos, margem pilosa; bractéolas 2, 4-5 × 1 mm, lanceoladas, pilosas, eixo plumoso ausente. Flores ca. 5 mm compr.; cálice ca. 3,4 × 4 mm, lacínias 0,8-2 mm compr.; estandarte ca. 4 × 3 mm; alas 3-4 × 2 mm; pétalas da carena 4-5 × 2 mm; androceu 4-5 mm compr.; gineceu 5-6 mm compr., estípite ca. 2 mm compr., ovário 2-2,5 mm compr., glabro, estilete 2-2,5 mm compr., ereto, glabro. Lomento 1-articulado, ca. 3 mm compr., pontuações glandulares presentes, glabro, verde-escuro a acastanhado, suborbicular, rostro ca. 0,4 mm compr., circinado. Sementes 2-2,5 × 2 mm, ovais, nigrescentes a acastanhadas.

Espécie reconhecida pelo hábito subarbustivo ereto com ramos recobertos por tricomas hirsutos, folhas caducas na maturidade e inflorescência oval ou globosa. Além disso, *S. gracilis* apresenta o fruto com apenas um artículo recoberto por pontuações glandulares e rostro circinado.

Distribui-se no Panamá, Guiana Francesa, Venezuela e Bolívia. No Brasil, ocorre nas regiões Nordeste (Bahia e Maranhão), Sudeste e Centro-Oeste em áreas de cerrado e mata alântica (Costa 2006). Espécie pouco frequente na área de estudo, ocorrendo geralmente em áreas de restinga com vegetação herbácea a subarbustiva.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Natal, Parque da Cidade, 24.V.2007, fl. e fr., *V.R.R. Sena et al. 73* (UFRN); Nísia Floresta, Búzios, 20.IV.2008, fr., *F.S.R. Sousa & A.E.C.S. Melo 31* (MOSS, UFRN); Rio do Fogo, Distrito de Punaú, 11.VIII.2009, fl. e fr., *A.C.P. Oliveira 1071* (UFRN); Parnamirim, Centro de Lançamento Barreira do Inferno, 15.III.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus et al. 109* (UFRN); Tibau do Sul, 28.VI.1994, fl., *M.L.L. Martins 387* (IPA).

26.3 Stylosanthes macrocephala M.B.Ferreira & Sousa Costa, An. Soc. Bot. Brasil. XXVIII Congr. Nac. Bot. 87. 1978.

Figuras 8m-n

Subarbusto ereto ca. 0,5 m alt., ou prostrado, ramos velutinos. Estípulas 12-20 mm compr., largamente oblongas. Folhas com pecíolo 2-5 mm compr.; raque ca. 1-4 mm compr.; folíolos 1-2,5 × 0,3-1 cm, elíptico-lanceolados, ápice agudo, base obtusa, venação eucamptódroma, nervuras secundárias conspícuas, velutinos em ambas as faces, tricomas híspido-glandulares. Inflorescências globosas a ovais, axilares ou terminais, 1,2-5 cm compr., formadas por 2-5 espigas; brácteas 12,5-22 × 8-9 mm, largamente ovais, pilosas, hialinas a púrpuras na porção central; bractéolas 3, 3-4 × 0,5-2 mm, oblongas ou ovais, pilosas, eixo plumoso ca. 5,5 mm compr, piloso. Flores 6-7 mm compr.; cálice 2,6-3 × 4 mm, lacínias 0,8-2 mm compr.; estandarte 6-6,4 × 5-5,5 mm; alas ca. 5 × 2 mm; pétalas da carena ca. 5 × 1 mm; androceu 4-5,5 mm compr.; gineceu 5-5,4 mm compr., ovário 2-2,4 mm compr., glabro, estilete ca. 3 mm compr., ereto. Lomento 1-2-articulado, 4-6 mm compr., pontuações glandulares ausentes, artículo basal seríceo, tricomas longos, artículo terminal glabrescente, verde-escuro, orbicular a suborbicular, rostro ca. 1 mm compr., uncinado. Sementes ca. 2,2 × 1,5 mm, ovais, castanho-claro.

Stylosanthes macrocephala é facilmente reconhecida por apresentar estípulas maiores do que 12 mm compr., ramos e folíolos velutinos, inflorescências globosas e brácteas externas com a porção central hialina ou púrpura.

Espécie restrita ao Brasil com ocorrência em caatinga e cerrado dos estados do Piauí, Pernambuco, Bahia, Minas Gerais e Goiás (Costa 2006). No Rio Grande do Norte, a espécie foi encontrada em áreas de formações savânicas e florestas estacionais deciduais.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Canguaretama, Areia Branca, 10.XI.1980, fl. e fr., *O.F. Oliveira et al. 1513* (MOSS); Nísia Floresta, 04.V.2003, fl. e fr., *M.I.B. Loiola 766* (UFRN); Macaíba, Escola Agrícola de Jundiaí, 26.IX.1995, fl. e fr., *A. Trindade s.n.* (UFRN 1074); Natal, Capim Macio, 02.X.1980, fl. e fr., *Projeto Parque das Dunas s.n.* (MOSS 2327); São Gonçalo do Amarante, fl. e fr., *A.B. Jardim et al. 300* (UFRN).

26.4 Stylosanthes scabra Vogel, Linnaea 12: 69. 1838.

Figuras 8o-q

Subarbusto ereto, 0,3-0,8 m alt., ramos tomentosos a escabrosos e com tricomas glandulares. Estípulas 8-10 mm compr., oblongas. Folhas com pecíolo 4-7 mm compr.; raque ca. 2 mm compr.; folíolos 0,7-2 × 0,3-0,8 cm, elípticos a largamente elípticos, ápice acuminado, apiculado, base arredondada a aguda, venação eucamptódroma, nervuras secundárias conspícuas, face adaxial esparsamente pubescente a pilosa, face abaxial densamente pubescente a pilosa ou com tricomas setosos e esparsos. Inflorescências oblongas a elípticas, axilares ou terminais, 1,4-2 cm compr., formadas por 1-3 espigas; brácteas 12-15 × 4-7 mm, elípticas, pilosas ou com tricomas setosos; bractéolas 3, 2,5-4 × 0,2-1,4 mm, elípticas a lineares, glabras, margem ciliada, eixo plumoso 2,5-5 mm compr., seríceo. Flores 4-5,5 mm compr.; cálice 2-3 × 3 mm, lacínias ca. 1 mm compr.; estandarte 5-5,5 × 5 mm; alas ca. 4 × 2 mm; pétalas da carena ca. 3,5 × 1,5 mm; androceu 3,5-4,5 mm compr.; gineceu ca. 5 mm compr., estípite ca. 2,5 mm compr., ovário ca. 1,5 mm compr., glabro, estilete ca. 1 mm compr, ereto, glabro. Lomento 2-articulado, ca. 6 mm compr., pontuações glandulares ausentes, artículo basal seríceo, tricomas longos, artículo terminal piloso, verde escuro, obtriangular a levemente oboval, rostro 1 mm compr., uncinado. Sementes não observadas.

Stylosanthes scabra assemelha-se morfologicamente a *S. viscosa*, diferindo desta por apresentar flores e frutos sustentados por um eixo plumoso e três bractéolas, fruto com artículo terminal piloso e rostro uncinado. Ambas as espécies podem ocorrer de forma simpátrica em ambientes com solo arenoso.

Ocorre desde os Estados Unidos até a Argentina. No Brasil, tem sido coletada nas regiões Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e nos estados do Rio Grande do Sul e Roraima (Costa 2006). No Rio Grande do Norte, foi coletada em área de restinga aberta, em dunas, às margens de lagoas ou em bordas de florestas estacionais deciduais.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Baía Formosa, Mata Estrela, 09.XI.1984, fl. e fr., *A. Dantas 179* (IPA, UFRN); Natal, Capim Macio, 04.X.1980, fl. e fr., *Projeto Parque das Dunas s.n.* (MOSS 2330); Nísia Floresta, Morrinhos, 27.VIII.2011, fl. e fr., *E.O. Moura 28* (UFRN); Parnamirim, Hidrominas Santa Maria, 28.VI.2005, fl. e fr., *A. Ribeiro & J. Silva 150* (UFRN); *ibid.*, Mata do Jiqui, 31.I.2012, fl. e fr., *A.A. Roque & R.B. Giordani 1242* (UFRN); São Gonçalo do Amarante, Fazenda Arvoredo, 12.IX.2011, fl. e fr., *J.L. Costa-Lima & W.M.B. São-Mateus 588* (UFRN); Tibau

do Sul, Santuário Ecológico de Pipa, 11.VII.1994, fl. e fr., *M.L.L. Martins 408* (IPA).

26.5 Stylosanthes viscosa (L.) Sw., Prodr. 108. 1788.

Figuras 3K, 8r-s

Subarbustos prostrados ou raramente eretos, 0,3-0,8 m alt., ramos híspido-glandulares e pubescentes. Estípulas 4-6 mm compr., ovais. Folhas com pecíolo 1,5-5 mm compr.; raque 1-2 mm compr.; folíolos 0,5-1,2 × 0,3-0,6 cm, elípticos a largamente elípticos, ápice apiculado, base obtusa a aguda, venação eucamptódroma, nervuras secundárias conspícuas ou não, pilosos ou com tricomas setosos em toda a superfície de ambas as faces. Inflorescências elípticas a oblongas, axilares ou terminais, 0,9-1,7 cm compr., formadas por 1-3 espigas; brácteas, 8-13 × 2-7 mm elípticas, setosas; bractéolas 2, 2,2-3 × 0,2-1,5 mm, ovais a elípticas, pilosas com a margem ciliada, eixo plumoso ausente. Flores ca. 4,5 mm compr.; cálice 2-2,2 × 3,5 mm, lacínias 0,8-1,4 mm compr.; estandarte 5 × 4,5-6 mm; alas 4-4,2 × 2,8 mm; pétalas da carena ca. 3 × 1 mm; androceu 4-5 mm compr.; gineceu 5-6,5 mm compr., estípite 2,5-3 mm compr., ovário 2-3 mm compr., glabro, estilete diminuto, ca. 0,5 mm compr, ereto, glabro. Lomento 2-articulado, 3-4 mm compr., pontuações glandulares ausentes, artículo basal piloso, artículo terminal com tricomas pubérulos somente nas margens, verde escuro, obtriangular a suborbicular, rostro ca. 0,5 mm compr., enrolado a torcido lateralmente. Sementes não observadas.

Stylosanthes viscosa caracteriza-se pelo hábito subarbustivo e densamente ramificado, ramos e folíolos recobertos por tricomas glandulares, folíolos com 2-3 pares de nervuras secundárias e principalmente pela presença de apenas duas bractéolas e eixo plumoso ausente o que a diferencia de *S. scabra*.

Possui distribuição no México, América Central (Cuba, Panamá e Honduras), Guiana Francesa, Venezuela e Brasil nas regiões nordeste (Alagoas, Ceará, Paraíba, Pernambuco e Paraíba), centro-oeste (Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul), sul (Paraná e Santa Catarina) e no estado de Roraima (Costa 2006). Na área de estudo, a espécie foi encontrada nos campos arenosos abertos, em meio a vegetação subarbustiva ou no alto das dunas.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Baía Formosa, praia do Sagi, entrada da vila, 02.XI.2007, fl. e fr., *R.C. Oliveira et al. 2003* (MOSS, UFRN); *ibid.*, Mata Estrela, fl. e fr., *R.A. Pontes et al. 706* (JPB); Extremoz, APA Jenipabu, 26.IX.2011, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus et al. 31* (UFRN); Natal, APA Capim Macio, 01.VII.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus et al. 182* (UFRN); *ibid.*, Parque da Cidade 24.V.2007, fl. e fr., *M.I.B. Loiola et al. 1006* (UFRN); *ibid.*, Parque Estadual das Dunas do Natal, 30.I.2009, fl. e fr., *M.B. Sousa 108* (UFRN); Nísia Floresta, Búzios, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus & J.L. Costa-Lima 19* (UFRN); Parnamirim, Centro de Lançamento Barreira do Inferno, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus & G. Toledo 155* (UFRN); Rio do Fogo, Distrito de Zumbi, 20.I.2011, fl. e fr., *M.T.S. Ferreira 26* (UFRN); Tibau do Sul, 06.VIII.1999, fl. e fr., *R. Figueiroa 29* (IPA).

27. Swartzia Schreb., Gen. Pl. 2: 518. 1791.

Inclui arbustos ou árvores com folhas imparipinadas, pétalas ausentes ou com apenas uma pétala (estandarte), estames heteromórficos com as anteras dorsifixas e fruto legume com sementes geralmente ariladas.

Swartzia foi tradicionalmente classificado na subfamília Caesalpinioideae (Cowan 1968), mas análises filogenéticas com dados moleculares têm sustentado o monofiletismo do gênero (com exceção de *S. panamensis*) no grupo Swartzioide *s.s.* (Torke & Schall 2008), umas das primeiras linhagens a divergirem em Papilionoideae (Cardoso et al. 2012a). O gênero é constituído por ca. 180 espécies distribuídas na região Neotropical (Torke & Schaal 2008). No Rio Grande do Norte, foi registrada apenas uma espécie.

27.1 Swartzia pickelii Killip *ex* Ducke, Mem. Inst. Oswaldo Cruz 51: 459. 1953.

Figuras 9a-d

Árvore 4-8 m alt., ramos jovens ferrugíneo-tomentosos. Estípulas 3-4 mm compr, estreitamente triangulares. Folhas 9-13-folioladas; pecíolo 1-2,5 cm compr.; raque 10-15,5 cm compr.; estipelas 1-3 mm compr.; folíolos 3,8-12 × 2,5-6,5 cm, opostos, oval-lanceolados a elípticos, ápice agudo, base truncada a levemente cordada, raramente arredondada, venação broquidódroma, face adaxial glabrescente, face abaxial ferrugíneo-tomentosa. Racemos terminais ou axilares, 6,5-10,5 cm compr., revestidos por tricomas ferrugíneos; pedicelo 4-5 mm compr.; brácteas 1,4-1,6 × 1-1,2 mm, triangulares, densamente tomentosas; bractéolas 0,8-1 mm compr. Flores em antese não observadas; botões florais globosos; cálice inteiro nos botões, mas geralmente partindo-se em 4 lobos irregulares, lobos ca. 8 × 6,5 mm, ferrugíneo-tomentosos; pétala branca, apenas o estandarte presente, ca. 12 × 12 mm, orbicular, ápice arredondado, face externa serícea; estames maiores 4, 8-9 mm compr., estames menores ca. 100, ca. 7 mm compr.; gineceu ca. 8 mm compr., estípite ca. 2,5 mm compr., ovário ca. 5,5 mm compr., glabro, estilete ca. 1 mm compr. Legume 13-19 × 6,5-9 cm, elíptico, glabro. Sementes ca. 12, ca. 4,5 × 3,5 cm, oblongas a levemente orbiculares, verdes com arilo amarelo.

São árvores com ramos ferrugíneo-tomentosos, folíolos oval-lanceolados a elípticos e acrescentes da base para o ápice, margem levemente revoluta, pétala branca com tricomas seríceos externamente, ovário glabro e estames heteromórficos com anteras dorsifixas. Espécie endêmica do Brasil, com ocorrência nos estados de Alagoas, Pernambuco e Paraíba (Cowan 1968, Mansano et al. 2012). Este é o primeiro registro da espécie no Rio Grande do Norte, onde ocorre em área de restinga arbustivo-arbórea ao sul do estado.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Tibau do Sul, Santuário Ecológico de Pipa, 06.VII.1994, fl., *A.B.L. Filho s.n.* (IPA 56203); *ibid*., Parque Estadual de Pipa, 24.XI.2012, fl., *W.M.B. São-Mateus et al. 226* (UFRN).

Material adicional examinado: BRASIL, Pernambuco: Igarassu, Usina São José, 14.III.2009, fr., *J.A.N. Souza et al. 419* (UFP).

28. Tephrosia Pers., Syn. Pl. 2: 328. 1807.

Gênero reconhecido pelo hábito subarbustivo, folhas imparipinadas sem estipelas e com folíolos oblanceolados a espatulados, estilete barbado e legume com ápice falcado. Além disso, o gênero possui flores geralmente dispostas em pseudoracemos, bractéolas ausentes e androceu pseudomonadelfo (10).

Estudos filogenéticos têm sustentado *Tephrosia* como parte do grande clado Millettioide *s.s.* (Cardoso et al. 2013). O gênero possui ca. 350 espécies e distribuição pantropical, sendo os centros de diversidade na África, Austrália, Ásia, e América Central e do Norte (Schrire 2005c). No Brasil, são registradas 12 espécies nos mais variados tipos de formações vegetacionais (Queiroz & Tozzi 2012). Neste estudo, foram registradas três espécies.

28.1 Tephrosia egregia Sandw., Bull. Misc. Inform. Kew 6: 249. 1927.

Figuras 3L, 9e-f

Subarbusto prostrado ou ereto ca. 0,4 m alt., ramos velutinos. Estípulas 6-11 mm compr, subuladas. Folhas (9-)11-17-folioladas; pecíolo 0,2-0,7 cm compr.; raque 1-7,2 cm compr.; folíolos 1-4 × 0,4-1,3 cm, opostos, oblanceolados, ápice mucronulado, base cuneada,

venação craspedódroma, velutinos em ambas as faces. Pseudoracemos axilares ou terminais, 6-23 cm compr., ou flores solitárias; pedicelo 3-5 mm compr.; brácteas 2-4 x 0,2-0,5 mm, lineares, pilosas. Flores 12-17 mm compr.; cálice 8-9,5 × 12 mm, campanulado, piloso, 5-laciniado, lacínias 4-7 mm compr., do mesmo tamanho ou maiores que o tubo, triangulares; pétalas lilás a roxas; estandarte 15-17 × 13-16 mm, oval, ápice emarginado, glabro internamente, densamente pubescente na face externa, com um par de calosidades alongados acima da unguícula; alas 15-18 × 6,5-9 mm; pétalas da carena 13-13,5 × 6-7 mm; androceu 12-14,5 mm compr.; gineceu 11-16,5 mm compr., ovário 6-10 mm compr., séssil, pubescente, estilete 5-6,5 mm compr., levemente encurvado, glabro. Legume 4-5,6 × 0,4-0,5 cm, linear-oblongo, velutino, tricomas adpressos, ápice levemente falcado. Sementes 7-9, ca. 3,5 × 3 mm, retangulares, castanho-claro.

Esta espécie é facilmente reconhecida pelo indumento velutino nos ramos, raque foliar, face abaxial dos folíolos e frutos. Além disso, *T. egregia* possui folíolos oblanceolados e flores maiores (1,2-1,7 cm compr.) do que nas demais espécies.

Tephrosia egregia ocorre somente no Brasil, na Mata Atlântica dos estados do Ceará e Rio Grande do Norte (Queiroz & Tozzi 2012). No Rio Grande do Norte, a espécie foi encontrada em meio a vegetação subarbustiva com influência marinha e dunas litorâneas.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Maxaranguape, 28.VII.2010, fl. e fr., *D.F. Torres 120* (UFRN); Natal, 01.XII.1991, fl. e fr., *D. Gomes s.n.* (UFRN 351); Nísia Floresta, 27.IX.1984, fl. e fr., *A. Dantas 101* (IPA, UFRN); Rio do Fogo, Distrito de Zumbi, 20.I.2011, fl. e fr., *M.T.S. Ferreira 06* (UFRN).

28.2 Tephrosia noctiflora Bojer *ex* Baker, Fl. Trop. Afr. 2: 112. 1871.

Subarbusto ca. de 1 m alt., ramos ferrugíneo-tomentosos a glabrescentes. Estípulas 6-9 mm compr., subuladas. Folhas (11-)15-19-folioladas; pecíolo 0,5-1,4 cm compr.; raque 1,8-9,6 cm compr.; folíolos 1,8-6,2 × 0,6-1,4 cm, opostos, espatulados, ápice emarginado e mucronulado, base cuneada, venação craspedódroma, face adaxial glabra a glabrescente e face abaxial densamente pubescente. Pseudoracemos axilares ou terminais, 20-35 cm compr., ou flores solitárias; pedicelo 2-3 mm compr.; brácteas 2-4,5 × 0,2-0,5 mm, lineares a linear-triangulares, pilosas. Flores 6-12 mm compr.; cálice 5-7 × 9 mm, campanulado, piloso, 5-laciniado, lacínias do mesmo tamanho do tubo, as laterais e a vexilar ca. 2,5 mm compr., a carenal ca. 3,5 mm compr., deltoides a triangulares; pétalas brancas; estandarte 10-12 × 9,5-10 mm, orbicular, ápice emarginado, glabro internamente, piloso na face externa, com um par de calosidades alongados acima da unguícula; alas 10-12 × 4-6 mm; pétalas da carena 9-10 × 4 mm; androceu 9,5-11,5 mm compr.; gineceu 10,5-11 mm compr., ovário 5-5,5 mm compr., séssil, seríceo, tricomas longos, estilete ca. 5,5 mm compr., levemente curvado, glabro. Legume 4,5-5,2 × 0,5-0,55 cm, reto, linear-oblongo, ferrugíneo-viloso, ápice levemente falcado, margens retas. Sementes 8-10, 2-2,5 × 2 mm, suborbiculares, esverdeadas.

Tephrosia noctiflora e *T. purpurea* compartilham entre si o hábito subarbustivo, folíolos espatulados com ápice emarginado e mucronulado, e flores com 6-12 mm compr. Porém, *T. noctiflora* diferencia-se de *T. purpurea* por apresentar ramos ferrugíneo-tomentosos, estípulas subuladas e pseudoracemos alongados maiores que 20 cm compr. (*vs.* ramos glabrescentes, estípulas linear-triangulares e inflorescências curtas, 5-10 cm compr.).

Espécie endêmica do Brasil ocorrendo nas regiões norte (Amazonas e Roraima), nordeste (Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Bahia) e sudeste (Espírito Santo e Rio de Janeiro) nos domínios Atlântico e Amazônico (Queiroz & Tozzi 2012). Na área de estudo, a espécie foi coletada na restinga subarbustiva e floresta semidecidual.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Natal, Parque da Cidade, 12.IX.2012, *W.M.B. São-Mateus 213* (UFRN); Parnamirim, Mata do Jiqui, 28.XI.2007, fl. e fr., *J.O.N. Silva 29* (HST, HUEFS, UFRN).

28.3 Tephrosia purpurea (L.) Pers., Syn. Pl. 2: 329. 1807.

Subarbusto ramificado ca. 60 cm alt., ramos glabrescentes, tricomas adpressos. Estípulas 1-5 mm compr., linear-triangulares. Folhas (9-)13-15-folioladas; pecíolo 0,4-2 cm compr.; raque 1,5-5,9 cm compr.; folíolos 0,8-2,3 × 0,3-0,8 cm, opostos, espatulados, ápice emarginado e mucronulado, base cuneada, venação craspedódroma, face adaxial glabrescente a esparsamente pubescente, face abaxial pubescente, tricomas adpressos. Pseudoracemos terminais, 5-10 cm compr.; pedicelo 3-4,5 mm compr.; brácteas inconspícuas, ca. 1 mm compr., pubescentes. Flores 7-8 mm compr.; cálice 4-5 × 5-7 mm, campanulado, pubescente, 5-laciniado, lacínias 2-3 mm compr., do mesmo tamanho ou maiores que o tubo, subuladas; pétalas brancas a lilás; estandarte 6-8 × 6 mm, orbicular, ápice emarginado, glabro internamente, densamente pubescente na face externa, com um par de calosidades arredondados acima da unguícula; alas 6,5-8 × 2,5 mm; pétalas da carena 6 × 2-2,5 mm; androceu 5-6 mm compr.; gineceu ca. 8 mm compr., ovário ca. 5 mm compr., séssil, pubescente, estilete ca. 3 mm compr., encurvado, glabro. Legume 2,9-3,8 × 0,35-0,55 cm; reto, linear-oblongo, esparsamente pubescente, ápice levemente falcado, margens retas. Sementes 4-6, ca. 4 × 2-2,5 mm, oblongas, marmoradas.

Hábito subarbustivo com ramos glabrescentes, inflorescências com até 10 cm compr. e frutos esparsamente pubescentes são as principais características para reconhecer *T. purpurea*. No Brasil, a espécie ocorre preferencialmente na região amazônica, caatinga e mata atlântica, desde os estados do Maranhão até Sergipe e também nos estados de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro (Queiroz & Tozzi 2012). No Rio Grande do Norte, a espécie foi encontrada na restinga subarbustiva e ambiente antropizado.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Natal, Campus da UFRN, 02.VII.2002, fl. e fr., *M.I.B. Loiola 724* (MOSS, UFRN); Nísia Floresta, praia de Pirangi, 27.IX.1984, fl. e fr., *A. Dantas 69* (IPA, UFRN); Rio do Fogo, Punaú, 27.V.2009, fr., *A.C.P. Oliveira 990* (UFRN); Tibau do Sul, 06.VIII.1999, fl. e fr., *A. Yoshida 06* (IPA).

29. Trischidium Tul., Ann. Sci. Nat. sér. 2, 20: 141. 1843.

Inclui arbustos ou árvores com folhas imparipinadas, pétalas ausentes ou com apenas uma pétala (estandarte), cálice inteiro no botão floral, estames numerosos e livres, e legume inflado monospérmico.

Trischidium foi reestabelecido recentemente a partir de *Bocoa* Aubl. (Ireland 2007) com base em diferentes fontes de evidência, incluindo análises filogenéticas de dados morfológicos e moleculares (Herendeen 1995, Ireland et al. 2000). Tradicionalmente, o cálice inteiro e os estames livres e numerosos foram marcantes para classificar *Trischidium* na tribo polifilética Swartzieae (Cowan 1981). O gênero de fato aparece altamente sustentado no clado Swartzioide (Ireland et al. 2000, Pennington et al. 2001, Wojciechowski et al. 2004, Torke & Schaal 2008, Cardoso et al. 2012a), de modo que sua classificação tradicional tem sido mantida (Ireland 2005, Cardoso et al. 2013). É restrito à América do Sul (Guiana, Peru, Bolívia e Paraguai) e constituído por cinco espécies, das quais três

são endêmicas do Brasil (Ireland 2007). No Rio Grande do Norte, ocorre apenas uma espécie.

29.1 Trischidium molle (Benth.) H.E.Ireland, Kew Bull. 62(2): 342. 2007.

Figuras 3M, 9g-h

Arbusto ca. 3 m alt., ramos pubescentes a tomentosos. Estípulas não observadas. Folhas 5-9-folioladas; pecíolo 0,7-1,9 cm compr.; raque 4-6 cm compr.; estipelas ausentes; folíolos (1,8-)3-7 × 1,3-3,6 cm, alternos a subopostos, elípticos a ovais, ápice obtuso a agudo, raramente retuso, base aguda a arredondada, venação broquidódroma, face adaxial glabrescente com tricomas somente na nervura principal, face abaxial pubescente. Racemos axilares, curtos, congestos, 2,5-3,7 cm compr., revestidos por tricomas hialinos; pedicelo 6-12 mm compr.; brácteas ca. 1,2 × 1,2 mm, deltoides, tomentosas; bractéolas ausentes. Flores ca. 14 mm compr.; cálice inteiro, mas geralmete partindo-se em 4 lobos irregulares, margens revolutas, lobos 6-7 × 2 mm, pubescente; pétala branca, apenas o estandarte presente, 12-14 × 7 mm, oblada, ápice arredondado, face externa esparsamente pubescente; estames numerosos 16-20, ca. 5 mm compr., livres, anteras isomórficas, basifixas, tão longas quanto ou maiores que os filetes; gineceu ca. 7 mm compr., estípite ca. 1 mm compr., ovário 3 mm compr., glabro, estilete ca. 3 mm compr., ereto, esparsamente pubérulo no ápice. Legume inflado 1,2-1,6 × 0,7-1 cm, estípite ca. 2 mm compr., elipsoide, cartáceo, glabro com reticulação conspícua, ápice curtamente rostrado. Semente 1, 5,5 × 4,5 mm, elipsoide, acastanhada, exalirada.

Trischidium molle pode ser diagnosticada pela combinação de hábito arbustivo, ramos tomentosos quando jovens, folhas imparipinadas com 5-9 folíolos, flores com apenas uma pétala (estandarte) de coloração branca, cálice com lobos irregulares e revolutos, estames numerosos e livres com anteras basifixas e pelo menos do mesmo comprimento dos filetes, e frutos inflados com venação reticulada.

Possui distribuição disjunta entre as florestas secas da região da Chiquitanía na Bolívia e o Brasil (Cardoso & Queiroz 2010), onde ocorre geralmente em áreas de cerrado e caatinga nos estados do Ceará, Pernambuco, Bahia e Minas Gerais (Ireland 2007, Queiroz 2009). No Rio Grande do Norte, a espécie foi encontrada em floresta estacional decidual.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Ceará-Mirim, Fazenda Diamante, 14.III.2012, fl. e fr., *A.A. Roque et al. 1291* (UFRN).

30. Vigna Savi, Nuovo Giorn. Lett. 8: 113. 1824.

Gênero reconhecido pelas flores com pétalas das alas quase do mesmo tamanho das demais pétalas, carena torcida lateralmente e estilete com estigma barbado. Entretanto, estudos filogenéticos com dados moleculares e morfológicos em *Vigna s.l.* têm demonstrado o seu parafiletismo, o que resultou na segregação do gênero em *Ancistrotropis* A.Delgado, *Cochliasanthus* Trew, *Condylostylis* Piper, *Helicotropis* A.Delgado, *Leptospron* (Benth.) A.Delgado, *Sigmoidotropis* (Piper) A.Delgado e *Vigna sensu stricto* (Delgado-Salinas et al. 2011).

30.1 Vigna halophila (Piper) Maréchal, Mascherpa & Stainier, Taxon 27: 201. 1978.

Figuras 9i-l

Trepadeira volúvel, ramos glabrescentes. Estípulas 2-4 mm compr., deltoides a lanceoladas, não-peltadas. Folhas trifolioladas; pecíolo 1-4,9 cm compr.; raque 0,9-1,3 cm compr.; estipelas ca. 1 mm compr.; folíolos 2,5-5 × 1,2-4,4 cm, deltoides a oval-romboidais, ápice agudo a mucronulado, base obtusa, truncada a cuneada, venação actinódroma, glabrescentes em ambas as faces. Pseudoracemos nodosos, axilares, 7,7-22 cm compr., 2-4 flores por nó concentradas no ápice; pedicelo 1-2 mm compr.; brácteas não observadas; bractéolas ca. 3 × 2 mm, elípticas. Flores 12-14 mm compr.; cálice 5-5,5 × 5 mm, campanulado, esparsamente pubérulo, 5-laciniado, lacínias curtas, ca. 1 mm compr.; pétalas lilás-claro; estandarte 13,5-15 × 12-14 mm, suborbicular, glabro em ambas as faces, presença de um par de apêndices transversais na base, ápice truncado; alas 17-19 × 6,5-8 mm; pétalas da carena ca. 13 × 5 mm, lateralmente torcidas, sigmoides, margem interna ciliada; androceu diadelfo (9+1), 16-19 mm compr., anteras isomórficas; gineceu 15-16 mm compr., ovário 6-7 mm compr., séssil, densamente pubérulo, estilete 7-9 mm compr., recurvado, glabro, estigma barbado. Legume 7-9,7 × 0,4 cm, linear, compresso, esparsamente seríceo, margens sinousas. Sementes 11-15, 3-4 × 2 mm oblongas, acastanhadas com manchas negras.

Trepadeiras volúveis com folhas trifolioladas, estípulas deltoides a lanceoladas, flores lilás, pétalas da carena sigmoides com margens ciliadas e legumes lineares são caracteres diagnósticos de *Vigna halophila*. Neste estudo, optou-se por adotar esta espécie na circunscrição de *Vigna sensu lato* (sensu Maréchal et al. 1978), devido ao fato de ainda não ter sido feita a combinação para o gênero *Sigmoidotropis*. Esta espécie é endêmica do Brasil, onde frequentemente ocorre ao longo das florestas litorâneas (Maréchal et al. 1978). Na área de estudo, foi encontrada ao longo das florestas decíduas e semidecíduas e restinga subarbustiva sobre dunas.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Ceará-Mirim, 18.VIII.2011, fl. e fr., *J.G. Jardim 6089* (UFRN); Ceará-Mirim, 11.IX.2011, fl., *W.M.B. São-Mateus* et al. *08* (UFRN); Extremoz, APA Jenipabu, 15.VIII.2011, fl. e fr., *E.O. Moura 10* (UFRN); Natal, Parque Estadual das Dunas do Natal, 02.II.1997, fl., *L.A. Cestaro 97-61* (UFRN); Nísia Floresta, Dunas de Búzios, 11.IX.2011, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus & J.L. Costa-Lima 18* (UFRN); Parnamirim, Mata do Jiqui. 20.VIII.2005, fl. e fr., *R.T. Queiroz 523* (UFRN).

30.2 Vigna trichocarpa (C.Wright) A.Delgado, Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard. 45: 1254. 1993.

Figuras 3N, 9m-o

Trepadeira volúvel, ramos glabrescentes a hirsutos. Estípulas 6-9 mm compr., elípticas, peltadas. Folhas trifolioladas; pecíolo 1,7-3,6 cm compr.; raque 0,4-0,7 cm compr.; estipelas ca. 1 mm compr.; folíolos 2,5-5,7 × 0,6-1,8 cm, linear-lanceolados a oval-lanceolados, ápice agudo, base obtusa a sub-cordada, venação broquidódroma, glabrescentes a pilosos em ambas as faces. Racemos axilares, 3,3-7 cm compr., 2 flores por nó; pedicelo 1-2 mm compr.; brácteas não observadas; bractéolas 4-5 mm compr., filiformes. Flores 7-10 mm compr.; cálice 3-4 × 6 mm, campanulado, glabrescente a piloso, 5-laciniado, lacínias curtas, 0,5-1 mm compr.; pétalas amarelas ou alaranjadas; estandarte ca. 12 × 13,5 cm, assimétrico, glabros em ambas as faces, um par de calosidades lineares na porção mediana, ápice profundamente emarginado; alas 12-13 × 7-9 mm; pétalas da carena 23 × 3-4 mm, lateralmente torcidas em forma de gancho, margem inteira; androceu diadelfo (9+1), 13-16 mm compr., anteras isomórficas; gineceu 22-25 mm compr., ovário 6-7,5 mm compr., séssil, piloso, estilete 16-19 mm compr., recurvado, glabro e barbado no ápice. Legume ca. 3 × 0,8 cm; oblongo, nigrescente, seríceo com tricomas longos de coloração ferrugínea, margens retas. Sementes 7, 3-4 × 2-3 mm oblongas a orbiculares, acastanhadas com máculas negras.

Vigna trichocarpa se manteve em *Vigna s.s.* na atual circunscrição do gênero (Delgado-Salinas et al. 2011). Esta espécie diferencia-se

de *V. halophila* por apresentar ramos hirsutos, estípulas peltadas, flores amarelas a alaranjadas com as pétalas da carena inteiras, frutos oblongos, nigrescentes após a secagem e a presença de indumento ferrugíneo.

Possui distribuição disjunta, ocorrendo a oeste da África e região neotropical. No Brasil, *V. trichocarpa* ocorre preferencialmente na Mata Atlântica (Delgado-Salinas et al. 2011). Na área de estudo, foi coletada às margens de lagoas permanentes associadas a restinga e florestas estacionais.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Ceará-Mirim, estrada RN-309 para o Distrito de Pureza, 14.XII.2011, fl. e fr., *J.G. Jardim et al. 6144* (UFRN); Extremoz, 01.V.2012, fl., *E.O. Moura 80* (UFRN); Parnamirim, Mata do Jiqui, 24.II.2012, fl., *W.M.B. São-Mateus* et al. *58* (UFRN).

31. Zollernia Wied-Neuw. & Nees, Nova Acta Phys.-Med. Acad. Caes. Leop.-Carol. Nat. Cur. 13(2): 13. 1827.

O gênero *Zollernia* é facilmente reconhecido pelas folhas simples com margem geralmente espinescente, flores não-papilionadas com cálice espatáceo, pétalas indiferenciadas, estames livres com anteras basifixas e fruto drupoide.

Tem sido também mantido em sua classificação tradicional na tribo Swartzieae (Cowan 1981, Ireland 2005) por apresentar as flores não-papilionadas com cálice inteiro e estames livres. No entanto, *Zollernia* aparece filogeneticamente distante do clado Swartzioide *s.s.*, sendo fortemente sustentado no clado Leconteoide, que inclui, entre outros, o gênero endêmico da Mata Atlântica *Harleyodendron* (Herendeen 1995, Cardoso et al. 2012a, 2013). *Zollernia* possui distribuição restrita à América do Sul e compreende dez espécies, das quais nove ocorrem em áreas de floresta ombrófila densa, floresta estacional semidecidual, restinga e caatinga no Brasil (Mansano et al. 2004). No Rio Grande do Norte, foi encontrada apenas uma espécie.

31.1 Zollernia ilicifolia Vogel, Linnaea 11: 166. 1837.

Figuras 9p-v

Árvore com até 20 m alt., ramos glabros ou tomentosos quando jovens. Estípulas 3-4,5 mm compr., estreitamente triangulares. Folhas simples; pecíolo 3-4,5 mm compr.; lâmina 7,5-10(-21) × 3-5(-10) cm, elíptica, ápice agudo, base cuneada, margem geralmente espinescente, venação broquidódroma, glabra em ambas as faces. Racemos fasciculados, 6,5–10 cm compr.; pedicelo 3-4 mm compr.; brácteas 1,4-1,8 × 0,8-1 mm, triangulares, densamente tomentosas; bractéolas 0,8-1 mm compr., ovais. Flores 10-12 mm compr.; cálice 8 × 9-10 mm, espatáceo, ferrugíneo-tomentoso; pétalas róseas, indiferenciadas; pétala superior 8-9 × 5-6 mm, levemente maior em comprimento e largura em relação as outras pétalas, oval-lanceolada a elíptica, ápice arredondado, glabra em ambas as faces; pétalas laterais e inferiores 6-7 × 5 mm; androceu com estames livres (10), 4-5,5 mm compr., anteras isomórficas, basifixas, esparsamente pubescentes; gineceu ca. 11 mm compr., estípite ca. 1 mm compr., ovário ca. 4 mm compr., ferrugíneo-tomentoso, estilete ca. 6 mm compr., ereto, ferrugíneo-tomentoso na base e glabrescente no ápice. Legume drupoide ca. 2,5 × 2 cm, estípite 1,5-2 mm compr., globoso, densamente pubérulo, esverdeado. Sementes 1-3, 11-20 × 11-16 mm, elípticas, cônicas ou discoides, acastanhadas.

Espécie reconhecida pelo hábito arbóreo, folhas simples com margem espinescente, botão floral totalmente recoberto pelo cálice espatáceo e flores com pétalas róseas e indiferenciadas, exceto pela pétala superior maior em comprimento e largura em relação as demais pétalas.

Zollernia ilicifolia ocorre em áreas de Mata Atlântica, caatinga e cerrado desde a Paraíba até Santa Catarina e também nos estados do Distrito Federal, Goiás e Rondônia (Mansano et al. 2004). Na área de estudo, a espécie foi coletada na restinga arbórea e floresta estacional semidecidual e decidual.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Baía Formosa, Mata Estrela, 09.III.2012, fr., *W.M.B. São-Mateus* et al. *106* (UFRN); Natal, Parque Estadual das Dunas do Natal, fl., 07.X.1980, *Projeto Parque das Dunas s.n.* (MOSS 2334); *ibid*., 10.III.2005, est., *R.T. Queiroz et al. 593* (UFRN); Nísia Floresta, 27.IX.1984, fl., *A. Dantas 98* (UFRN); Parnamirim, Centro de Lançamento Barreira do Inferno, 19.XI.2008, fl, *R.A. Costa 66* (MOSS, UFRN); São Gonçalo do Amarante, Fazenda Arvoredo, 12.IX.2011, est., *W.M.B. São-Mateus et al. 28* (UFRN).

32. Zornia J.F.Gmel., Sist. Nat., 2 (2): 1076, 1096. 1791 [1792].

Zornia pode ser caracterizado pelo hábito subarbtustivo, pontuações presentes nos ramos e em ambas as faces dos folíolos e bractéolas, estípulas peltadas, folhas digitadas com dois ou quatro folíolos, estipelas ausentes, inflorescências espiciformes com as brácteas conspícuas e persistentes, as flores sésseis com cálice campanulado e 5-laciniado, pétalas amarelas, o estandarte amplamente oval a orbicular, com ápice retuso a arredondado e glabro em ambas as faces, androceu monadelfo (10) com anteras dimorfas, e fruto lomento séssil.

O gênero foi tradicionalmente incluído na tribo Aeschynomeneae (Rudd 1981), mas atualmente está classificado na tribo Dalbergieae, sendo fortemente sustentado como monofilético (Fortuna-Perez et al. 2013) em um clado que inclui *Chaetocalyx*, entre outros gêneros (Lavin et al. 2001, Klitgaard & Lavin 2005). *Zornia* possui distribuição pantropical e aproximadamente 75 espécies, tendo como centro de diversidade a América do Sul (Klitgaard & Lavin 2005). No Brasil, são registradas 36 espécies, que ocorrem preferencialmente em áreas de caatinga, cerrado e Mata Atlântica (Fortuna-Perez 2009).

32.1 Zornia brasiliensis Vogel, Linnaea 12: 62. 1838.

Figura 3O

Subarbusto procumbente ca. 50 cm alt., ramos esparsamente seríceos, tricomas longos. Estípulas ca. 4 mm compr., lanceoladas. Folhas 4-folioladas; pecíolo 8-15 mm compr.; folíolos 0,8-1,4 × 0,2-0,4 cm, elípticos a obovais, ápice mucronulado, base cuneada, venação hifódroma, face adaxial esparsamente pubérula, face abaxial esparsamente serícea ao longo da nervura central. Espigas axilares, 2,5-6,7 cm compr.; bractéolas 6-8 × 3,5-3,8 mm, elípticas a ovais, levemenete assimétricas, glabras a esparsamente pubérulas, margem ciliada. Flores ca. 6 mm compr.; cálice 2,5-3,2 × 5 mm, glabro, pontuado, margem ciliada, lacínias 0,2-1,5 mm compr.; estandarte 7-8 × 8-9,5 mm; alas 7 × 4-4,5 mm; pétalas da carena ca. 9 × 3 mm; androceu 7-9 mm compr.; gineceu 7-8 mm compr., ovário ca. 3 mm compr., séssil, piloso, estilete 4-5 mm compr., ereto, glabro. Lomento 4-5-articulado, 6-8 mm compr., pubescente, acúleos e pontuações glandulares cobrindo toda a superfície, margem superior reta e inferior profundamente fendida, artículos 2,5-3 × 2,5-3 mm, suborbiculares, margem superior côncava. Sementes não observadas.

Espécie facilmente reconhecida pelo hábito subarbustivo procumbente, com folhas 4-folioladas e lomento com a margem superior fendida e artículos pubescentes e aculeados.

Ocorre na Venezuela e Brasil, na região nordeste e nos estados do Espírito Santo, Minas Gerais e Goiás, principalmente em áreas de caatinga e cerrado (Fortuna-Perez 2009). Na área de estudo, a espécie foi representada por apenas um único espécime encontrado em borda de mata ciliar.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Rio do Fogo, Distrito de Zumbi, 31.III.2012, fl. e fr., *J.G. Jardim 6189* (UFRN).

32.2 Zornia guanipensis Pittier, Bol. Soc. Venez. Ci. Nat. 6: 194. 1940.

Figuras 9w-x

Subarbusto ereto, ramificado ca. 80 cm alt., ramos glabros com manchas nigrescentes. Estípulas 4 mm compr., lanceoladas. Folhas 4-folioladas; pecíolo 6-9,5 mm compr.; folíolos 0,6-1,5 × 0,2-0,3 cm, oblanceolados a obovais, raramente elípticos, ápice agudo, base aguda a cuneada, venação hifódroma, glabro a glabrescente, tricomas alongados em ambas as faces. Espigas axilares, 1-4,7 cm compr.; bractéolas 3,2-4 × 2 mm, ovais a oblongas, levemenete assimétricas, glabras a esparsamente pubescentes, margem ciliada com tricomas inconspícuos. Flores ca. 10 mm compr.; cálice 1,5-3 × 5,5 mm, glabro, com pontuações glandulares, lacínias 1-2 mm compr.; estandarte 7,5-8,5 × 7-8 mm; alas ca. 7,5 × 3 mm; pétalas da carena ca. 8 × 2 mm; androceu 7-10 mm compr.; gineceu ca. 8,5 mm compr., ovário ca. 3 mm compr., séssil, seríceo, tricomas curtos, estilete ca. 5,5 mm compr., ereto, glabro. Lomento 3-5(-7)-articulado, 6-10 mm compr., pubescente, com pontuações glandulares, acúleos presentes somente próximo das margens, margem superior crenada e inferior quase reta, artículos 2-3 × 2-2,8 mm, orbiculares a sub-quadrangulares. Sementes não observadas.

Zornia guanipensis diferencia-se das outras espécies pelo hábito subarbustivo e densamente ramificado, além dos ramos com manchas nigrescentes e bractéolas levemente menores (3,2-4 mm compr.). Assim como em *Z. brasiliensis*, as folhas são tetrafolioladas e os artículos do lomento pontuados. Entretanto *Z. guanipensis* difere principalmente por apresentar artículos com acúleos somente próximo das margens (*vs.* artículos com acúleos em toda a superfície em *Z. brasiliensis*).

Ocorre na Guiana Francesa, Venezuela e Brasil, nos estados do Pará, Maranhão, Piauí, Pernambuco e Bahia, geralmente em áreas de caatinga e cerrado (Fortuna-Perez 2009). Na área de estudo, foi coletada em ambiente arenoso frequentemente inundado.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Extremoz, APA Jenipabu, 26.IX.2011, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus et al. 30* (UFRN); Rio do Fogo, Distrito de Zumbi, 31.III.2012, fl. e fr., *J.G. Jardim 6181* (UFRN).

32.3 Zornia latifolia Sm., in Rees, Cycl. 39: 4. 1819.

Subarbusto procumbente ca. 30 cm alt., ramos glabrescentes e seríceos. Estípulas 6-10,5 mm compr., lanceoladas. Folhas 2-folioladas; pecíolo 12-22 mm compr.; folíolos 1,5-4,3 × 0,6-1,2 cm, ovais a oval-lanceolados, ápice mucronulado, base oblíqua a arredondada, venação hifódroma, glabrescentes a seríceos. Espigas axilares ou terminais, 4-11 cm compr.; bractéolas 8-12,5 × 1,5-3,5 mm, lineares a oval-lanceoladas, levemente assimétricas, esparso a densamente seríceas, margem ciliada. Flores ca. 8 mm compr.; cálice 2-3 × 4-4,5 mm, piloso, lacínias 0,2-1,2 mm compr.; estandarte 7,5-7,8 × 5,5-6 mm; alas 6-6,6 × 2-2,5 mm; pétalas da carena 7,6 × 2 mm; estames 7,5-9 mm compr.; gineceu ca. 8,5 mm compr., ovário ca. 3 mm compr., séssil, seríceo, tricomas curtos, estilete ca. 5,5 mm compr., ereto, glabro. Lomento 5-7-articulado, 6-10 mm compr., densamente pubescente, não-pontuado, margens sinuosas, artículos 2-2,8 × 2-2,6 mm, orbiculares a subquadrangulares. Sementes não observadas.

Zornia latifolia diferencia-se das demais espécies principalmente pelas folhas 2-folioladas e caducas na maturidade, folíolos dos ramos superiores levemente maiores em relação aos folíolos dos ramos basais e artículos do lomento não-pontuados.

A espécie ocorre disjuntamente na África e América, onde se distribui desde a América Central até a Argentina. No Brasil, distribui-se em todo território, preferencialmente em áreas de cerrado, borda de mata e florestas de restinga (Fortuna-Perez 2009). No Rio Grande do Norte, foi coletada nas restingas sobre dunas e campos arenosos planos.

Material examinado: BRASIL, Rio Grande do Norte: Natal, Água Doce, 12.VIII.1981, fl. e fr., *O.F. Oliveira et al. 2041* (MOSS); *ibid*., APA Capim Macio, 01.VII.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus et al. 180* (UFRN); Nísia Floresta, Tabatinga, 26.VIII.2012, fl. e fr., *W.M.B. São-Mateus et al. 209* (UFRN); Parnamirim, Hidrominas Santa Maria, fl. e fr., *A. Ribeiro & J. Silva 149* (UFRN).

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico através do Programa de Capacitação em Taxonomia (PROTAX, Edital MCT/CNPq/MEC/CAPES 52/2010), pela concessão da bolsa de Mestrado ao primeiro autor; a Alfonso Delgado-Salinas, Ana Paula Fortuna-Perez, Andréia Flores, Cristiane Snak, Edson Silva, Laura Lima, Leila Costa, Rubens Queiroz e Vidal Mansano pelo envio de referências bibliográficas, fotografias e confirmação da identificação de algumas espécies; a Leonardo Versieux, Marcos José da Silva, Luiz Antônio Cestaro e os revisores anônimos pelos comentários e sugestões no manuscrito; aos curadores dos herbários HST, HUEFS, IPA, JPB, MOSS, PEUFR e UFRN pelo acesso às coleções e empréstimo de materiais, e ao Rhudson Cruz pelas ilustrações que compõem este trabalho.

Referências Bibliográficas

AMORIM, A.M., THOMAS, W.W., CARVALHO, A.M.V. & JARDIM, J.G. 2008. Floristic of the Una Biological Reserve, Bahia, Brazil. Mem. New York Bot. Gard. 100: 67-146.

AMORIM, A.M., JARDIM, J.G., LOPES, M.M.M., FIASCHI, P., BORGES, R.A.X., PERDIZ, R.O. & THOMAS, W.W. 2009. Angiospermas em remanescentes de floresta montana no sul da Bahia. Biota Neotrop. 9:313-348. PMid:21652332. http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032009000300028

ASSIS, M.A., PRATA, E.M.B., PEDRONI, F., SANCHEZ, M., EISENLOHR, P.V., MARTINS, F.R., SANTOS, F.A.M., TAMASHIRO, J.Y., ALVES, L.F., VIEIRA, S.A., PICCOLO, M.C., MARTINS, S.C., CAMARGO, P.B., CARMO, J.B., SIMÕES, E., MARTINELLI, L.A. & JOLY, C.A. 2011. Florestas de restinga e de terras baixas na planície costeira do sudeste do Brasil: Vegetação e heterogeneidade ambiental. Biota Neotrop. 11:103-121. http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032011000200012

BARBOSA, M.R.V. 2008. Floristic composition of a remmant of Atlantic coast forest in João Pessoa, Paraíba, Brazil. Mem. New York Bot. Gard. 100:439-457.

BARROSO, G.M., MORIM, M.P., PEIXOTO, A.L. & ICHASO, C.L.F. 1999. Frutos e sementes: Morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas. Viçosa: UFV.

BOATWRIGHT, J.S., LE ROUX, M.M., WINK, M., MOROZOVA, T. & VAN WYK, B.-E. 2008. Phylogenetic relationships of tribe Crotalarieae (Fabaceae) inferred from DNA sequences and morphology. Syst. Botany. 33:752-761. http://dx.doi.org/10.1600/036364408786500271

BRETELER, F.J. 1960. Revision of *Abrus* Adanson (Pap.) with special reference to Africa. Blumea. 10:607-624.

BURKART, A. 1971. El género *Galactia* (Leguminosae-Phaseoleae) en Sudamérica con especial referencia a la Argentina y países vecinos. Darwiniana. 16:663-793.

CARDOSO, D.B.O.S. & QUEIROZ, L.P. 2010. Caatinga no contexto de uma metacomunidade: Evidências da biogeografia, padrões filogenéticos e abundância de espécies em leguminosas. In Biogeografia da América do Sul: Padrões e processos (J.B. Carvalho, & E.A. Almeida, eds.). Roca, São Paulo. p.241-260.

CARDOSO, D., QUEIROZ, L.P., PENNINGTON, R.T., LIMA, H.C., FONTY, E., WOJCIECHOWSKI, M.F. & LAVIN, M. 2012a. Revisiting the phylogeny of papilionoid legumes: New insights from comprehensively sampled early-branching lineages. Am J Bot. 99:1991-2013. PMid:23221500. http://dx.doi.org/10.3732/ajb.1200380

CARDOSO, D.; LIMA, H.C.; RODRIGUES, R.S.; QUEIROZ, L.P., PENNINGTON, R.T. & LAVIN, M. 2012b. The realignment of *Acosmium* sensu stricto with the Dalbergioid clade (Leguminosae: Papilionoideae) reveals a proneness for independent evolution of radial floral symmetry among early-branching papilionoid legumes. Taxon. 61:1057-1073.

CARDOSO, D., LIMA, H.C., RODRIGUES, R.S., QUEIROZ, L.P., PENNINGTON, R.T. & LAVIN, M. 2012c. The Bowdichia clade of Genistoid legumes: Phylogenetic analysis of combined molecular and morphological data and a recircumscription of *Diplotropis*. Taxon. 61:1074-1087.

CARDOSO, D., PENNINGTON, R.T., QUEIROZ, L.P., BOATWRIGHT, J.S., VAN WYK, B.E., WOJCIECHOWSKI, M.F. & LAVIN, M. 2013. Reconstructing the deep-branching relationships of the papilionoid legumes. S AFR J BOT. 89:58-75. http://dx.doi.org/10.1016/j.sajb.2013.05.001

CARVALHO, A.M. 1997. A synopsis of the genus *Dalbergia* (Fabaceae: Dalbergieae) in Brazil. Brittonia. 49:87-109. http://dx.doi.org/10.2307/2807701

CARVALHO-OKANO, R.M. & LEITÃO FILHO, H.F. 1985. Revisão taxonômica do gênero *Calopogonium* Desv. (Leguminosae-Lotoideae) no Brasil. Rev. Bras. Bot. 8:31-45.

CASTRO, A.S.F., MORO, M.F. & MENEZES, M.O.T. 2012. O complexo vegetacional da zona litorânea no Ceará: Pecém, São Gonçalo do Amarante. Acta bot. bras. 26:108-124. http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062012000100013

CEOLIN, G.B. & MIOTTO, S.T.S. 2013. Synopsis of the genus *Galactia* (Phaseoleae, Papilionoideae, Leguminosae) in Brazil. Phytotaxa. 134:1-26. http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.134.1.1

CESTARO, L.A. 2002. Fragmentos de florestas Atlânticas no Rio Grande do Norte: Relações estruturais, florísticas e fitogeográficas. Tese de doutorado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

CESTARO, L.A. & SOARES, J.J. 2004. Variações florística e estrutural e relações fitogeográficas de um fragmento de floresta decidual no Rio Grande do Norte, Brasil. Acta bot. bras. 18:203-218. http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062004000200001

CESTARO, L.A. & SOARES, J.J. 2008. The arboreal layer of a lowlands semideciduous (Tabuleiro) forest fragment in Rio Grande do Norte, Brazil. Mem. New York Bot. Gard. 100:417-438.

COSTA, N.M.S. 2006. Revisão do género *Stylosanthes* Sw. Tese de Doutorado, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

COWAN, R.S. 1968. Flora neotropica monograph 1. *Swartzia* (Leguminosae, Caesalpinioideae, Swartzieae). Hafner Publishing Company, New York.

COWAN, R.S. 1981. Swartzieae. In Advances in legume systematics, part 1. (R.M. Polhill & P.H. Raven eds.). Royal Botanic Gardens, Kew. p.209-212. PMid:7304556.

DAMASO, P.P. 2009. Vegetação dunar: Caracterização estrutural de dunas no município de Natal-RN como subsídio para a implantação de técnicas de reflorestamento, recuperação e conservação do ecossistema. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

DELGADO-SALINAS, A. & LEWIS, G.P. 2008. A new species of *Macroptilium* (Benth.) Urb. (Leguminosae: Papilionoideae: Phaseolinae) from North-Eastern Brazil. Kew bull. 63:151-154. http://dx.doi.org/10.1007/s12225-007-9010-x

DELGADO-SALINAS, A., THULIN, M., PASQUET, R., WEEDEN, N. & LAVIN, M. 2011. *Vigna* (Leguminosae) sensu lato: The names and identities of the American segregate genera. Am J Bot. 98:1694-1715. PMid:21980163. http://dx.doi.org/10.3732/ajb.1100069

DIONÍSIO, G.P., BARBOSA, M.R.V. & LIMA, H.C. 2010. Leguminosas arbóreas em remanescentes florestais localizados no extremo norte da Mata Atlântica. Rev. nordest. biol. 19:15-24.

DOYLE, J.J., DOYLE, J.L., BALLENGER, J.A., DICKSON, E.E., KAJITA, T. & OHASHI, H. 1997. A phylogeny of the chloroplast gene *rbcL* in the Leguminosae: Taxonomic correlations and insights into the evolution of nodulation. Am J Bot. 84:541-554. PMid:21708606. http://dx.doi.org/10.2307/2446030

FANTZ, P.R. 1999. *Clitoria*. In Flora of the Venezuelan Guayana (Eriocaulaceae-Lentibulariaceae). (P.E. Berry, K. Yatskievych & B.K. Holst, eds.). Missouri Botanical Gardens, St. Louis, v. 5, p. 280-287.

FERNANDES, A. 1996. O táxon *Aeschynomene* no Brasil. EUFC, Fortaleza.

FERRAZ, E.M.N. & RODAL, M.J.N. 2008. Floristic characterization of a remnant ombrophilous montane forest at São Vicente, Pernambuco, Brazil. Mem. New York Bot. Gard. 100:474-516.

FERRAZ, E.M.N., ARAÚJO, E.L. & SILVA, S.I. 2004. Floristic similarities between lowland and montane areas of Atlantic Coastal Forest in Northeastern Brazil. Plant ecol. 174:59-70. http://dx.doi.org/10.1023/B:VEGE.0000046062.77560.f5

FERREIRA, C.G.T., OLIVEIRA, R.C., VALLS, J.F.M. & LOIOLA, M.I.B. 2009. Poaceae da Estação Ecológica do Seridó, Rio Grande do Norte, Brasil. Hoehnea. 36:679-707. http://dx.doi.org/10.1590/S2236-89062009000400008

FEVEREIRO, V.P.B. 1977. *Centrosema* (A.P. de Candolle) Bentham do Brasil-Leguminosae-Faboideae. Rodriguesia. 29:159-203.

FEVEREIRO, V.P.B. 1987. *Macroptilium* (Bentham) Urban do Brasil (Leguminosae-Faboideae-Phaseoleae-Phaseolinae). Arq. Jard. Bot. Rio J. 28:109-180.

FILARDI, F.L.R. 2012. *Machaerium*. In Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (R.C. Forzza et al., eds.): http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB023055. (último acesso em 19/11/2012).

FLORES, A.S. 2004. Taxonomia, números cromossômicos e químico de espécies de *Crotalaria* L. (Legumiosae-Papilionoideae) no Brasil. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

FORTUNA-PEREZ, A.P. 2009. O gênero *Zornia* J.F. Gmel. (Leguminosae, Papilionoideae, Dalbergieae): Revisão taxonômica das espécies ocorrentes no Brasil e filogenia. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

FORTUNA-PEREZ, A.P. 2013. *Vigna*. In Lista de Espécies da Flora do Brasil: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. (R.C. Forzza et al. eds.): http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB83860. (último acesso em 28/03/2013).

FORTUNA-PEREZ, A.P., SILVA, M.J., QUEIROZ, L.P., LEWIS, G.P., SIMÕES, A.O., TOZZI, A.M.G.A., SARKINEN, T. & SOUZA, A.P. 2013. Phylogeny and biogeography of the genus *Zornia* (Leguminosae: Papilionoideae: Dalbergieae). Taxon. 62:723-732.

FORTUNATO, R.H. 2012. *Rhynchosia*. In Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (R.C. Forzza et al., eds.). http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB023137. (último acesso em 19/11/2012).

FORZZA, R.C., STEHMANN, J.R., NADRUZ, M., FILARDI, F.L.R., COSTA, A., CARVALHO JUNIOR, A.A., PEIXOTO, A.L., WALTER, B.M.T., BICUDO, C., MOURA, C.W.N., ZAPPI, D., COSTA, D.P., LLERAS, E., MARTINELLI, G., LIMA, H.C., PRADO, J., BAUMGRATZ, J.F.A., PIRANI, J.R., SYLVESTRE, L.S., MAIA, L.C., LOHMANN, L.G., QUEIROZ, L.P., ALVES, M.V.S., SILVEIRA, M., MAMEDE, M.C.H., BASTOS, M.N.C., MORIM, M.P., BARBOSA, M.R., MENEZES, M., HOPKINS, M., EVANGELISTA, P.H.L., GOLDENBERG, R., SECCO, R., RODRIGUES, R.S., CAVALCANTI, T. & SOUZA, V.C. 2012. Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (R.C. Forzza et al., eds.). http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012. (último acesso em 19/11/2012).

FREIRE, M.S.B. 1990. Levantamento florístico do Parque das Dunas do Natal. Acta bot. bras. 4:41-59.

FUNCH, L.S. & BARROSO, G.M. 1999. Revisão taxonômica do gênero *Periandra* Mart. ex Benth. (Leguminosae, Papilionoideae, Phaseoleae). Rev. Bras. Bot. 22:339-356. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84041999000300001

GREAR, J.W. 1978. A revision of the new world species of *Rhynchosia* (Leguminosae–Faboideae). Mem. New York Bot. Gard. 31:1-168.

HARRIS, J.G & HARRIS, M.W. 2001. Plant identification terminology: An illustrated glossary. 2nd ed. Spring Lake Publishing, Payson.

HERENDEEN, P.S. 1995. Phylogenetic relationships of the Swartzieae. In Advances in legume systematics, part 7 (M.D. Crisp & J. Doyle, eds.). Royal Botanic Gardens, Kew, p.123-132.

HICKEY, M. & KING, C. 2000. The Cambridge illustrated glossary of botanical terms. Cambridge University Press, Cambridge.

HU, J.-M., LAVIN, M., WOJCIECHOWSKI, M.F. & SANDERSON, M.J. 2002. Phylogenetic analysis of nuclear ribosomal ITS/5.8S sequences in the tribe Millettieae (Fabaceae): *Poecilanthe-Cyclolobium*, the core Millettieae, and the *Callerya* group. Syst. Bot. 27:722-733.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 2013. Mapa de biomas brasileiros. http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_prod.shtm#MAPAS. (último acesso em 20/01/2013).

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAS & FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. 2008. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica, período 2008-2010. http://mapas.sosma.org.br/dados/ (último acesso em 02/11/2012).

IRELAND, H.E. 2005. Tribe Swartzieae. In Legumes of the world (G.P. Lewis, B. Schrire, B. Mackinder & M. Lock, eds.). Royal Botanic Gardens, Kew, p.214-225. PMid:16170064

IRELAND, H.E. 2007. Taxonomic changes in the South American genus *Bocoa* (Leguminosae-Swartzieae): Reinstatement of the name *Trischidium*, and a synopsis of both genera. Kew Bull. 62:333-349.

IRELAND, H. & PENNINGTON, R.T. 1999. A revision of *Geoffroea* (Leguminosae-Papilionoideae). Edinb. J. Bot. 56:329-347. http://dx.doi.org/10.1017/S0960428600001293

IRELAND, H., PENNINGTON, R.T. & PRESTON, J. 2000. Molecular systematics of the Swartzieae. In Advances in legume systematics, part 9 (P.S. Herendeen & A. Bruneau, eds.). Royal Botanic Gardens, Kew, p.217-231.

JACOMINE, P.K.T., SILVA, F.B.R., FORMIGA, R.A., ALMEIDA, J.C., BELTRÃO, V.A., PESSOA, S.C.P. & FERREIRA, R.C. 1971. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado do Rio Grande do Norte. SUDENE. Divisão de pesquisa pedológica, Recife, 526p.

KLITGAARD, B.B. & LAVIN, M. 2005. Tribe Dalbergieae. In Legumes of the world (G.P. Lewis, B. Schrire, B. Mackinder & M. Lock, eds.). Royal Botanic Gardens, Kew, p.307-335.

LAVIN, M., PENNINGTON, R.T., KLITGAARD, B.B., SPRENT, J.I., LIMA, H.C. DE & GASSON, P.E. 2001. The dalbergioid legumes (Fabaceae): Delimitation of a pantropical monophyletic clade. Am J Bot. 88:503-533. PMid:11250829. http://dx.doi.org/10.2307/2657116

LAVIN, M. & SCHRIRE, B.D. 2005. Tribe Sesbanieae. In Legumes of the world (G.P. Lewis, B. Schrire, B. Mackinder & M. Lock, eds.). Royal Botanic Gardens, Kew, p.452-453.

LEWIS, G.P. 1987. Legumes of Bahia. Royal Botanic Gardens, Kew.

LEWIS, G.P., SCHRIRE, B.D., MACKINDER, B.A. & LOCK, M. 2005. Legumes of the world. Royal Botanic Gardens, Kew.

LIMA, L.C.P. 2012a. Estudos filogenéticos em *Desmodium* Desv. (Leguminosae-Papilionoideae) e revisão taxonômica das espécies ocorrentes no Brasil. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana.

LIMA, L.C.P. 2012b. *Desmodium*. In Lista de espécies da flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (R.C. Forzza et al., eds.). http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB83062. (último acesso em 10/11/2012).

LIMA, H.C. 2013. *Pterocarpus*. In Lista de espécies da flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (R.C. Forzza et al., eds.). http://reflora.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB23133. (último acesso em 28/03/2013).

LIMA, J.R. & MANSANO, V.F. 2011. A família Leguminosae na Serra de Baturité, Ceará, uma área de Floresta Atlântica no semiárido brasileiro. Rodriguesia. 62:563-613.

LIMA, L.C.P., SARTORI, A.L.B. & POTT, V.J. 2006. *Aeschynomene* L. (Leguminosae, Papilionoideae, Aeschynomeneae) no Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. Hoehnea 33:419-453.

LIMA, H.C., TOZZI, A.M.G.A., FORTUNA-PEREZ, A.P., FLORES, A.S., VAZ, A.M.S.F., KLITGAARD, B.B., CARDOSO, D.B.O.S., FILARDI, F.L.R., GARCIA, F.C.P., LEWIS, G.P., IGANCI, J.R.V., MEIRELES, J.E., VALLS, J.F.M., LIMA, L.C.P., QUEIROZ, L.P., SILVA, M.J., MORIM, M.P., BARROS, M.J.F., QUEIROZ, R.T., FORTUNATO, R.H., PENNINGTON, T., MIOTTO, S.T., MOURA, T.M., DUTRA, V.F., MANSANO, V.F., SOUZA, V.C. & SCALON, V.R. 2009. Fabaceae. In Plantas da Floresta Atlântica (J.R. Stehmann, R.C. Forzza, M. Sobral & L.H.Y. Hamino, eds.). Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, p.259-283.

LOURENÇO, A.R.L. & BARBOSA, M.R.V. 2012. Myrtaceae em restingas no limite norte de distribuição da Mata Atlântica, Brasil. Rodriguesia. 63:373-393. http://dx.doi.org/10.1590/S2175-78602012000200011

MACKINDER, B.A. 1990. A new species of *Chaetocalyx* (Leguminosae-Papilionoideae) from Brazil. Kew Bull. 45:587-589. http://dx.doi.org/10.2307/4110525

MANSANO, V.F., TOZZI, A.M.G.A., LEWIS, G.P. 2004. A revision of the South American genus *Zollernia* Wied Neuw. & Nees (Leguminosae, Papilionoideae, Swartzieae). Kew bull. 59:497-520. http://dx.doi.org/10.2307/4110905

MANSANO, V.F., PINTO, R.B. & TORKE, B.M. 2012. *Swartzia*. In Lista de espécies da flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (R.C. Forzza et al., eds.). http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB019187. (último acesso em 10/10/2012).

MARÉCHAL, R., MASCHERPA, J. & STAINIER, F. 1978. Etude taxonomique d'un groupe complexe d'espèces des genres *Phaseolus* et *Vigna* (Papilionaceae) sur la base de donées morphologiques et polliniques, traitées parl'analyse informatique. Boissiera 28:1-273.

MELO, A., AMORIM, B.S., GARCÍA-GONZÁLES, J., PESSOA, E.M., MENDONÇA, E., CHAGAS, M., ALVES-ARAÚJO, A. & ALVES, M. 2011. Updated floristic inventory of the angiosperms of the Usina São José, Igarassu, Pernambuco, Brazil. Rev. Nordest. Biol. 20:3-26.

MIOTTO, S.T.S. 1987. Os gêneros *Centrosema* (DC.) Benth. e *Clitoria* L. (Leguminosae, Faboideae) no Rio grande do Sul. Iheringia. 36:15-39.

MÓL, D.F.F. 2010. Rubiaceae em um remanescente de Floresta Atlântica no Rio Grande do Norte, Brasil. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

MONTEIRO, R. 1994. The species of *Sesbania* Scop. (Leguminosae) in Brazil. Arch. Biol. Technol. 37:309-331.

MOREIRA, J.L.A. 1997. Estudo taxonômico da subtribo Phaseolinae Benth. (Leguminosae, Papilionoideae) no sudeste e centro-oeste do Brasil. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

NIMER, E. 1989. Climatologia do Brasil. 2 ed. IBGE: Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro.

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 seasonally dry forests: Plant diversity, biogeography, and conservation (R.T. Pennington, G.P. Lewis & J. Ratter, eds.). Taylor & Francis CRC Press, Boca Raton, p.59-192.

OHASHI, H. 2005. Tribe Desmodieae. In Legumes of the world (G.P. Lewis, B. Schrire, B. Mackinder & M. Lock, eds.). Royal Botanic Gardens, Kew. p.433-445.

PEEL, M.C., FINLAYSON, B.L. & McMAHON, T.A. 2007. Update world map of the Köppen-Geiger climate classification. Hydrology and Earth System Sciences 11:1633-1644. http://dx.doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007

POLHILL, R.M. 1981. Papilionoideae. In: Advances in legume systematics, part 1 (R.M. Polhill & P.H. Raven, eds.). Royal Botanic Gardens, Kew, p.191-208.

PENNINGTON, R.T. 1995. Cladistic analysis of chloroplast DNA restriction site characters in *Andira* (Leguminosae: Dalbergieae). Am J Bot. 82:526-534. http://dx.doi.org/10.2307/2445701

PENNINGTON, R.T. 2003. Monograph of *Andira* (Leguminosae-Papilionoideae). Syst. Botany Monographs. 64:1-143. http://dx.doi.org/10.2307/25027903

PENNINGTON, R.T., LAVIN, M., IRELAND, H., KLITGAARD, B., PRESTON, J. & HU, J.-M. 2001. Phylogenetic relationships of basal papilionoid legumes based upon sequences of the chloroplast *trnL* intron. Syst. Bot. 26:537-556.

PENNINGTON, R.T.; STIRTON, C.H. & SCHRIRE, B.D. 2005. Tribe Sophoreae. In: Legumes of the world (G.P. Lewis, B. Schrire, B. Mackinder & M. Lock, eds.). Royal Botanic Gardens, Kew, p.227-249.

QUEIROZ, L.P. 2009. Leguminosas da caatinga. EUEFS, Feira de Santana.

QUEIROZ, L.P. 2012. *Dioclea*. In Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (R.C. Forzza et al., eds.). http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB022948. (último acesso em 15/10/2012).

QUEIROZ, L.P. 2013. *Canavalia*. In Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (R.C. Forzza et al., eds.). http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB22855 (último acesso em 28/03/2013).

QUEIROZ, R.T. & LOIOLA, M.I.B. 2009. O gênero *Chamaecrista* Moench (Caesalpinoideae) em áreas do entorno do Parque Estadual das Dunas de Natal, Rio Grande do Norte, Brasil. Hoehnea 36:725-736. http://dx.doi.org/10.1590/S2236-89062009000400011

QUEIROZ, R.T. & TOZZI, A.M.G.A. 2012. *Tephrosia*. In Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (R.C. Forzza et al., eds.). http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB023204 (último acesso em 19/11/2012).

QUEIROZ, L.P., FORTUNATO, R.H. & GIULIETTI, A.M. 2003. Phylogeny of the Diocleinae (Papilionoideae: Phaseoleae) based on morphological characters. In Advances in legume systematics, part 10 (B.B. Klitgaard & A. Bruneau, eds.). Royal Botanic Gardens, Kew, p.303-324.

RADFORD, A.E., DICKISON, W.C., MASSEY, J.R. & BELL, C.R. 1974. Vascular plant systematics. Harper & Row, New York.

RIBEIRO, R.A., LAVIN, M., LEMOS-FILHO, J.P., MENDONÇA-FILHO, C.V., SANTOS, F.R. & LOVATO, M.B. 2007. The genus *Machaerium* (Leguminosae) is more closely related to *Aeschynomene* sect. *Ochopodium* than to *Dalbergia*: Inferences from combined sequence data. Syst. Botany 32:762-771. http://dx.doi.org/10.1600/036364407783390700

RIZZINI, C.T. 1997. Tratado de fitogeografia do Brasil: Aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos. 2nd ed. Âmbito Cultural Edições, Rio de Janeiro.

ROCHA, D.S.B. & AMORIM, A.M. 2012. Heterogeneidade altitudinal na Floresta Atlântica setentrional: Um estudo de caso no sul da Bahia. Acta Bot. Bras. 26:309-327.

ROCHA, L.N.G., MELO, J.I.M. & CAMACHO, R.G.V. 2012. Flora do Rio Grande do Norte, Brasil: Turneraceae Kunth ex DC. Rodriguesia. 63:1085-1099. http://dx.doi.org/10.1590/S2175-78602012000400020

RODAL, M.J.N., BARBOSA, M.R.V. & THOMAS, W.W. 2008. Do the seasonal forests in northeastern Brazil represent a single floristic unit? Braz. J. Biol. 68:467-475. PMid:18833467. http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842008000300003

ROJO, J.P. 1972. *Pterocarpus* (Leguminosae-Papilionoideae) revised for the world. Monogr. Phan. 5:1-119.

RUDD, V.E. 1955. The American species of *Aeschynomene*. Bull. U. S. Nat. Herb. 32:1-172.

RUDD, V.E. 1958. A revision of the genus *Chaetocalyx*. Contrib. U. S. Nat. Herb. 32:207-245.

RUDD, V.E. 1972. Suplementary studies in *Chaetocalyx* (Leguminosae) including a new species from Brazil. Phytologia. 24:295-297.

RUDD, V.E. 1981. Aeschynomeneae. In Advances in legume systematics, part 1 (R.M. Polhill & P.H. Raven, eds.). Royal Botanic Gardens, Kew. p.347-354.

RUDD, V.E. 1996. *Chaetocalyx longiloba* (Fabaceae, Papilionoideae), a new species from Peru. Novon. 6:119. http://dx.doi.org/10.2307/3392223

SANTOS, A.M.M., CAVALCANTI, D.R., SILVA, J.M.C. & TABARELLI, M. 2007. Biogeographical relationships among tropical forests in north-eastern Brazil. J. Biogeogr. 34:437-446. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01604.x

SAUER, J. 1964. Revision of *Canavalia*. Brittonia 16:106-181. http://dx.doi.org/10.2307/2805094

SCHRIRE, B.D. 2005a. Tribe Abreae. In Legumes of the world (G.P. Lewis, B. Schrire, B. Mackinder & M. Lock, eds.). Royal Botanic Gardens, Kew, p.388-391.

SCHRIRE, B.D. 2005b. Tribe Indigofereae. In: Legumes of the world (G.P. Lewis, B. Schrire, B. Mackinder & M. Lock, eds.). Royal Botanic Gardens, Kew, p.361-365.

SCHRIRE, B.D. 2005c. Tribe Millettieae. In: Legumes of the world (G.P. Lewis, B. Schrire, B. Mackinder & M. Lock, eds.). Royal Botanic Gardens, Kew, p.366-387.

SCHRIRE, B.D. 2005d. Tribe Phaseoleae. In: Legumes of the world (G.P. Lewis, B. Schrire, B. Mackinder & M. Lock, eds.). Royal Botanic Gardens, Kew. p.393-431.

SCHRIRE, B.D., LAVIN, M., BARKER, N.P. & FOREST, F. 2009. Phylogeny of the tribe Indigofereae (Leguminosae-Papilionoideae): Geographically structured more in succulent-rich and temperate settings than in grass-rich enviroments. Am J Bot. 96:816-852. PMid:21628237. http://dx.doi.org/10.3732/ajb.0800185

SCHULTZE-KRAFT, R.; WILLIANS, R.J. & CORADIN, L. 1990. Biogeography of *Centrosema*. In *Centrosema*: Biology, agronomy, and utilization (R. Schultse-Kraft & R.J. Clements eds.). Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT, Cali. p. 29-76.

SILVA, J.O.N. 2009. A família Myrtaceae no Parque Estadual das Dunas do Natal-RN, Brasil. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

SILVA, M.J. 2010. Filogenia e biogeografia de *Lonchocarpus s.l.* e revisão taxonômica dos gêneros *Muellera* L.f. e *Dahlstedtia* Malme (Leguminosae, Papilionoideae, Millettieae). Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SILVA, R.R., FORTUNA-PEREZ, A.P. & TOZZI, A.M.G.A. 2007. Novas ocorrências de Leguminosae para o Mato Grosso do Sul, Brasil. Rodriguesia. 58:249-254.

SILVA, M.J., QUEIROZ, L.P., TOZZI, A.M.G.A., LEWIS, G.P. & SOUSA, A.P. 2012. Phylogeny and biogeography of *Lonchocarpus* sensu lato and its allies in the tribe Millettieae (Leguminosae, Papilionoideae). Taxon. 61:93-108.

SIMON, M.F., GRETHER, R., QUEIROZ, L.P., SKEMA, C.; PENNINGTON, R.T., HUGHES, C.E. 2009. Recent assembly of the Cerrado, a neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 106:20359-20364. PMid:19918050 PMCid:PMC2787167. http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0903410106

SOUZA, V.C. 2013. *Centrosema*. In: Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (R.C. Forzza et al., eds.). http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB18271 (último acesso em 28/03/2013).

STEFANOVIĆ, S., PFEIL, B.E., PALMER, J.D. & DOYLE, J. 2009. Relationships among phaseoloid legumes based on sequences from eight chloroplast regions. Syst. Bot. 34:115-128. http://dx.doi.org/10.1600/036364409787602221

STEHMANN, J.R., FORZZA, R.C., SOBRAL, M. & KAMINO, L.H.Y. 2009. Gimnospermas e angiospermas. In Plantas da Floresta Atlântica (J.R. Stehmann, R.C. Forzza, M. Sobral & L.H.Y. Hamino, eds.). Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, p.27-37.

TABARELLI, M., MELO, M.D.V.C. & LIRA, O.C. 2006. Os estados da Mata Atlântica: Nordeste. In Mata Atlântica uma rede pela floresta (M. Campanili & M. Prochnow, eds.). RMA, Brasília, p.149-164.

THIERS, B. 2012. Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Gardens Virtual Herbarium. http://sweetgum.nybg.org/ih/ (ultimo acesso em 02/11/2012).

TORKE, B.M. & SCHAAL, B.A. 2008. Molecular phylogenetics of the species-rich neotropical genus *Swartzia* (Leguminosae, Papilionoideae) and related genera of the swartzioid clade. Am J Bot. 95:215-228. PMid:21632346. http://dx.doi.org/10.3732/ajb.95.2.215

VAN WYK, B.-E. 2003. The value of chemosystematics in clarifying relationships in the genistoid tribes of papilionoid legumes. Biochem. syst. ecol. 31:875-884. http://dx.doi.org/10.1016/S0305-1978(03)00083-8

VAN WYK, B.-E. 2005. Tribe Crotalarieae. In Legumes of the world (G.P. Lewis, B. Schrire, B. Mackinder & M. Lock, eds.). Royal Botanic Gardens, Kew, p.273-281.

VANNI, R.O. 2001. El género *Desmodium* (Leguminosae, Desmodieae) en Argentina. Darwiniana. 39:255-285.

WOJCIECHOWSKI, M.F., LAVIN, M. & SANDERSON, M.J. 2004. A phylogeny of legumes (Leguminosae) based on analysis of the plastid *matK* gene resolves many well-supported subclades within the family. Am J Bot. 91:1846-1862. PMid:21652332. http://dx.doi.org/10.3732/ajb.91.11.1846

Recebido em 27/06/2013
Versão reformulada recebida em 08/11/2013
Publicado em 05/12/2013

Structure and floristic relationships between Cerrado *sensu stricto* sites on two types of substrate in northern Cerrado, Brazil

Helena Lara Lemos[1,4], José Roberto Rodrigues Pinto[2], Henrique Augusto Mews[1] & Eddie Lenza[3]

[1]Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Universidade de Brasília – UnB, CP 4357, CEP 70919-970, Brasília, DF, Brazil
[2]Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília – UnB, CP 4357, CEP 70919-970, Brasília, DF, Brazil
[3]Departamento de Ciências Biológicas, Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, CP 08, CEP 78690-000, Nova Xavantina, MT, Brazil
[4]Corresponding author: Helena Lara Lemos, e-mail: lena_bio@yahoo.com.br

LEMOS, H.L., PINTO, J.R.R., MEWS, H.A. & LENZA, E. **Structure and floristic relationships between Cerrado *sensu stricto* sites on two types of substrate in northern Cerrado, Brazil**. Biota Neotrop. (13)4: http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/en/abstract?article+bn02213042013

Abstract: We described and compared the floristic composition, richness, species diversity and structure of the tree-shrub component in pairs of Typical Cerrado (*Cerrado Típico*) and rocky outcrop Cerrado (*Cerrado Rupestre*) in two localities in Tocantins State. In each locality, we set up 10 plots of 20 × 50 m at a site, the *Cerrado Típico* and other *Cerrado Rupestre*, and sampled the individuals with $Db_{30cm} \geq 5$ cm. The rocky outcrop Cerrado did not present any trend towards lower richness and basal area compared to the Cerrado on deep soil. Few species occurred across the four sites and only two important species (*Anacardium occidentale* and *Qualea parviflora*) in the four vegetation structure were common to both environments assessed. Furthermore, the occurrence of habitat-specialist species of rocky outcrops and high altitudes (*Mimosa claussenii*, *Tibouchina papyrus*, *Schwartzia adamantium* and *Wunderlichia cruelsiana*) and the high dissimilarity among sites suggest that altitude is the main responsible for the floristic dissimilarity, followed by the influence of substrate type. Therefore, the information with respect to phytophysiognomy type as a parameter to select areas for conservation, by itself, does not effectively ensure biodiversity preservation, owing to the existing flora heterogeneity not only at local but also at regional scale, revealed by the floristic and structural particularity of each site.
Keywords: *Brazilian savanna, Cerrado Rupestre, Cerrado Típico, conservation, floristic similarity.*

LEMOS, H.L., PINTO, J.R.R., MEWS, H.A. & LENZA, E. **Relações florístico-estruturais entre áreas de Cerrado sentido restrito sobre dois tipos de substrato na porção norte do Cerrado, Brasil**. Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/pt/abstract?article+bn02213042013

Resumo: Descrevemos e comparamos a composição florística, a riqueza, a diversidade de espécies e a estrutura do componente arbustivo-arbóreo em pares de Cerrado Típico e Cerrado Rupestre em duas localidades no Estado de Tocantins. Em cada localidade, alocamos 10 parcelas de 20 × 50 m em um sítio de Cerrado Típico e em outro de Cerrado Rupestre e amostramos os indivíduos com $Db_{30cm} \geq 5$ cm. Não identificamos tendência de que o Cerrado sobre solo raso com afloramentos rochosos tivesse riqueza e área basal inferiores ao Cerrado sobre solo profundo. Poucas espécies ocorreram nos quatro sítios e apenas duas espécies (*Anacardium occidentale* e *Qualea parviflora*) importantes para a estruturação das quatro vegetações foram comuns aos dois ambientes analisados. Aliado a isso, a ocorrência de espécies habitat-especialistas de ambientes com afloramentos rochosos e de elevadas altitudes (*Mimosa claussenii*, *Tibouchina papyrus*, *Schwartzia adamantium* e *Wunderlichia cruelsiana*) e a elevada dissimilaridade entre os sítios sugerem a altitude como principal responsável pela dissimilaridade florística, seguida pela influência do tipo de substrato. Assim, a utilização apenas da informação sobre o tipo fitofisionômico como parâmetro para escolha de áreas para conservação não garante a preservação efetiva da biodiversidade devido à heterogeneidade das floras existentes, tanto em escala local como regional, demonstrada pela particularidade florística e estrutural de cada sítio.
Palavras-chave: *Savana brasileira, Cerrado Rupestre, Cerrado Típico, conservação, similaridade florística.*

Introduction

Cerrado is considered the tropical savanna with the world's greatest species richness (Silva et al. 2006), comprising nearly 33% of the Brazilian biodiversity (Aguiar et al. 2004). According to Ribeiro & Walter (2008), the high biodiversity found in the Cerrado biome is partially due to its mosaic of plant formations as well as the different substrates on which the vegetation is established, addition of past climate changes (Oliveira-Filho & Ratter 2002). In spite of this mosaic, the Cerrado is best characterized by the savannic formation locally named Cerrado *sensu stricto*, which occupies nearly 85% of the biome's core area (Eiten 1993). The Cerrado *sensu stricto* was subdivided by Ribeiro & Walter (2008) into *Cerrado Denso* (Dense Cerrado), *Cerrado Típico* (Typical Cerrado), *Cerrado Ralo* (Sparse Cerrado) and *Cerrado Rupestre* (rocky outcrop Cerrado), whereas the first three occur on deep soils and the latter on shallow soils with rocky outcrops and rugged relief.

Several studies assessed phytogeographic patterns in Cerrado *sensu stricto* (Rizzini 1963, Warming 1973, Rizzo 1981, Felfili & Felfili 2001, Ratter et al. 2003, Silva et al. 2006, Costa et al. 2010). Nonetheless, such studies focused on Cerrado *sensu stricto* sites on deep soil and mostly in the core portion of the biome, without considering the vegetation on rocky outcrops and that in peripheral, transitional or regions in contact with adjacent biomes.

Recent floristic and phytogeographic studies conducted in Cerrado *sensu stricto* have focused particularly on *Cerrado Rupestre* sites in Goiás (Lenza et al. 2011, Maracahipes et al. 2011, Santos et al. 2012) and Mato Grosso States (Felfili et al. 2002, Gomes et al. 2011) as well as in the Federal District (Amaral et al. 2006). Gomes et al. (2011) and Abreu et al. (2012) compared the Cerrado *sensu stricto* flora and structure on different substrates. Such authors concluded that, at local scale, the floristic and structure difference between *Cerrado Rupestre* and other types of Cerrado *sensu stricto* is reflex of the substrate on the selection of specialist species in habitats which prefer soils with rocky outcrops, dominating the community structure. Nevertheless, these types of study are very recent in other regions wherein the Cerrado *sensu stricto* on shallow and rocky soils occur, such as the States of Bahia, Minas Gerais and Tocantins, resulting in a gap in knowledge concerning this phytophysiognomy's flora and structure.

The fact that the Tocantins State is located in the most preserved portion of the biome (Sano et al. 2009) and in the zone of contact between Cerrado, Caatinga and Amazon Forest biomes, makes it a major source of scientific information (Instituto... 1992). This State's native vegetation presents 53.4% of its area covered by savannic and grassland formations (Cerrado *sensu lato*), 11.7% by forest formations (seasonal, ombrophilous and those associated with watercourses) and 34.9% by planted and natural pastures as well as anthropized areas, whereas nearly 70% of this State's terrain is suitable for agropastoral activities (Tocantins 2012). As a result, there is an inverse relation between anthropic activity expansion and knowledge regarding its vegetation diversity, floristic composition and structure. On the other hand, few studies have been conducted in the region, within which some were conducted at a single moment and presented characteristics of environmental diagnosis (Brito et al. 2002, Carvalho 2009), while others assessed the vegetation floristic and structure (Santos et al. 2006, Rezende 2007, Martins et al. 2011).

In this context, we described and compared the floristic composition, richness and diversity of species as well as the structure of the tree-shrub component of *Cerrado Típico* and *Cerrado Rupestre* pairs in two localities in Tocantins State in order to answer the following questions: 1) Are there differences in richness and diversity of tree-shrub species between adjacent *Cerrado Típico* and *Cerrado Rupestre* sites? 2) Do both the vegetation floristic composition and structure differ between the studied sites, despite their adjacent location in the landscape? We hope that the answers to the questions can support actions aiming at conserving Cerrado's threatened biodiversity, especially its northern portion.

Material and Methods

Study areas – We selected two localities across the latitudinal gradient of Tocantins State, Brazil (Figure 1). The first locality is in the municipality of Palmas, Central portion of the State and at the margin of the Luiz Eduardo Magalhães Hydroelectric Power Plant lake, at coordinates 10°10'S and 48°16'W (Figure 1). The altitude in the region ranges from 200 to 400 m (Table 2) and the average annual rainfall from 1,800 to 1,900 mm, and the main soil types are Latosols and Plinthosols (Tocantins 2012). The second location is in the municipality of Natividade, southeastern Tocantins, at coordinates 11°41'S and 47°42'W (Figure 1). The altitude ranges from 300 to 1,000 m (Table 2), the average annual rainfall is 1,600 mm and the main soil types are Latosols and Litholic, Fluvic and Quartzarenic Neosols (Tocantins 2012).

1. Sampling

In each locality we selected one *Cerrado Típico* site (Palmas = TP and Natividade = TN) and one *Cerrado Rupestre* site (Palmas = RP and Natividade = RN). In each site, we set up 10 plots of 20 × 50 m and measured diameter and height of all tree-shrub individuals with base diameter measured at 30 cm above ground level (Db_{30}) ≥ 5 cm, as recommended by Felfili et al. (2005). We calculated the quadratic diameter of the ramifications (square root of the sum of the diameters' squares) for all individuals with forked stems below the 30 cm, which equal the sum of the sectional areas of the branches as a descriptor of the basal area of the individual (Moro & Martins 2011).

We used the APG III (Angiosperm… 2009) botanical classification system and the taxa names were updated from the *Lista de Espécies da Flora do Brasil* (Jardim… 2013). The botanical material collected will be deposited at HUTO Herbarium, University of Tocantins (UNITINS).

Data analysis – In order to compare species richness among sites we used the rarefaction method based on the number of individuals (Gotelli & Colwell 2001) in software EcoSim 7 (Gotelli & Entsminger 2001) and calculated the *p* value based on the normal distribution Z test (Zar 1999). We also performed the chi-squared test so as to investigate differences in the proportion of exclusive species and those shared among sites in software PAST 2.0 (Hammer et al. 2001). We elaborated Diversity Profiles (Tóthmérész 1995) in order to compare species diversity among sites through the Rényi exponential series in software PAST 2.0 (Hammer et al. 2001). According to Tóthmérész (1995) and Melo (2008), Diversity Profiles generalize the different weights that diversity indices provide to rare species, that is, low abundant, so that they avoid choosing one index to the detriment of the other.

In order to compare the vegetation structure among sites we assessed density and basal area per hectare, and compared diameter and height medians through Kruskal-Wallis and Mann-Whitney U test, respectively, in software PAST 2.0 (Hammer et al. 2001). In addition, we calculated the conventional phytosociological parameters (Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974) in software Mata Nativa 2 (CIENTEC 2006).

Furthermore, we performed the TWINSPAN (Two-Way Indicator Species Analysis) classification analysis in software PC-ORD 6 (McCune & Mefford 2011) using the default cutoff level of pseudospecies (0:2:5:10:20). We used this analysis to grouping

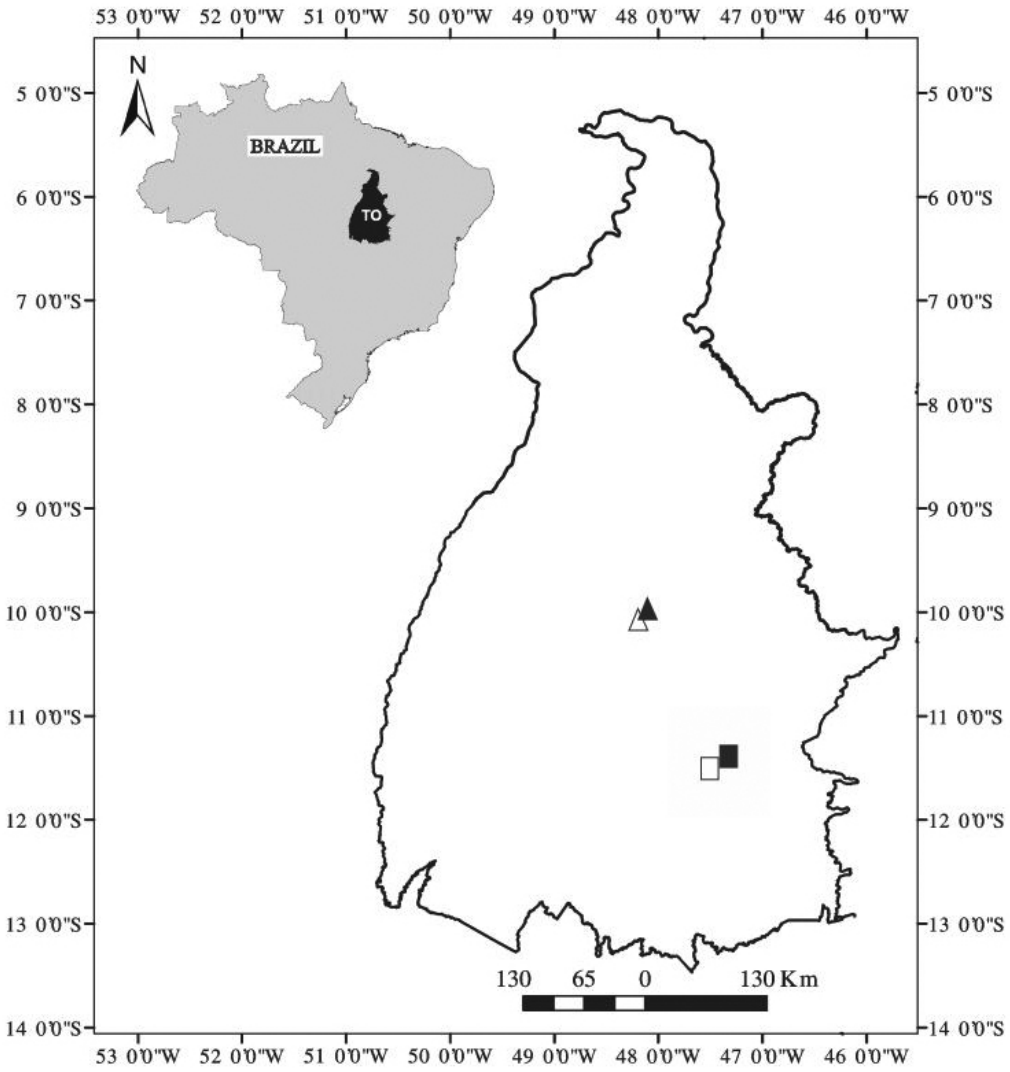


Figure 1. Locations of the Cerrado *sensu stricto* sites sampled on two types of substrate in Tocantins State, Brazil, pointing out the sites: *Cerrado Típico* Palmas (▲), *Cerrado Rupestre* Palmas (Δ), *Cerrado Típico* Natividade (■) and *Cerrado Rupestre* Natividade (□).

the sampling units according to floristic similarities based on species abundance in the plots (Kent & Coker 1992). We tested the consistency of the groups formed by TWINSPAN through ANOSIM (Clarke 1993) with Bray-Curtis coefficient in software PAST 2.0 (Hammer et al. 2001). We calculated the test's significance (p) after 9,999 permutations with sequential Bonferroni correction in the pair to pair p comparison, as suggested by Quinn & Keough (2002).

We used Jaccard similarity index (qualitative) and Bray-Curtis index (quantitative) (Magurran 2011) so as to compare the floristic composition among sites. At last, we conducted the Indicator Species Analysis (ISA) (Dufrêne & Legendre 1997) in software PC-ORD 6 (McCune & Mefford 2011) aiming at identifying species preference among sites. A 5% level of significance was considered in all statistical analyses.

Results

We registered, in the four sites, 144 species distributed in 87 genera and 46 botanical families (Tables 1 and 2). We identified nine species (6.25%) at gender level and four (2.77%) at family level (Table 1). Within the 144 species sampled, 19 (13.19%) were considered of wide regional distribution owing to their occurrence in the four sites, 23 (15.97%) were common to three and 31 (21.53%) to two sites. On the other hand, most species (71 or 49.31%) were considered of restricted distribution since they occurred in only one site. Within the total of species registered, 24 (16.7%) occurred in only one of the 40 plots sampled and, within these, 21 species (14.6%) occurred with only one individual and were locally considered rare.

The *Cerrado Típico* of Natividade (TN) presented the greatest number of exclusive species, followed by RP, TP and RN (Table 2). Moreover, in TN it was also found a greater number of species, while the *Cerrado Rupestre* of Palmas (RP), considering its lower number of individuals, presented higher estimated and observed richness than the *Cerrado Rupestre* of Natividade (RN) and the *Cerrado Típico* of Palmas (TP).

Once the same sampling effort in terms of number of individuals (857 per area) is considered, the estimated richness in TN (S' = 75) was higher than RN (S' = 53; z = -22.00; $p < 0.0001$) and TP (S' = 61; z = -6.26; $p < 0.0001$) but lower than RP (S' = 80; z = -2.24; $p = 0.0127$). In TP, 61 species would be sampled, while 80 in TP (z = -18.12; $p < 0.0001$) and 53 in RN (z = -7.30; $p < 0.0001$). Yet, 53 species would be sampled in RN, which is lower than the observed richness in RP (S' = 80; z = 1.10; $p < 0.0001$). Thus, the following decreasing order of species richness would be registered: RP (80) >

Table 1. Tree-shrub species in Cerrado *sensu stricto* sites sampled on two types of substrate in Tocantins State, Brazil, and their respective phytosociological parameters. RP = *Cerrado Rupestre* Palmas; RN = *Cerrado Rupestre* Natividade; TP = *Cerrado Típico* Palmas; TN = *Cerrado Típico* Natividade; D = Absolute Density (ind.ha^{-1}); F = Absolute Frequency (number of plots of 20 × 50 m, a total of 10 plots per area); DoA = Absolute Dominance in basal area (m^2.ha^{-1}); IVI = Importance Value Index (%).

FAMILY/ SPECIES	RP				RN				TP				TN			
	D	F	DoA	IVI	D	F	DoA	IVI	D	F	DoA	IVI	D	F	DoA	IVI
ANACARDIACEAE																
Anacardium occidentale L.	25	9	0.6788	13.19	36	8	0.5770	13.18	44	9	0.2898	10.95	29	10	1.1616	15.31
Astronium fraxinifolium Schott	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	0.0297	1.35
Tapirira guianensis Aubl.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	0.0029	0.39
ANNONACEAE																
Annona coriacea Mart.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	0.0020	0.38
Annona crassiflora Mart.	1	1	0.0326	0.83	-	-	-	-	2	2	0.0119	1.03	-	-	-	-
Xylopia aromatica (Lam.) Mart.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	3	0.0987	2.36
APOCYNACEAE																
Aspidosperma discolor A.DC.	1	1	0.0250	0.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aspidosperma macrocarpon Mart.	4	3	0.0774	2.39	6	3	0.0398	2.36	27	9	0.1410	7.47	-	-	-	-
Aspidosperma multiflorum A.DC.	1	1	0.0127	0.63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aspidosperma nobile Mull.Arg.	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	0.0033	0.48	-	-	-	-
Aspidosperma sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	0.0046	0.40
Aspidosperma tomentosum Mart.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	0.0092	1.17
Hancornia speciosa Gomes	1	1	0.0206	0.71	-	-	-	-	21	8	0.0772	5.76	25	9	0.1209	5.64
Himatanthus obovatus (Mull.Arg.) Woodson	1	1	0.0058	0.56	3	3	0.0162	1.82	-	-	-	-	1	1	0.0072	0.43
ARALIACEAE																
Schefflera vinosa (Cham. and Schltdl.) Frodin and Fiaschi	3	2	0.0272	1.39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ARECACEAE																
Syagrus comosa (Mart.) Mart.	13	6	0.0927	4.75	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	0.0054	0.41
Syagrus flexuosa (Mart.) Becc.	5	4	0.0252	2.37	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	0.0123	1.20
ASTERACEAE																
Asteraceae NI	-	-	-	-	3	3	0.0103	1.76	-	-	-	-	-	-	-	-
Piptocarpha rotundifolia (Less.) Baker	5	2	0.0325	1.68	-	-	-	-	4	2	0.0135	1.25	-	-	-	-
Wunderlichia cruelsiana Taub.	-	-	-	-	9	6	0.2206	5.88	-	-	-	-	-	-	-	-
BIGNONIACEAE																
Handroanthus ochraceus (Cham.) Mattos	6	4	0.0724	2.96	1	1	0.0072	0.62	11	6	0.0568	3.84	-	-	-	-
Handroanthus serratifolius (A.H.Gentry) S.Grose	3	3	0.0390	1.89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tabebuia aurea (Silva Manso) Benth. and Hook.f. ex S.Moore	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	0.0046	0.40
BURSERACEAE																
Protium heptaphyllum (Aubl.) Marchand	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	0.0025	0.38
CALOPHYLLACEAE																
Kielmeyera coriacea Mart. and Zucc.	2	2	0.0096	1.10	1	1	0.0026	0.58	11	5	0.0416	3.31	1	1	0.0019	0.38
Kielmeyera lathrophyton Saddi	2	1	0.0093	0.71	5	2	0.0322	1.73	37	10	0.2730	10.40	-	-	-	-
Kielmeyera rubriflora Cambess.	2	2	0.0064	1.06	-	-	-	-	35	9	0.1340	8.16	-	-	-	-
CARYOCARACEAE																
Caryocar coriaceum Wittm.	10	3	0.5797	8.14	-	-	-	-	27	8	0.3331	9.46	23	9	0.8076	11.45
CELASTRACEAE																
Plenckia populnea Reissek	-	-	-	-	45	9	0.4107	12.81	-	-	-	-	2	2	0.0057	0.77
Salacia crassifolia (Mart. Ex Schult.) G.Don	1	1	0.0127	0.63	8	6	0.0844	4.38	4	3	0.0101	1.55	8	4	0.0532	2.25
CHRYSOBALANACEAE																
Couepia grandiflora (Mart. and Zuuc.) Benth.	-	-	-	-	51	9	0.7492	16.91	-	-	-	-	1	1	0.0072	0.43
Hirtella ciliata Mart. and Zucc.	4	2	0.0346	1.58	-	-	-	-	24	8	0.1030	6.36	-	-	-	-
COMBRETACEAE																
Terminalia argentea Mart.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	0.0046	0.40
Terminalia fagifolia Mart.	-	-	-	-	6	2	0.0732	2.26	-	-	-	-	-	-	-	-
CONNARACEAE																
Connarus suberosus Planch.	23	7	0.1083	6.45	7	6	0.0332	3.75	12	5	0.0884	3.98	8	6	0.0342	2.64
Rourea induta Planch.	37	8	0.1454	8.84	5	1	0.0129	1.09	2	2	0.0048	0.94	7	4	0.0239	1.91
DILLENIACEAE																

Table 1. Continued...

FAMILY/ SPECIES	RP				RN				TP				TN			
	D	F	DoA	IVI	D	F	DoA	IVI	D	F	DoA	IVI	D	F	DoA	IVI
Curatella americana L.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	82	10	0.9020	17.43
Davilla grandiflora A.St.-Hil.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	0.0064	0.78
Davilla elliptica A.St.-Hil.	65	8	0.3730	14.40	-	-	-	-	15	5	0.0504	3.81	29	9	0.1037	5.82
EBENACEAE																
Diospyros coccolobifolia Mart. ex Miq.	2	2	0.0166	1.17	-	-	-	-	3	2	0.0157	1.18	-	-	-	-
Diospyros hispida A.DC.	15	5	0.1033	4.70	1	1	0.0026	0.58	3	2	0.0250	1.29	47	10	0.2874	9.19
ERYTHROXYLACEAE																
Erythroxylum deciduum A. St.-Hil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	4	0.0285	1.78
Erythroxylum sp. 1	1	1	0.0065	0.57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erythroxylum sp. 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	0.0032	0.39
Erythroxylum suberosum A. St.-Hil.	11	6	0.0411	4.00	20	8	0.0632	6.26	8	3	0.0243	2.11	1	1	0.0024	0.38
Erythroxylum tortuosum Mart.	-	-	-	-	1	1	0.0023	0.57	-	-	-	-	15	9	0.0474	4.17
EUPHORBIACEAE																
Manihot sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2	0.0076	1.08	-	-	-	-
FABACEAE																
Andira cujabensis Benth.	3	2	0.0917	2.04	-	-	-	-	13	5	0.1507	4.83	-	-	-	-
Andira vermifuga (Mart.) Benth.	7	2	0.0486	2.07	7	5	0.1892	4.91	25	8	0.1552	7.10	3	3	0.0488	1.51
Bowdichia virgilioides Kunth	5	3	0.0756	2.49	9	6	0.1931	5.60	29	9	0.2113	8.52	10	7	0.0770	3.46
Cenostigma tocantinum Ducke	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1	0.0077	0.73	-	-	-	-
Chamaecrista orbiculata (Benth.) H.S.Irwin and Barneby	-	-	-	-	3	1	0.0099	0.85	-	-	-	-	-	-	-	-
Copaifera coriacea Mart.	1	1	0.0316	0.82	-	-	-	-	10	3	0.0307	2.39	-	-	-	-
Copaifera langsdorffii Desf.	-	-	-	-	8	4	0.1805	4.47	-	-	-	-	1	1	0.0027	0.39
Dalbergia miscolobium Benth.	-	-	-	-	-	-	-	-	19	8	0.0883	5.70	-	-	-	-
Dimorphandra gardneriana Tul.	13	6	0.1023	4.84	-	-	-	-	43	10	0.3231	11.60	8	4	0.0341	2.08
Dimorphandra mollis Benth.	1	1	0.0030	0.53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dipteryx alata Vogel	1	1	0.0097	0.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Enterolobium gummiferum (Mart.) J.F.Macbr.	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	0.0021	0.47	1	1	0.0140	0.49
Hymenaea courbaril L.	1	1	0.0046	0.55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hymenaea stigonocarpa Mart. Ex Hayne	16	6	0.1774	5.95	2	2	0.0238	1.35	-	-	-	-	9	5	0.0538	2.61
Machaerium acutifolium Vogel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	4	0.0852	2.28
Machaerium opacum Vogel	-	-	-	-	1	1	0.0024	0.58	-	-	-	-	6	5	0.1516	3.22
Martiodendron mediterraneum (Mart. Ex Benth.) R.C.Koeppen	-	-	-	-	-	-	-	-	5	1	0.0166	1.04	-	-	-	-
Mimosa claussenii Benth.	-	-	-	-	1	1	0.0033	0.59	-	-	-	-	-	-	-	-
Plathymenia reticulata Benth.	3	2	0.0751	1.87	-	-	-	-	24	7	0.1356	6.42	6	5	0.0680	2.49
Pterodon emarginatus Vogel	-	-	-	-	-	-	-	-	5	3	0.0210	1.78	-	-	-	-
Pterodon pubescens (Benth.) Benth.	-	-	-	-	1	1	0.0424	0.99	-	-	-	-	8	6	0.1274	3.45
Stryphnodendron adstringens (Mart.) Coville	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	0.0024	0.47	-	-	-	-
Stryphnodendron rotundifolium Mart.	1	1	0.0079	0.58	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	0.0124	0.83
Tachigali aurea Tul.	14	7	0.0995	5.32	33	5	0.4115	9.81	4	2	0.0167	1.29	28	10	0.2576	7.36
Tachigali vulgaris L.G. Silva and H. C. Lima	-	-	-	-	-	-	-	-	26	6	0.1870	6.89	72	10	0.8200	15.89
Vatairea macrocarpa (Benth.) Ducke	1	1	0.0095	0.60	2	2	0.0243	1.35	34	9	0.1351	8.08	7	4	0.0337	1.99
ICACINACEAE																
Emmotum nitens (Benth.) Miers	2	1	0.0269	0.89	1	1	0.0595	1.17	24	6	0.3949	9.23	1	1	0.0024	0.38
LAMIACEAE																
Vitex polygama Cham.	1	1	0.0147	0.65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LAURACEAE																
Lauraceae NI	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	0.0043	0.59	-	-	-	-
LOGANIACEAE																
Strychnos pseudoquina A.St.-Hil.	4	2	0.0711	1.95	-	-	-	-	4	3	0.0569	2.12	-	-	-	-
LYTHRACEAE																
Lafoensia pacari A.St.-Hil	1	1	0.0115	0.62	5	1	0.0592	1.56	-	-	-	-	9	6	0.0229	2.62
MALPIGHIACEAE																
Banisteriopsis latifolia (A.Juss.) B.Gates	-	-	-	-	18	6	0.1330	5.88	-	-	-	-	-	-	-	-
Byrsonima coccolobifolia Kunth	2	2	0.0308	1.31	28	7	0.1764	7.78	38	10	0.1634	9.16	85	10	0.4630	13.86

Table 1. Continued...

FAMILY/ SPECIES	RP				RN				TP				TN			
	D	F	DoA	IVI	D	F	DoA	IVI	D	F	DoA	IVI	D	F	DoA	IVI
Byrsonima crassifolia (L.) Kunth	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	0.0131	0.60	-	-	-	-
Byrsonima pachyphylla A.Juss.	75	10	0.7706	20.33	35	5	0.1778	7.60	9	4	0.0311	2.64	41	10	0.2648	8.50
Byrsonima verbascifolia (L.) DC.	-	-	-	-	2	1	0.0074	0.73	2	2	0.0052	0.95	1	1	0.0286	0.61
Heteropterys byrsonimifolia A. Juss.	25	6	0.1404	6.63	8	6	0.0476	4.00	2	1	0.0046	0.60	20	8	0.0688	4.49
MALVACEAE																
Eriotheca gracilipes (K.Schum.) A. Robyns	1	1	0.0039	0.54	26	7	0.2133	7.96	4	2	0.0434	1.61	1	1	0.0115	0.46
Eriotheca pubescens (Mart. and Zucc.) Schott and Encl.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	0.0126	0.84
Eriotheca sp.	6	4	0.1712	3.95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pseudobombax longiflorum (Mart. and Zucc.) A.Robyns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	0.0341	1.75
MARCGRAVIACEAE																
Schwartzia adamantium (Cambess.) Bedell ex Gir.-Cañas	-	-	-	-	33	9	0.8944	16.60	-	-	-	-	-	-	-	-
MELASTOMATACEAE																
Miconia albicans (Sw.) Triana	8	4	0.0377	2.85	-	-	-	-	2	2	0.0049	0.94	2	2	0.0065	0.78
Miconia ferruginata DC.	13	5	0.0929	4.37	8	2	0.0675	2.40	-	-	-	-	3	1	0.0364	0.84
Miconia leucarpa DC.	1	1	0.0020	0.52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mouriri cf. *guianensis* Aubl.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	0.0373	1.41
Mouriri pusa Gardner	1	1	0.0183	0.68	-	-	-	-	31	9	1.4586	23.92	-	-	-	-
Tibouchina papyrus (Pohl) Toledo	-	-	-	-	39	7	0.2072	9.21	-	-	-	-	-	-	-	-
MORACEAE																
Brosimum gaudichaudii Trécul	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	3	0.0091	1.25
MYRTACEAE																
Eugenia aurata O.Berg.	-	-	-	-	5	2	0.0232	1.64	-	-	-	-	-	-	-	-
Eugenia dysenterica DC.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	4	0.0377	1.94
Myrcia cf. *guianensis* (Aubl.) DC.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	8	0.1095	4.27
Myrcia cf. *multiflora* (Lam.) DC.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2	0.0256	1.03
Myrcia cf. *tomentosa* (Aubl.) DC.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	3	0.0294	1.51
Myrcia multiflora (Lam.) DC.	21	4	0.2477	6.47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Myrcia splendens (Sw.) DC.	6	3	0.1247	3.10	9	5	0.0532	3.70	113	10	0.7006	23.06	9	3	0.0399	1.93
Psidium myrsinites DC.	86	10	0.8132	22.04	10	4	0.0501	3.32	-	-	-	-	20	8	0.1129	4.88
Psidium guianeense Sw.	-	-	-	-	34	8	0.1406	8.47	-	-	-	-	-	-	-	-
NYCTAGINACEAE																
Guapira graciliflora (Mart. Ex Schmidt) Lundell	-	-	-	-	3	3	0.0244	1.90	28	6	0.0931	5.95	-	-	-	-
Neea theifera Oerst.	1	1	0.0035	0.54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OCHNACEAE																
Ouratea castaneifolia (DC.) Engl.	1	1	0.0064	0.56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ouratea riedeliana Engl.	2	2	0.0114	1.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ouratea hexasperma (A.St.-Hil.) Baill.	24	8	0.2090	7.97	5	2	0.0182	1.59	43	9	0.2242	10.05	39	9	0.1655	7.19
Ouratea spectabilis (Mart.) Engl.	4	4	0.0168	2.17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OLACACEAE																
Heisteria ovata Benth.	2	1	0.0100	0.72	-	-	-	-	7	4	0.0221	2.33	-	-	-	-
OPILIACEAE																
Agonandra brasiliensis Miers ex Benth. & Hook.f.	6	3	0.0281	2.13	1	1	0.0056	0.61	4	2	0.0098	1.20	-	-	-	-
PROTEACEAE																
Roupala montana Aubl.	2	2	0.0184	1.18	-	-	-	-	3	1	0.0076	0.73	-	-	-	-
RUBIACEAE																
Chomelia ribesioides Benth. ex A.Gray	23	7	0.2042	7.42	4	3	0.0181	1.94	-	-	-	-	-	-	-	-
Cordiera cf. *elliptica* (Cham.) Kuntze	-	-	-	-	23	7	0.1164	6.66	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferdinandusa elliptica (Pohl) Pohl	5	2	0.1256	2.61	9	2	0.0518	2.34	-	-	-	-	29	8	0.1894	6.29
Palicourea rigida Kunth	4	2	0.0215	1.45	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	0.0064	0.78
Rubiaceae 1	7	3	0.0364	2.33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rubiaceae 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	0.0074	0.79
Tocoyena formosa (Cham. and Schltdl.) K. Schum.	12	5	0.0586	3.91	-	-	-	-	1	1	0.0032	0.48	3	3	0.0090	1.17

Table 1. Continued...

FAMILY/ SPECIES	RP				RN				TP				TN			
	D	F	DoA	IVI	D	F	DoA	IVI	D	F	DoA	IVI	D	F	DoA	IVI
SALICACEAE																
Casearia sylvestris Sw.	9	5	0.0361	3.33	-	-	-	-	-	-	-	-	7	5	0.0257	2.20
SAPINDACEAE																
Magonia pubescens A.St.-Hil.	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1	0.0080	0.74	6	4	0.0605	2.14
SAPOTACEAE																
Pouteria ramiflora (Mart.) Radlk.	-	-	-	-	8	2	0.1230	2.97	29	7	0.2475	8.27	21	9	0.1325	5.41
Pouteria sp. 1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	0.0130	1.04	-	-	-	-
Sapotaceae 1	1	1	0.0027	0.53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SIMAROUBACEAE																
Simarouba versicolor A. St.-Hil.	4	2	0.0294	1.53	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	0.0112	1.19
SOLANACEAE																
Solanum lycocarpum A. St.-Hil.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	0.0022	0.38
STYRACACEAE																
Styrax ferrugineus Nees and Mart.	-	-	-	-	2	2	0.0116	1.22	1	1	0.0026	0.47	-	-	-	-
SYMPLOCACEAE																
Symplocos sp. 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	0.0072	0.43
URTICACEAE																
Cecropia pachystachya Trécul	1	1	0.0101	0.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cecropia sp. 1	1	1	0.0039	0.54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VELLOZIACEAE																
Vellozia squamata Pohl	3	1	0.0144	0.88	204	10	1.0357	35.67	-	-	-	-	17	5	0.0604	3.33
VOCHYSIACEAE																
Callisthene cf. *minor* Mart	17	5	0.4434	8.36	22	2	0.2534	5.73	11	3	0.0467	2.68	-	-	-	-
Callisthene major Mart and Zucc.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	91	8	0.5357	14.43
Qualea grandiflora Mart.	16	4	0.2247	5.66	-	-	-	-	7	4	0.0927	3.19	148	10	1.5295	28.35
Qualea multiflora Mart.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	0.0042	0.40
Qualea parviflora Mart.	94	10	1.9008	33.91	103	10	1.6009	31.37	39	9	0.6906	15.34	92	10	1.3964	22.57
Salvertia convallariodora A.St.-Hil.	28	7	0.4524	10.50	-	-	-	-	9	4	0.2023	4.73	22	7	0.3617	6.93
Vochysia cinnamomea Pohl	-	-	-	-	-	-	-	-	66	10	0.4719	15.67	-	-	-	-
Vochysia elliptica Mart.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	4	0.0370	2.19
Vochysia gardneri Warm.	23	5	0.1598	6.21	77	9	0.6921	18.93	-	-	-	-	-	-	-	-
Vochysia rufa Mart.	3	2	0.0170	1.29	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2	0.0087	0.88
Vochysia thyrsoidea Pohl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	0.0122	1.56
Total	**857**	**-**	**9.9469**	**-**	**997**	**-**	**9.6797**	**-**	**1.021**	**-**	**8.2042**	**-**	**1.210**	**-**	**11.4828**	**-**

Table 2. Characteristics of the tree-shrub vegetation in the Cerrado *sensu stricto* sites sampled on two types of substrate in Tocantins State, Brazil. Alt. = Minimum and maximum altitude, S = Number of observed species, S' = Number of estimated species, G = genera, F = families, D = individuals, AB = basal area and Se = exclusive species to each site.

SITES	Alt. (m)	S	S'	G	F	D (ind.ha^{-1})	AB (m^2)	Se
Cerrado Típico Palmas (TP)	225-238	62	61 (±1.1)	51	32	1,021	8.20	11 (7.64%)
Cerrado Rupestre Palmas (RP)	374-414	80	80 (±0.0)	58	36	857	9.95	20 (13.89%)
Cerrado Típico Natividade (TN)	338-351	82	75 (±5.0)	61	33	1,210	11.48	29 (20.14%)
Cerrado Rupestre Natividade (RN)	491-847	54	53 (±1.2)	49	27	997	9.68	11 (7.64%)
Total	–	**144**	–	**87**	**46**	**4,085**	**39.31**	–

TN (75) > TP (61) > RN (54), evincing that there is no trend towards higher observed and estimated richness in *Cerrado Típico* sites compared to *Cerrado Rupestre* (Table 2).

The Diversity Profiles analysis reinforced the particularity of each site, since three out of four curves crossed each other (Figure 2), showing that the communities are not comparable in terms of diversity according to Tóthmérész (1995). RN was the less diverse, regardless of the diversity metric considered (Figure 2), while TN, RN and TP alternate in position with the increase in equability weight (*alpha*) in the diversity calculation.

Density ranged from 857 to 1,210 individuals per hectare across the sites, whereas we registered the lowest and greatest values in *Cerrado Rupestre* sites. Moreover, the *Cerrado Típico* sites had the highest value (TN = 11.48 m^2.ha^{-1}), as well as the lowest value (TP = 8.20 m^2.ha^{-1}) of basal area (Table 1). Diameter medians were higher in *Cerrado Rupestre* sites than *Cerrado Típico* (Kruskal-Wallis, Hc = 135.2; $p < 0.05$; Mann-Whitney test, $p < 0.05$). On the other hand, height medians were greater in *Cerrado Típico* sites (Kruskal-Wallis, Hc = 342.2; $p < 0.05$; Mann-Whitney test, $p < 0.05$), that is, *Cerrado Rupestre* plants tended to be thicker and smaller than *Cerrado Típico* plants.

With respect to the phytosociological parameters, the 10 species with the highest Importance Value Indices (IVIs) accounted for 46% (TP), 54% (RP), 59% (TN) and 66% (RN) of the total density, 63% (TP), 64% (RP), 71% (TN) and 69% (RN) of the total dominance and 31% (TP), 30% (RP), 27% (TN) and 38% (RN) of the frequency in the four sites. Such species, altogether, accounted for 46%, 49%, 52% and 58% of total IVI total of the TP, RP, TN and RN, respectively (Table 1). When the 10 species with the highest IVI in TP and TN are compared to those in RN and RP, we verified that only *Anacardium occidentale* L. and *Qualea parviflora* Mart. occur in both environments. Apart from *Caryocar coriaceum* Wittm., which occurred in three sites (TP, TN and RP), no other species within the 10 species with highest IVI occur in more than one site.

The classification analysis presented consistent results with eigenvalues higher than 0.4. The first division separated most RN plots from the other sites (RP, TP and TN), except for the plot RN12, which remained with the RP group in the third division (Figure 3). The second division separated TP plots from the others (RP and TN), except for the plot RP01, which remained with the TP group in the second division. The third division separated the TN plots from RP plots and from the plot RN12 (Figure 3). The separations by TWINSPAN analysis generated consistent groups according to ANOSIM (p = 0.0001), with high dissimilarity between the groups (R = 0.90).

The qualitative (Jaccard) and quantitative (Bray-Curtis) similarity indices were low (< 0.45) between the four sites. However, TN and RP presented higher similarity to each other than to the other sites. In addition to this result, we verified that within the 144 species sampled, 66 (45.8%) presented preference for TP, 12 (8%) for RP, 19 (13%) for TN and 13 (9%) for RN (Table 3).

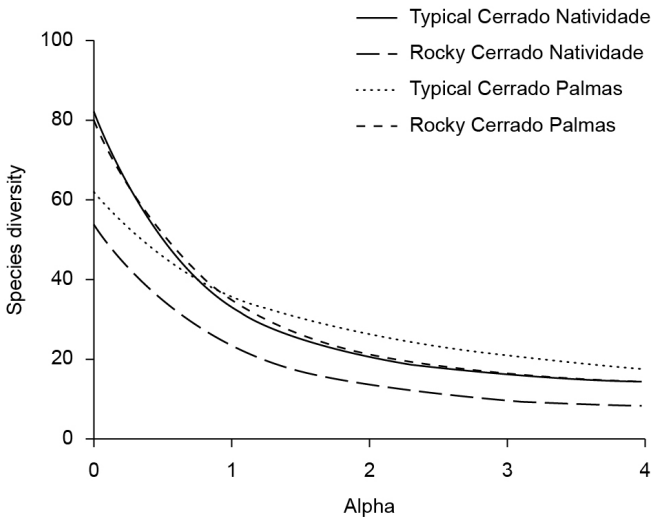


Figure 2. Diversity Profiles of tree-shrub species sampled in Cerrado *sensu stricto* sites on two types of substrate in Tocantins State, Brazil.

Discussion

The similarity in terms of richness verified among *Cerrado Típico* and *Cerrado Rupestre* sites corroborates the results of studies indicating that the Cerrado *sensu stricto* on deep soils does not present species richness higher than those on shallow and rocky soils (Pinto et al. 2009, Lima et al. 2010, Maracahipes et al. 2011, Abreu et al. 2012). Nevertheless, TN revealed high number of exclusive species (20.14%), as found by Bridgewater et al. (2004) for Cerrado *sensu lato*. Yet the lowest number of exclusive species to RN and TP (7.64%) suggests that the sites with higher richness presented more exclusive species. Thereunto, our results enable us to affirm that the environmental filter represented by rocky outcrops, shallow soils and rugged relief, typical of *Cerrado Rupestre*, was not a limiting factor for species richness in the RP and RN sites, according to the results found by Moura et al. (2010) and Abreu et al. (2012). This supports the theory that Cerrado's environmental heterogeneity confers pattern of floristic variation to the Cerrado *sensu stricto* woody component (Castro & Martins 1999, Felfili & Felfili 2001, Durigan et al. 2003, Ratter et al. 2003, Bridgewater et al. 2004, Silva et al. 2006).

With respect to diversity, three out of four profile curves crossed each other indicating differences in richness and/or equability in these sites, which limits to determine which community presents higher or lower diversity (Tóthmérész 1995), since they vary in relation to the component values of the species diversity indices. Nonetheless, it is clear that RN presents lower diversity regardless of the diversity metric applied. This result owes to the combination of the lowest richness and low equability found in this community. We can still infer that there is similarity in terms of richness and equability among TN and RP, which presented similar diversity regardless of the diversity metric assessed. Which reflected particularity in site diversity as well as peculiarity in structure, possibly as consequence of the environmental characteristics of each site.

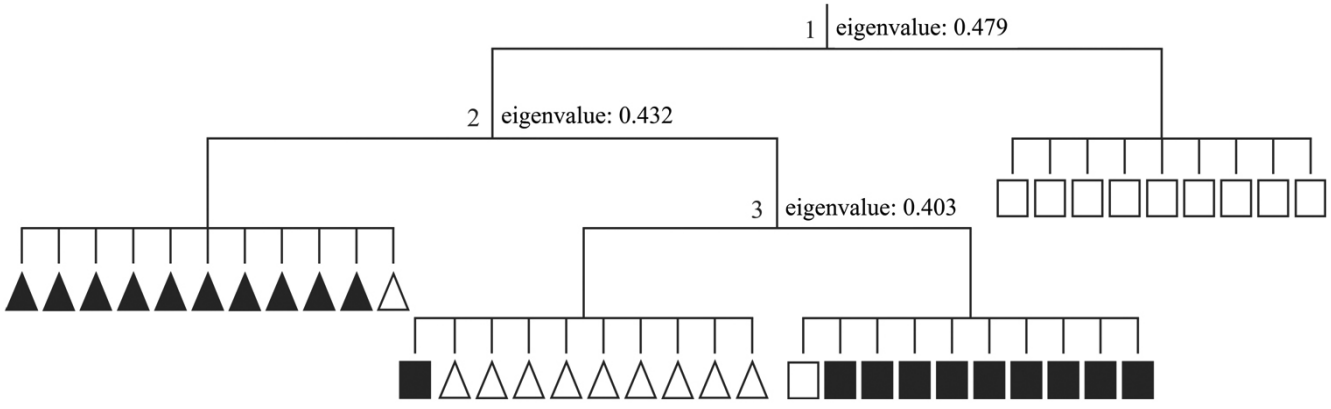


Figure 3. TWINSPAN classification of the 40 plots sampled in Cerrado *sensu stricto* sites on two types of substrate in Tocantins State, Brazil. *Cerrado Típico* Palmas (▲), *Cerrado Rupestre* Palmas (Δ), *Cerrado Típico* Natividade (■) and *Cerrado Rupestre* Natividade (□).

Table 3. Indicator Species Analysis (ISA) based on the abundance of tree-shrub species in the Cerrado *sensu stricto* sites sampled on two types of substrate in Tocantins State, Brazil. VIO = indicator value observed; VIE = indicator value estimated; Sd = standard deviation, *p* = significance, TP = *Cerrado Típico* Palmas; RP = *Cerrado Rupestre* Palmas; TN = *Cerrado Típico* Natividade; RN = *Cerrado Rupestre* Natividade. The species are organized in decreasing order of VIO in each site.

SITES/SPECIES	VIE			Abundance				
	VIO	Mean	Sd	*p*	RP	RN	TP	TN
TP								
Vochysia cinnamomea	100.0	17.0	6.77	0.0002	0	0	100	0
Mouriri pusa	87.2	17.6	7.17	0.0002	3	0	97	0
Kielmeyera rubriflora	85.1	18.4	7.23	0.0002	5	0	95	0
Kielmeyera lathrophyton	84.1	19.3	6.80	0.0002	5	11	84	0
Myrcia splendens	82.5	26.3	7.54	0.0002	4	7	82	7
Dalbergia miscolobium	80.0	17.5	7.98	0.0002	0	0	100	0
Vatairea macrocarpa	69.5	22.9	7.81	0.0002	2	5	77	16
Hirtella ciliata	68.6	19.1	7.94	0.0002	14	0	86	0
Dimorphandra gardneriana	67.2	23.4	6.06	0.0002	20	0	67	12
Aspidosperma macrocarpon	65.7	21.4	7.19	0.0002	11	16	73	0
Guapira graciliflora	54.2	16.9	7.48	0.0012	0	10	90	0
Emmotum nitens	51.4	16.8	7.25	0.0012	7	4	86	4
Plathymenia reticulata	50.9	20.0	6.67	0.0010	9	0	73	18
Bowdichia virgilioides	49.2	26.1	5.66	0.0012	9	17	55	19
Andira vermifuga	47.6	22.4	6.38	0.0024	17	17	60	7
Andira cujabensis	40.6	15.5	7.24	0.0098	19	0	81	0
Kielmeyera coriacea	36.7	16.1	6.70	0.0134	13	7	73	7
Handroanthus ochraceus	36.7	18.3	6.89	0.0266	33	6	61	0
Heisteria ovata	31.1	13.2	6.69	0.0340	22	0	78	0
RP								
Psidium myrsinites	74.1	25.2	6.49	0.0002	74	9	0	17
Chomelia ribesioides	59.6	17.4	7.16	0.0008	85	15	0	0
Rourea induta	58.0	20.8	6.77	0.0010	73	10	4	14
Syagrus comosa	55.7	14.7	6.92	0.0014	93	0	0	7
Davilla elliptica	47.7	25.7	6.72	0.0078	60	0	14	27
Byrsonima pachyphylla	46.9	30.0	6.30	0.0178	47	22	6	26
Myrcia multiflora	40.0	12.5	6.91	0.0092	100	0	0	0
Ouratea spectabilis	40.0	11.5	6.09	0.0098	100	0	0	0
Tocoyena formosa	37.5	16.6	7.13	0.0254	75	0	6	19
Hymenaea stigonocarpa	35.6	18.8	6.42	0.0248	59	7	0	33
Handroanthus serratifolius	30.0	10.1	6.60	0.0488	100	0	0	0
Miconia ferruginata	27.1	15.4	6.63	0.0432	54	33	0	13
TN								
Curatella americana	100.0	16.9	6.62	0.0002	0	0	0	100
Qualea grandiflora	86.5	23.3	6.92	0.0002	9	0	4	87
Erythroxylum tortuosum	84.4	17.6	7.35	0.0002	0	6	0	94
Callisthene major	80.0	16.2	7.28	0.0002	0	0	0	100
Tachigali vulgaris	73.5	21.2	6.55	0.0002	0	0	27	73
Diospyros hispida	71.2	22.7	6.68	0.0002	23	2	5	71
Byrsonima coccolobifolia	55.6	28.7	5.63	0.0006	1	18	25	56
Ferdinandusa elliptica	54.0	18.7	6.79	0.0008	12	21	0	67
Pterodon pubescens	53.3	14.4	6.77	0.0012	0	11	0	89
Hancornia speciosa	47.9	22.4	6.48	0.0032	2	0	45	53
Machaerium opacum	42.9	13.4	6.51	0.0072	0	14	0	86
Eugenia dysenterica	40.0	11.7	6.30	0.0090	0	0	0	100
Erythroxylum deciduum	40.0	11.8	6.10	0.0096	0	0	0	100
Vochysia thyrsoidea	40.0	11.6	6.25	0.0098	0	0	0	100
Vochysia elliptica	40.0	12.6	6.82	0.0106	0	0	0	100
Machaerium acutifolium	40.0	12.0	6.26	0.0110	0	0	0	100

Table 3. Continued...

SITES/SPECIES	VIE			Abundance				
	VIO	Mean	Sd	*p*	RP	RN	TP	TN
Pseudobombax longiflorum	40.0	11.6	6.31	0.0126	0	0	0	100
Lafoensia pacari	36.0	16.2	7.35	0.0274	7	33	0	60
Astronium fraxinifolium	30.0	10.1	6.54	0.0470	0	0	0	100
Brosimum gaudichaudii	30.0	10.9	6.14	0.0482	0	0	0	100
Aspidosperma tomentosum	30.0	10.1	6.60	0.0486	0	0	0	100
Magonia pubescens	26.7	12.7	6.44	0.0368	0	0	33	67
RN								
Vellozia squamata	91.1	22.9	7.85	0.0002	1	91	0	8
Schwartzia adamantium	90.0	15.9	6.48	0.0002	0	100	0	0
Couepia grandiflora	88.3	16.8	6.54	0.0002	0	98	0	2
Plenckia populnea	86.2	18.8	7.46	0.0002	0	96	0	4
Psidium guianeense	80.0	15.4	6.78	0.0002	0	100	0	0
Cordiera cf. *elliptica*	70.0	14.6	6.73	0.0002	0	100	0	0
Tibouchina papyrus	70.0	14.4	6.57	0.0002	0	100	0	0
Vochysia gardneri	69.3	19.7	6.46	0.0002	23	77	0	0
Banisteriopsis latifolia	60.0	14.0	6.75	0.0004	0	100	0	0
Wunderlichia cruelsiana	60.0	13.3	6.43	0.0006	0	100	0	0
Eriotheca gracilipes	56.9	19.2	7.78	0.0022	3	81	13	3
Erythroxylum suberosum	40.0	22.5	6.49	0.0146	28	50	20	3
Copaifera langsdorffii	35.6	13.2	6.82	0.0244	0	89	0	11

The highest density found in *Cerrado Típico* and the lowest in *Cerrado Rupestre*, and the lack of this trend in basal area corroborate the assertion that rocky outcrops and incipient soils, apparently limiting to the establishment of tree-shrub vegetation (Ribeiro & Walter 2008), did not act as barriers against development in terms of basal area. However, Lima et al. (2010) and Lenza et al. (2011) found similar density and basal area between *Cerrado Rupestre* and *Cerrado Típico* sites, showing the lack of clear pattern of separation between these two phytophysiognomy subtypes based on density and basal area. Nevertheless, the higher median diameter values and the lower height values of individuals in the *Cerrado Rupestre* sites allow us to assume that the substrate limits development in height but not in basal area.

The structural importance of *Qualea parviflora* Mart. and *Anacardium occidentale* L. registered in the four sites, both of wide distribution in the Cerrado biome (Ratter et al. 2003), was also pointed out by Gomes et al. (2011) as common and important species in the vegetation structure of Cerrado on deep and shallow soils with rocky outcrops in east of Mato Grosso State. *Caryocar coriaceum* Wittm. was important in terms of IVI in RP, TP and TN, which corroborates the assertion that this species is indicator of the North-Northeastern Group flora, as classified by Ratter et al. (2003), present in the transition between Cerrado and Caatinga. The difference in high-IVI species composition between the four sites, with two to three species in common, was strengthened by the high floristic dissimilarity between the sites, which can be a reflex of environmental particularities. The influence of the adjacent biomes, Caatinga and Amazonia (Felfili et al. 2002, Lenza et al. 2011), also reinforces the floristic and structural particularity of the sites with occurrence of *Dimorphandra gardneriana* Tul. (Castro et al. 1998) and *Cenostigma tocantinum* Ducke in TP, considering that Tocantins State is located in a transition zone between three major biomes: Amazonia, Cerrado and Caatinga (Instituto... 1992).

Our results corroborate Felfili & Felfili (2001), who observed that adjacent Cerrado *sensu stricto* sites in different conditions of substrate present reduced similarity. This can be explained by the fact that, at local scale, the physical-chemical properties of the soils drive the floristic differentiation of the tree-shrub vegetation between the *Cerrado Rupestre* and *Cerrado Típico* sites (Abreu et al. 2012). Moreover, the distance between sites does not seem to influence much on their similarity, since not only those of the same phytophysiognomy type distant from each other (RN and RP), but also those of different phytophysiognomy types adjacent to each other (TN and RN) were dissimilar.

RN separation from the other sites, including RP, on similar substrate conditions may be related to altitude, which is considered one of the responsible factors for Cerrado's floristic patterns (Munhoz & Proença 1998, Castro & Martins 1999, Ratter et al. 2003, Bridgewater et al. 2004, Lenza et al. 2011). The preference of specialist species to rocky outcrop and high altitude habitat registered in RN (> 400 m.a.s.l.), such as *Mimosa claussenii*, *Tibouchina papyrus*, *Schwartzia adamantium* and *Wunderlichia cruelsiana* (Ratter et al. 2000, Ribeiro & Walter 2008, Pinto et al. 2009), whereas the last three were present within the most important ones in the vegetation structure, increase the floristic particularity of the *Cerrado Rupestre* sampled in Natividade. On the other hand, the absence of these species in RP (< 400 m.a.s.l.) evinces the influence of altitude on *Cerrado Rupestre's* floristic composition and corroborates the results found by Gomes et al. (2011).

The separation of the other sites can be related to local edaphic factors since TP, on more sandy soil, was separated from the others, presenting *Vochysia cinnamomea* Pohl, normally associated with sandy environments (Finger 2008), as one of the 10 most important species in the community structure. Most of TP's preferential species indicated by ISA are frequent in Cerrado *sensu stricto*; however, species such as *Hirtella ciliata* Mart. and Zucc., whose distribution is restricted to the northeast region of the biome (Ratter et al. 2000), reveal the influence of adjacent biomes on the floristic composition of this site. The rocky outcrop was most likely responsible for separating TN and RP. Moreover, ISA's indication of *Astronium fraxinifolium*

Schott (Bridgewater et al. 2004), mainly found on mesotrophic soils (more fertile), and *Magonia pubescens* A.St.-Hil, indicator of fertile soils (Ratter et al. 2003), as preferential in TN suggests that this site presents more fertile soils. Our results corroborate the affirmation that local environmental characteristics are responsible for Cerrado's mosaic of vegetation and for the species distribution (Ratter et al. 2000). The non-formation of groups with similar characteristics such as presence of rocky outcrops or related to geographical proximity indicates that environmental peculiarities of each location influence on the floristic composition and structure of these communities.

At last, despite the similarity in species richness among the phytophysiognomies and the representativeness of this richness in terms of Cerrado biome, we did not register trend in *Cerrado Típico* sites towards higher tree-shrub species richness and diversity compared to *Cerrado Rupestre* sites. The floristic particularity of each site was evinced by the high number of species of limited geographic distribution, the low number of species shared among sites and by only two species in common, emphasizing RN, wherein it was found species considered indicator of rocky environments. Therefore, the information with regard to phytophysiognomy type as a parameter to select areas for conservation, by itself, does not effectively ensure biodiversity preservation, owing to the existing flora heterogeneity not only at local but also at regional scale, revealed by the floristic and structural particularity of each site.

Acknowledgments

We thank the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) for granting a scholarship to H.L. Lemos and H.A. Mews. The Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) for granting the Research Productivity fellowship (PQ) to J.R.R. Pinto. The Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação of the Universidade de Brasília (UnB) for partially funding the field work. The botanical experts Carolyn E.B. Proença, Manoel Cláudio da Silva-Júnior and Jair E. Q. de Faria Júnior for assisting us in the botanical material identification. And we also thank those who helped us in the field work: Tiago A. Araújo, Isadora C. Alvarez, Ana C. F. Domingos, Enderson A. Nunes, Hugo V. M. Parente and Hercules Santana.

References

ABREU, M.F., PINTO, J.R.R., MARACAHIPES, L., GOMES, L., OLIVEIRA, E.A., MARIMON, B.S., MARIMON-JÚNIOR, B.H., FARIAS, J. & LENZA, E. 2012. Influence of edaphic variables on the floristic composition and structure of the tree-shrub vegetation in typical and rocky outcrop cerrado areas in Serra Negra, Goiás State, Brazil. Braz. J. Bot. 35(3):259-272. http://dx.doi.org/10.1590/S1806-99592012000300005

AGUIAR, L.M.S., MACHADO, B.M. & MARINHO-FILHO, J.A. 2004. Diversidade Biológica do Cerrado. In Cerrado: ecologia e caracterização (L.M.S. Aguiar & A.J.A. Camargo, eds.). Embrapa Cerrados, Planaltina, p.17-40.

AMARAL, A.G., PEREIRA, F.F.O. & MUNHOZ, C.B.R. 2006. Fitossociologia de uma área de cerrado rupestre na Fazenda Sucupira, Brasília-DF. Cerne 12(4):350-359.

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP III - APG III. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. Bot. J. Linn. Soc. 161(2):105-121. http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8339.2009.00996.x

BRIDGEWATER, S., RATTER, J.A. & RIBEIRO, J.F. 2004. Biogeographic patterns, b-diversity and dominance in the cerrado biome of Brazil. Biodivers. Conserv. 13(12):2295-2318. http://dx.doi.org/10.1023/B:BIOC.0000047903.37608.4c

BRITO, E.R., SILVA, E., MARTINS, S.V. & RIBEIRO, G.A. 2002. Perfil ambiental do empreendimento denominado de "praias fluviais", Estado do Tocantins. Rev. Árvore 26(3):349-355. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622002000300010

CARVALHO, T.M. 2009. Síntese de campo do trecho Peixe a Ipueiras, rio Tocantins : uma contribuição à Exploratória Rio Tocantins. Rev. Esp. Acad. 8:1-6.

CASTRO, A.A.J.F. & MARTINS, F.R. 1999. Cerrados do Brasil e do Nordeste: caracterização, área de ocupação e considerações sobre a sua fitodiversidade. Pesqui. Foco 7(9):147-178.

CASTRO, A.A.J.F., MARTINS, F.R. & FERNANDES, A.G. 1998. The woody flora of cerrado vegetation in the state of Piauí, Northeastern Brazil. Edinb. J. Bot. 55(3):455-472. http://dx.doi.org/10.1017/S0960428600003292

CIENTEC. 2006. Mata Nativa 2: Sistema para a Análise Fitossociológica e elaboração de Inventários e Planos de Manejo de Florestas nativas. MGCIENTEC - Consultoria de Desenvolvimento de Sistemas LTDA, Viçosa.

CLARKE, K.R.1993. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. Australian. J. Ecol. 18(1):117-143. http://dx.doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x

COSTA, F.V., OLIVEIRA, K.N., NUNES, Y.R.F., MENINO, G.C.O., BRANDÃO, D.O., ARAÚJO, L.S., MIRANDA, W.O. & D'ÂNGELO NETO, S. 2010. Florística e estrutura da comunidade arbórea de duas áreas de cerrado sentido restrito no norte de Minas Gerais. Cerne 16(3):267-281.

DUFRÊNE, M. & LEGENDRE, P. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for flexible asymmetrical approach. Ecol. Monogr. 67(3):345-366.

DURIGAN, G., RATTER, J.A. & BRIDGEWATER, S. 2003. Padrões fitogeográficos do cerrado paulista sob uma perspectiva regional. Hoehnea 30(1):39-51.

EITEN, G. 1993. Vegetação do Cerrado. In Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas. (M.N. Pinto, ed.). 2. ed. EdUnB, Secretaria do Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia, Brasília, p.17-74.

FELFILI, M.C. & FELFILI, J.M. 2001. Diversidade Alfa e Beta no Cerrado sensu stricto da Chapada Pratinha, Brasil. Acta Bot. Bras. 15(2):243-254. http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062001000200010

FELFILI, J.M., NOGUEIRA,P. E., SILVA-JÚNIOR, M.C., MARIMON, B.S. & DELITTI, W.B.C. 2002. Composição florística e fitossociológica do Cerrado sentido restrito no município de Água Boa-MT. Acta Bot. Bras. 6(1):103-112.

FELFILI, J.M., CARVALHO, F.A. & HAIDAR, R.F. 2005. Manual para o monitoramento de parcelas permanentes nos biomas Cerrado e Pantanal. Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, Brasília, 55p.

FINGER, Z. 2008. Fitossociologia de comunidades arbóreas em savanas no Brasil Central. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

GOMES, L., LENZA, E., MARACAHIPES, L., MARIMON, B.S. & OLIVEIRA, E.A. 2011. Comparações florísticas e estruturais entre duas comunidades lenhosas de cerrado típico e cerrado rupestre, Mato Grosso, Brasil. Acta Bot. Bras. 25(4):865-875. http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062011000400013

GOTELLI, N.J. & COLWELL, A.M. 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

GOTELLI, N.J. & ENTSMINGER, G.L. 2001. EcoSim: Null models software for ecology. Acquired Intelligence Inc. & Kesey-Bear. http://homepages.together.net/~gentsmin/ecosim.htm.

HAMMER, O., HARPER, A.T.D & RYAN, P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and data analysis. Paleontol. Electron. 4(1):1-9.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 1992. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro, 92p.

JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. Lista de Espécies da Flora do Brasil. 2013. http://floradobrasiljbrj.gov.br (último acesso em 20/04/2013)

KENT, M. & COKER, P. 1992. Vegetation description and analyses, a pratical approach. Behaven Press, London, 363p.

LENZA, E., PINTO, J.R.R., MARACAHIPES, L. & BRUZIGUESSI, E.P. 2011. Comparação da vegetação arbustivo-arbórea de uma área de cerrado rupestre na Chapada dos Veadeiros, Goiás, e áreas de cerrado sentido restrito do Bioma Cerrado. Rev. Bras. Bot. 34(3):247-259. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042011000300002

LIMA, A.L., PINTO, J.R.R., LENZA, E. & PINTO, A.S. 2010. Florística e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea em uma área de cerrado rupestre no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, Goiás. Biot. Neotrop. 10(2):159-166 http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1/en/fullpaper?bn02111012011 (último acesso em 05/04/2013)

MAGURRAN, A.E. 2011. Medindo a diversidade biológica. Editora UFPR, Curitiba, 256p.

MARACAHIPES, L., LENZA, E., MARIMON, B.S., OLIVEIRA, E.A., PINTO, J.R.R. & MARIMON-JÚNIOR, B.H. 2011. Estrutura e composição florística da vegetação lenhosa em cerrado rupestre na transição Cerrado-Floresta Amazônica, Mato Grosso, Brasil. Biot. Neotrop. 11(1):133-142 http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1/en/fullpaper?bn02111012011 (last acess in 03/04/2013)

MARTINS, S.V., BRITO-IBRAHIM, E.R., EISENLOHR, P.V., OLIVEIRA-FILHO, A.T. & SILVA, A.F. 2011. A vegetação de Ipucas no Tocantins: estudo de caso e relações florísticas com remanescentes do Cerrado e da Amazônia. In: Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de caso (J.M. Felfili, P.V. Eisenlohr, M.M.R.F. Melo, L.A. Andrade & J.A.A. Meira Neto, eds.). Editora UFV, Viçosa, p.460-478.

McCUNE, B. & MEFFORD, M.J. 2011. PC-ORD: Multivariate Analysis of Ecological Data. MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon.

MELO, A.S. 2008. O que ganhamos 'confundindo' riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade? Biot. Neotrop. 8(3):21-27. http://www.biotaneotropica.org.br/v8n3/en/abstract?point-of-view+bn00108032008 (last acess in 02/03/2013)

MORO, M.F. & MARTINS, F.R. 2011. Métodos de Levantamentos do Componente Arbóreo-Arbustivo. In: Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de caso (J.M. Felfili, P.V. Eisenlohr, M.M.R.F. Melo, L.A. Andrade & J.A.A. Meira Neto, eds.). Editora UFV, Viçosa, p.174-212.

MOURA, I.O., GOMES-KLEIN, V.L., FELFILI, J.M. & FERREIRA, H.D. 2010. Diversidade e estrutura comunitária de cerrado sensu stricto em afloramentos rochosos no parque estadual dos Pireneus, Goiás. Rev. Bras. Bot. 33(3):455-467. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042010000300008

MUELLER-DOMBOIS, D. & ELLENBERG, H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley and Sons, New York, 547p.

MUNHOZ, C.B.R. & PROENÇA, C.E.B. 1998. Composição florística do município de Alto Paraíso de Goiás na Chapada dos Veadeiros. Bol. Herb. Ezequias Paulo Heringer 3:102-150.

OLIVEIRA-FILHO, A.T. & RATTER, J.A. 2002. Vegetation Physiognomies and Woody Flora of the Cerrado Biome. In: The Cerrados of Brazil (P.S. Oliveira & R.J. Marquis, eds.). Columbia University Press, New York, p.91-120.

PINTO, J.R.R., LENZA, E. & PINTO, A.S. 2009. Composição florística e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea em um cerrado rupestre, Cocalzinho de Goiás, Goiás. Rev. Bras. Bot. 32(1):23-32. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042009000100002

QUINN, G.P. & KEOUGH, M.J. 2002. Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge University Press, Cambridge, 537p. http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511806384

RATTER, J.A., BRIDGEWATER, S., RIBEIRO, J.F., DIAS, T.A.B. & SILVA, M.R. 2000. Estudo preliminar da distribuição das espécies lenhosas da fitofisionomia cerrado sentido restrito nos estados compreendidos pelo bioma Cerrado. Bol. Herb. Ezechias Paulo Heringer 5:5-43.

RATTER, J.A., BRIDGEWATER, S. & RIBEIRO, J.F. 2003. Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. Edinb. J. Bot. 60(1):57-109. http://dx.doi.org/10.1017/S0960428603000064

REZENDE, J.M. 2007. Florística, Fitossociologia e influência do gradiente de umidade do solo em campos limpos úmidos no Parque Estadual do Jalapão, Tocantins. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília.

RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M. 2008. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In Cerrado: ecologia e flora. (S. M. Sano, S.P. Almeida & J.F. Ribeiro, eds.). 2. ed. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, p.151-212.

RIZZINI, C.T. 1963. A flora do Cerrado: análise florística das savanas centrais. Simpósio sobre o Cerrado. Edgard Blucher, EDUSP, São Paulo.

RIZZO, J.A. 1981. A Flora do Estado de Goiás: coleção Rizzo. Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

SANO, E.E., ROSA, R., BRITO, J.L.S., FERREIRA, L.G. & BEZERRA, H.S. 2009. Mapeamento da cobertura vegetal natural e antrópica do bioma Cerrado por meio de imagens Landsat ETM+. In Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Natal, p.1199-1206.

SANTOS, E.R., LOLIS, S.F., RODRIGUES, L.K.M. & CARVALHO, Z.C. 2006. A flora do campus de Porto Nacional, Universidade Federal do Tocantins, Porto Nacional, Tocantins, Brasil. Rev. Ciênc. Agroambien. 1(1):61-67.

SANTOS, T.R.R., PINTO, J.R.R., LENZA, E. & MEWS, H.A. 2012. The tree-shrub vegetation in rocky outcrop cerrado areas in Goiás State, Brazil. Braz. J. Bot. 35(3):281-294. http://dx.doi.org/10.1590/S1806-99592012000300007

SILVA, J.F., FARIÑAS, M.R., FELFILI, J.M. & KLINK, C.A. 2006. Spatial heterogeneity, land use and conservation in the cerrado region of Brazil. J. Biogeog. 33(3):336-354. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01422.x

TOCANTINS. Secretaria do Planejamento e da Modernização da Gestão Pública - SEPLAN. 2012. Atlas do Tocantins: subsídios ao planejamento da gestão territorial. 6. ed. SEPLAN, Palmas, 80p.

TÓTHMÉRÉSZ, B. 1995. Comparison of different methods for diversity ordering. J. Veg. Sci. 6(2):283-290. http://dx.doi.org/10.2307/3236223

WARMING, E. 1973. Lagoa Santa. In Lagoa Santa: a vegetação dos cerrados brasileiros (E. Warming & M.G. Ferri, eds.). EDUSP, Itatiaia, São Paulo, Belo Horizonte, p.1-284.

ZAR, J.H. 1999. Biostatistical analysis. Prentice-Hall, New Jersey.

Received 06/25/2013
Revised 10/21/2013
Accepted 11/13/2013

Fauna of Leptophlebiidae Banks (Insecta: Ephemeroptera) on fragments of the Atlantic Forest from west region of Santa Catarina State, Brazil

Erikcsen Augusto Raimundi[1], Frederico Falcão Salles[2] & Gilza Maria de Souza-Franco[1,3]

[1]Universidade Comunitária da Região de Chapecó – UNOCHAPECÓ,
Av. Senador Attílio Fontana, 591-E, Efapi, CEP 89809-000, Chapecó, SC, Brasil. www.unochapeco.edu.br
[2]Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, Rod. BR 101 Norte, Km 60, Litorâneo,
CEP 29932-540, São Mateus, ES, Brasil. www.ufes.br
[3]Corresponding author: Gilza Maria de Souza-Franco, e-mail: gfranco@unochapeco.edu.br

RAIMUNDI, E.A., SALLES, F.F. & SOUZA-FRANCO, G.M. **Fauna of Leptophlebiidae Banks (Insecta: Ephemeroptera) on fragments of the Atlantic Forest from west region of Santa Catarina State, Brazil.** Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/en/abstract?article+bn01013042013

Abstract: The first studies of Leptophlebiidae in the Santa Catarina State, Southern Brazil, dated from 1920. Since then, not much is known about the family (even to the Order Ephemeroptera) to the State. The main goal of this study was to survey fauna of Leptophlebiidae in the Santa Catarina State based on nymphs. The material was obtained from the collection deposited at the Laboratório de Pesquisa em Ecologia e Química of the Universidade Comunitária da Região de Chapecó, besides additional specimens collected between 2008 and 2009. Occurrences were plotted in the hydrograph map of Santa Catarina State, with one map for each genus. The Leptophlebiidae nymphs were recorded in 26 aquatic environments that included small streams and rivers. We identified 24 morphotypes distributed in 12 genera. Number of genera in the Western of Santa Catarina increased from eight to 15. *Thraulodes*, *Ulmeritoides* and *Homothraulus* presented higher frequency of occurrence in the region. *Leentvaaria* and *Hermanella* were associated to regions well conserved such as in the Araucaria forest. *Needhamella* and *Segesta* were related mainly to Irani River.
Keywords: *Atalophlebiinae, Uruguai River, Brazilian Southern, nymphal stage, survey.*

RAIMUNDI, E.A., SALLES, F.F. & SOUZA-FRANCO, G.M. **Fauna de Leptophlebiidae Banks (Insecta: Ephemeroptera) em fragmentos de Mata Atlântica no oeste de Santa Catarina, Brasil.** Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/pt/abstract?article+bn01013042013

Resumo: Os primeiros estudos de Leptophlebiidae em Santa Catarina, Sul do Brasil, datam de 1920. Desde então, pouca informação foi acrescida à Família (até mesmo à Ordem Ephemeroptera) para o estado. O objetivo deste estudo foi inventariar a fauna de Leptophlebiidae no Estado de Santa Catarina com base em ninfas. Os Leptophlebiidae foram obtidos através de coleção depositada no Laboratório de Pesquisa em Química e Ecologia da Universidade Comunitária da Região de Chapecó além de espécimes adicionais coletados entre 2008 e 2009. As ocorrências foram plotadas no mapa hidrográfico do Estado de Santa Catarina, com um mapa para cada gênero. As ninfas Leptophlebiidae foram registradas em 26 ambientes aquáticos que incluiram pequenos riachos e rios. Foram identificados 24 morfotipos distribuídos em 12 gêneros. O número de gêneros no Oeste de Santa Catarina aumentou de oito para 15. *Thraulodes*, *Ulmeritoides* e *Homothraulus* foram os gêneros com maior frequência de ocorrência na região. *Leentvaaria* e *Hermanella* estiveram associados a regiões mais bem conservadas, como na floresta Ombrófila Mista. *Needhamella* e *Segesta* estiveram relacionados principalmente ao rio Irani.
Palavras-chave: *Atalophlebiinae, Rio Uruguai, Região Sul brasileira, estágio ninfal, levantamento.*

Introduction

Santa Catarina State was covered by 100% of Atlantic Forest, but 23.39% remains in conserved areas (SOS Mata Atlantica & Instituto... 2009). There are four forest formations in the State: Mixed Ombrophilous Forest, Dense Ombrophilous Forest, High-elevation grassland (or savannah of grass-woody) and, Decidual Forest (SOS Mata Atlantica & Instituto... 2009). Likewise, there are other vegetal formations, such as sandbank's vegetation and, mangrove's vegetation, which can be closely found to littoral region.

The fast process of deforestation in Santa Catarina State has also compromised quality and availability of aquatic resources. Ally to poor knowledge about its aquatic biodiversity, hydrographic regions such Alto Rio Uruguai (the largest hydrographic region of western Santa Catarina), is considered one of those priorities areas for environmental conservation in Brazil (Brasil 2006).

Leptophlebiidae is one of the richest families of Ephemeroptera in the world, as well as in the Neotropical and Southern America regions, especially when it comes to the generic level (Tsui & Peters 1975; Domínguez et al. 2001, Barber-James et al. 2008). This highest richness is also accompanied by high number of endemic taxa (Barber-James et al. 2008).

Taxonomic knowledge of Leptophlebiidae in Brazil is still incipient (Salles et al. 2004). Yet, ecological and biological aspects are fragmented in papers on benthic macroinvertebrates (*e.g*. Bispo & Oliveira, 2007; Buckup et al. 2007) and/or taxonomic descriptions (Lima et al. 2012; Salles & Domínguez 2012). Nonetheless, in the latest years this situation has changed, and ecological researches with mayfly have been developed (*e.g*. Siegloch et al. 2008, Shimano et al. 2012,2013).

In Brazil, most of the checklists of mayflies (and Leptophlebiidae) are associated to the presence of specialists on the group, such as the states of Rio de Janeiro (14 genera; 24 species; Da-Silva et al. 2010), Espírito Santo (16 genera; 22 species; Salles et al. 2010), São Paulo (13 genera; 16 species; Mariano & Polegato, 2011), Mato Grosso (15 genera; 15 species; Shimano et al. 2011), Pernambuco (10 genera;14 species; Lima et al. 2012), and Brazilian Amazonia Region (10 genera; 19 species; Lopes et al. 2007).

Most of the knowledge on mayflies from Santa Catarina relies on the material collected by Fritz Plaumann, a German naturalist that extensively collected insects seven decades ago (Spessatto 2001). Between the decades of 1960's and 1990's several species or even genera were described based on the material collected by him (Thew 1960; Peters 1969; Domínguez & Flowers 1989). Plaumann contributed strongly for the current knowledge of fauna and, after his studies in the State, there was not a substantial increase on descriptions of new taxa or additional records of Leptophlebiidae. With the exception of the last two new species described from Santa Catarina (Lima et al. 2013), Leptophlebiidae remains with eight genera and 16 species.

To date, the following species of Leptophlebiidae were recorded in Santa Catarina: *Askola froehlichi* Peters 1969, *Hagenulopsis diptera* Ulmer 1920, *Hermanella grandis* Domínguez & Flowers 1989, *Hermanella maculipennis* (Ulmer 1920), *Hylister plaumanni* Domínguez & Flowers 1989, *Needhamella ehrhardti* (Ulmer 1920), *Thraulodes alapictus* Mariano e Lima, 2013; *T. daidaleus* Thew 1960, *T. limbatus* Navás 1936, *T. pinhoi* Mariano & Lima, 2013; *T. traverae* Thew 1960, *T. ulmeri* Edmunds 1950, *Ulmeritoides haarupi* (Esben-Petersen 1912), *U. patagiatus* (Thew 1960), *U. uruguayensis* (Traver 1959), and *Ulmeritus balteatus* Thew, 1960 (Salles et al. 2013).

Given the diversity of the group, especially in Tropical areas, and the fact that collections in Santa Catarina were performed in few and restricted areas, it is clear that the present number of taxa is underestimated. Based on that, the goals of the present report were to survey of Leptophlebiidae fauna in Western of Santa Catarina, Brazil beyond to contribute with knowledge about biology of group.

Material and Methods

1. Region of study

Historically, the western of Santa Catarina State has developed quickly and, thus, the dense and exuberant forest has been changed in large fragments (Testa et al. 1996; Wollf & Schuh 2000). The economical base of region is based from little and middle farms (with lands about 10 and 15 ha) to large industrial poles, such as agribusiness. Currently, those poles still depend on farms.

The western of Santa Catarina (Figure 1) comprises an area with 27,500 sq Km that includes 118 municipalities (Programa et al. 2003) with an estimated population of 1,215 million. The climate in lower areas shows the lowest temperatures between 10 °C and 15 °C, and highest average above 22 °C. However, higher areas show an average temperature lower than 10 °C, and the highest average up to 22 °C (Instituto 2002, Empresa... 2004).

Despite forestal formation, it is possible to divide western in three areas: Mixed Ombrophilous Forest, a forest formation with predominance of *Araucaria angustifolia* (Bertoloni) Otto Kuntze; high-elevation grassland with sparse presence of *A. angustifolia*, and Decidual Forest, a forest located along of Uruguai River and with marked presence of distinct decidual Lauraceae (Klein 1978; Tabarelli et al. 2005). Forest remains covering 45% from total area of the region (SOS Mata Atlântica & Instituto... 2009); however, only 8% belong to national or state conservation unities (Marenzi et al. 2005). The remainder forest comprises basically Legal Reserves or Permanent Preservation Areas, which are legal areas with main goal, to preserve hydrographic and geological resources, conservation of native fauna and flora.

Western of Santa Catarina is formed by tree hydrographic regions: Far-western, constituted by Peperi-Guaçú and Antas hydrographic basins, with an area about 5,900 sq Km; Middle-western region, constituted by Chapecó and Irani hydrographic basins, with an area about 11,000 sq Km and; Rio do Peixe Valley, constituted by Peixe and Jacutinga hydrographic basins, with an area of 8,2000 sq Km (Santa Catarina 1998). This hydrographic region is also considered one of those priorities areas for environmental conservation in Brazil (Brasil 2006).

In this work, 61 sites were sampled in 26 aquatic environments comprising rivers, streams, and reservoirs. From those sites, nine are situated in Far-western hydrographic region, and fifty-one, in Middle-western. The Rio do Peixe Valley hydrographic region was not sampled. Nine stations are ranked as preserved areas, forty-one as rural areas, and eleven between urban/rural areas (Table 1).

Were considered Preserved areas when sites were located inside or very close to Conservation Units, in this case, Araucária National Park and Chapecó National Forest. Were considered Rural areas when sites were strongly influenced by agricultural, livestock and, plantation of exotic trees. Finally, for the Urban/Rural areas were considered sites located in regions near or, within urban areas. Finally, sites pointed out as lenthic environments, were located closely, or inside small hydroelectric plants and hydroelectric plants as opposed of lotic environments.

2. Material studied and identification

Part of the specimens studied has been already deposited in collection of Laboratory of Ecology of Universidade Comunitária da Região de Chapecó. In addition, new material was collected between

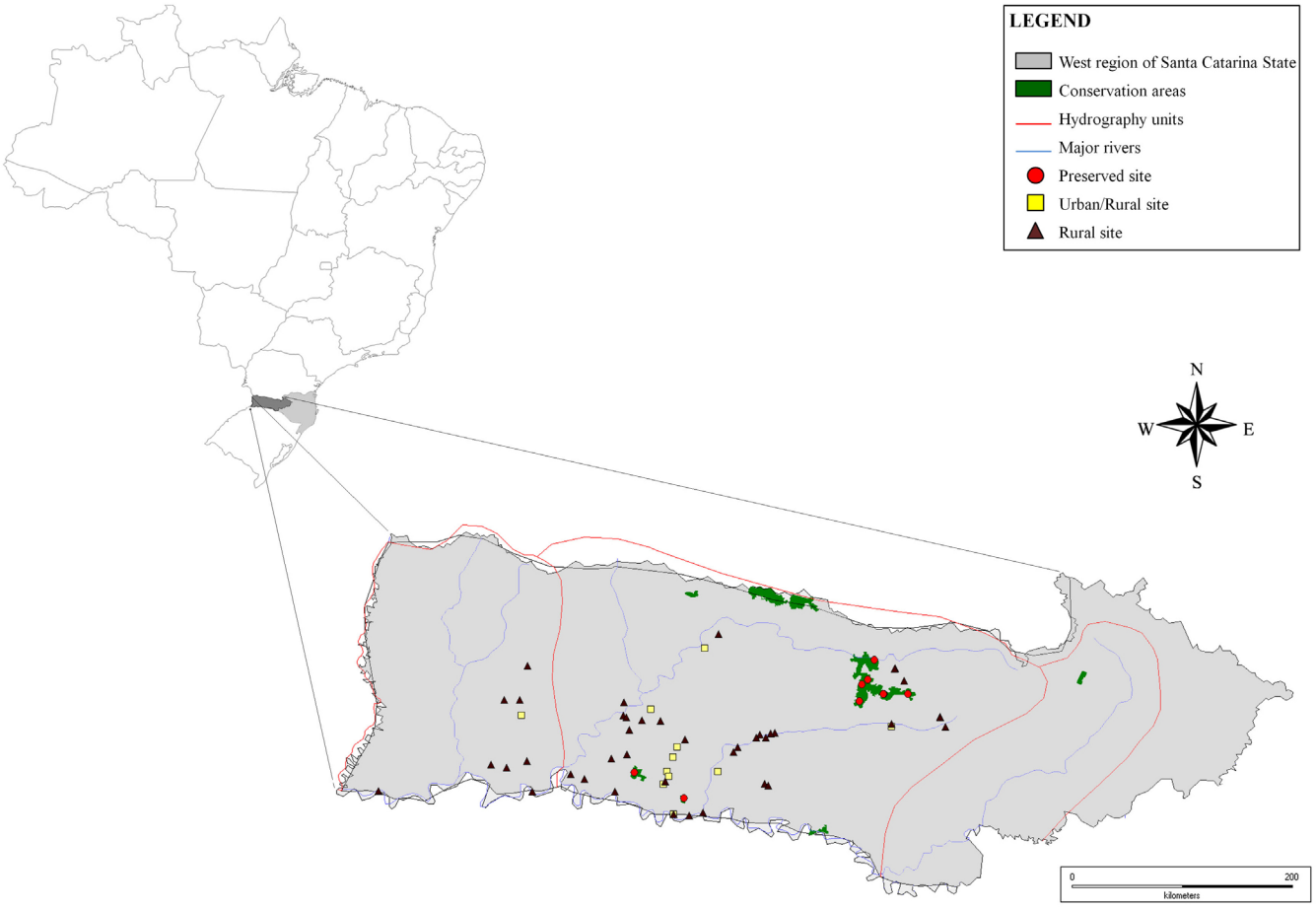


Figure 1. Map of Brazil, emphasizing the Western of Santa Catarina and sites sampled. Coordinates are on Appendix 1.

2008 and 2009 to complement the area of coverage. Samples between 2008 and 2009 were taken with Surber, frame aquatic net samplers, and also manually, sampling the most different kinds of substrata available on river (stones, leaf litter, and fine sediments).

Specimens were identified at lesser possible taxonomic level and further morphotyped. Taxonomic identification of nymphs was performed based on papers containing original descriptions and redescriptions, books and thesis (*e.g.* Domínguez & Flowers 1989, Domínguez et al. 1994, 2001, 2006, Domínguez 1999, Salles et al. 2004, Salles 2006).

3. Preparation of maps

Data sets of coordinates were taken with GPS (Global Positioning System), and points downloaded on GPS TrackMaker® software (Ferreira Júnior 2008). A map for each genus was made using DIVA-GIS software (Hijmans et al. 2005), based in the taxa found, coordinates of sampled areas, and map of hydrographic basin in the Western Santa Catarina State.

Results and Discussion

A total of 1903 nymphs of Leptophlebiidae were identified belonging to 24 morphotypes of 12 genera (Table 2).

The richest genus of Leptophlebiidae found was *Thraulodes* (five morphotypes), followed by *Farrodes*, and *Miroculis* (three morphotypes). *Hermanella*, *Homothraulus*, *Simothraulopsis*, and *Ulmeritoides* were represented by two morphotypes, and *Askola*, *Leentvaaria*, *Massartela*, *Needhamella* and *Segesta* by only one morphotype.

Below, a detailed description of each genera and morphotypes found in the Western Santa Catarina is presented, with the respective review about its distribution in the studied region.

Askola Peters, 1969 (Figure 2)

Of the five species of *Askola* recorded from Brazil, only *Askola froehlichi* Peters, 1969 has been reported from Santa Catarina (Salles et al. 2013). A single morphotype has been recorded in this paper.

Remarks: *Askola* was recorded in three rivers (Mato, Sede, and Caratuva), all of them located in regions of low order, few impacted, of high altitudes, close each other and limited at Araucaria Forest. Goulart & Callisto (2005) and Crisci-Bispo et al. (2007) found similar results related to environment integrity where *Askola* is found.

Farrodes Peters, 1971 (Figure 3)

Four species of *Farrodes* have been recorded from Brazil, none of them to the Santa Catarina State (Salles et al. 2013). Three morphotypes have been found and, therefore, the genus is recorded for the first time from Santa Catarina.

Remarks: Morphotypes of *Farrodes* were broadly distributed in the region studied, and the genus did not present a clear pattern of distribution. Thereby, we could not detect a distribution pattern for *Farrodes* sp.2 and *Farrodes* sp.3, while *Farrodes* sp.1 occurred essentially in headwaters. As observed by Da-Silva (2002), *Farrodes* occurs as in water flow as in backwater, in different kind of sediments at varied altitudes.

Table 1. Areas sampled in western of Santa Catarina State, followed by sites sampled, landscapes, altitudes, environments, orders of river, and comments about each site.

Areas sampled (acronym)	Site	Landscape	Altitude (m)	Kind of Environment	River order	Comments about site
Adami (ADM)	ADM1	Preserved	1155	Lotic	Low	Mixed ombrophilous forest, in Araucárias National Park.
Caçador (CAÇ)	CAÇ1	Rural	845	Lotic	Low	Agricultural and livestock with marginal vegetation almost absent.
	CAÇ2	Rural	591	Lotic	Low	Agricultural and livestock with marginal vegetation almost absent.
Caramuru (CAR)	CAR1	Urban/Rural	614	Lotic	Low	Open area with streets. Marginal vegetation almost absent.
Caratuva (CTV)	CTV1	Preserved	1065	Lotic	Low	Mixed ombrophilous forest, in Araucárias National Park.
Chapecó (CHO)	CHP1	Preserved	970	Lotic	Higher	Mixed ombrophilous forest, in Araucárias National Park.
	CHP2	Rural	285	Lotic	Higher	Agricultural and livestock with little marginal vegetation.
	CHP3	Rural	228	Lotic	Higher	Agricultural and livestock with marginal vegetation almost absent. Mouth of river.
	CHP4	Rural	600	Lentic	Higher	Agricultural and livestock with marginal vegetation almost absent.
	CHP5	Urban/Rural	529	Lentic	Higher	Agricultural and livestock with marginal vegetation almost absent. Hydroelectric dam.
Chapecozinho (CHZ)	CHZ1	Rural	1031	Lotic	Higher	Agricultural and *Eucalyptus* plantation.
	CHZ2	Preserved	833	Lotic	Higher	Mixed ombrophilous forest, in Araucárias National Park.
Iracema (IRC)	IRC1	Rural	657	Lotic	Low	Agricultural and livestock with marginal vegetation almost absent.
	IRC2	Rural	430	Lotic	Medium	Agricultural and livestock with marginal vegetation almost absent.
	IRC3	Rural	229	Lotic	Medium	Agricultural and livestock with marginal vegetation almost absent.
Irani (IRN)	IRN1	Rural	1151	Lotic	Higher	Agricultural and livestock with much marginal vegetation. Near of Araucárias National Park.
	IRN2	Urban/Rural	1046	Lotic	Higher	Agricultural and camping area with marginal vegetation almost absent.
	IRN3	Rural	594	Lotic	Medium	Agricultural and livestock with little marginal vegetation.
	IRN4	Rural	533	Lotic	Higher	Agricultural and livestock with marginal vegetation almost absent
	IRN5	Rural	470	Lotic	Medium	Agricultural and *Eucalyptus* plantation.
	IRN6	Rural	872	Lotic	Medium	Agricultural and livestock with little marginal vegetation.
	IRN7	Rural	514	Lotic	Higher	Agricultural and livestock with marginal vegetation absent.
	IRN8	Rural	505	Lotic	Higher	Agricultural and livestock with little marginal vegetation.
	IRN9	Rural	466	Lentic	Higher	Agricultural and livestock with little marginal vegetation.
	IRN10	Rural	667	Lotic	Higher	Agricultural and livestock with little marginal vegetation.
	IRN11	Urban/Rural	329	Lotic	Higher	Agricultural and livestock with little marginal vegetation.
	IRN12	Rural	291	Lentic	Higher	Agricultural and livestock with marginal vegetation almost absent. Mouth of river.
Lajeado Bonito (LBO)	LBO1	Rural	526	Lotic	Low	Livestock with marginal vegetation almost absent.
	LBO2	Rural	312	Lentic	Low	Agricultural and livestock with little marginal vegetation.
Lajeado Divisa (LDV)	LDV1	Preserved	662	Lotic	Low	Estacional decidual forest, in Chapecó National Forest.
Lajeado São José (LSJ)	LJS1	Urban/Rural	647	Lotic	Medium	Agricultural and *Eucalyptus* plantation with marginal vegetation almost absent.
	LJS2	Urban/Rural	635	Lotic	Medium	Agricultural with little marginal vegetation. Near factory of fiber pools.
	LJS3	Urban/Rural	606	Lentic	Medium	Agricultural and livestock with little marginal vegetation.
	LJS4	Urban/Rural	498	Lotic	Medium	Estacional decidual forest. River has already passed through all urban area of Chapecó city.
	LJS5	Rural	498	Lotic	Medium	Livestock and estacional decidual forest.

Table 1. Continued...

Areas sampled (acronym)	Site	Landscape	Altitude (m)	Kind of Environment	River order	Comments about site
Lambedor (LAM)	LAM1	Rural	638	Lotic	Low	Agricultural and livestock with marginal vegetation almost absent.
	LAM2	Rural	346	Lotic	Low	Livestock and estacional decidual forest.
Marconstrói (MCT)	MAR1	Preserved	950	Lotic	Low	Mixed ombrophilous forest, in Araucárias National Park.
Mato (MAT)	MTO1	Preserved	873	Lotic	Low	Mixed ombrophilous forest, in Araucárias National Park.
	MTO2	Preserved	873	Lotic	Low	Mixed ombrophilous forest, in Araucárias National Park.
Monte Alegre (MAL)	MAL1	Rural	302	Lotic	Low	Agricultural and livestock with marginal vegetation almost absent. Mouth of river.
Palmitos (PAL)	PAL1	Rural	429	Lotic	Low	Agricultural and livestock with marginal vegetation almost absent.
	PAL2	Rural	363	Lotic	Low	Agricultural and livestock with marginal vegetation almost absent. Mouth of river.
Pitoco (PIT)	PIT1	Urban/Rural	278	Lotic	Low	Estacional decidual forest with area destined to rural tourism.
	PIT2	Urban/Rural	289	Lotic	Low	Estacional decidual forest with area destined to rural tourism.
Santa Fé (STF)	STF1	Rural	293	Lotic	Low	Livestock with marginal vegetation almost absent.
Santo Antônio dos Pinhais (SAP)	SAP1	Rural	368	Lotic	Low	Agricultural and livestock with marginal vegetation almost absent.
São Domingos (SDM)	SDM1	Rural	605	Lotic	Medium	Agricultural and livestock with marginal vegetation almost absent.
	SDM2	Urban/Rural	516	Lotic	Medium	Agricultural and livestock with marginal vegetation absent. Near the city.
	SDM3	Rural	292	Lotic	Medium	Agricultural and livestock with marginal vegetation almost absent.
Sede (SED)	SED1	Rural	1046	Lotic	Low	Agricultural and *Eucalyptus* plantation. Near Araucárias National Park.
	SED2	Rural	1044	Lotic	Low	Agricultural and *Eucalyptus* plantation. Near Araucárias National Park.
Taquaruçú (TAQ)	TAQ1	Rural	617	Lotic	Low	Livestock with marginal vegetation almost absent.
	TAQ2	Rural	436	Lotic	Low	Agricultural and livestock with marginal vegetation absent.
Tarumã (TAR)	TAR1	Rural	503	Lotic	Low	Agricultural and livestock with marginal vegetation absent.
	TAR2	Rural	414	Lotic	Low	Agricultural and livestock with little marginal vegetation.
	TAR3	Rural	303	Lotic	Low	Agricultural and livestock with marginal vegetation absent.
Tigre (TIG)	TGR1	Preserved	572	Lotic	Low	Estacional decidual forest, in Chapecó National Forest.
Vargem Bonita (VAB)	VAR1	Rural	1161	Lotic	Low	*Eucalyptus* plantation and estacional decidual forest.
	VAR2	Rural	1159	Lotic	Low	*Eucalyptus* plantation and estacional decidual forest.
Xaxim (XAX)	XAX1	Urban/Rural	729	Lotic	Low	Agricultural and livestock with marginal vegetation almost absent.

Hermanella NEEDHAM & MURPHY, 1924 (Figure 4)

Of the four species recorded from Brazil, only *Hermanella grandis* Domínguez & Flowers, 1989 and *Hermanella maculipennis* (Ulmer 1920) have been reported from Santa Catarina (Salles et al. 2013). Two morphotypes have been recorded in this paper.

Remarks: Most of the nymphs of *Hermanella* were recorded in Conservation Unities, such as Chapecó National Forest (Lajeado Divisa River) and Araucária Nationak Park (Caratuva, and Chapecozinho), or in regions very conserved, such as Irani, Marconstrói, and Sede rivers. Nymphs of the genus were most representative in regions of high altitude. However, *Hermanella* sp.2 was also found in the Lajeado Divisa River, situated in lower altitudes. *Hermanella* cf. *grandis* occurred in just one point at higher altitudes of the Irani River.

Homothraulus DEMOULIN, 1955 (Figure 5)

Only one species of *Homothraulus* is recorded from Brazil. *Homothraulus misionensis* (Esben-Petersen, 1912) has been previously recorded from South Brazil but specific locations were

Table 2. Distribution list of Leptophlebiidae in western of Santa Catarina, followed by areas sampled*, frequency of records and abundance.

Morphotypes	Area sampled																											
	Adami	Caçador	Caçador	Caratuva	Chapcó	Chapecozinho	Iracema	Irani	Lajeado Bonito	Lajeado Divisa	Lajeado São José	Lambedor	Marconstrói	Mato	Monte Alegre	Palmitos	Pitoco	Santa Fé	Santo Antônio dos Pinhais	São Domingos	Sede	Taquaruçú	Tarumã	Tigre	Vargem Bonita	Xaxim	RECORDS	ABUNDANCE
Askola sp.1				x										x							x						**3**	**7**
Farrodes sp.1				x		x	x	x									x			x	x	x		x	x		**10**	**30**
Farrodes sp.2						x								x										x			**3**	**4**
Farrodes sp.3								x			x			x													**3**	**4**
Hermanella cf. *grandis*								x																			**1**	**20**
Hermanella sp.1				x		x		x		x			x								x						**6**	**11**
Homothraulus sp.1														x							x						**2**	**2**
Homothraulus sp.2			x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x					x	x		x		x		**15**	**362**
Leentvaaria cf. *palpalis*								x																	x		**2**	**4**
Massartella brieni	x	x		x	x	x		x		x	x			x			x			x	x			x			**13**	**158**
Miroculis sp.1												x						x		x		x			x		**5**	**73**
Miroculis sp.2												x								x							**2**	**12**
Miroculis sp.3																					x						**1**	**4**
Needhamella sp.1					x	x	x	x					x														**5**	**63**
Segesta sp.1								x																			**1**	**4**
Simothraulopsis sp.1								x																		x	**2**	**3**
Simothraulopsis sp.2													x								x						**2**	**6**
Thraulodes sp.1							x	x	x		x	x								x						x	**7**	**243**
Thraulodes sp.2					x		x	x	x			x	x		x					x						x	**9**	**345**
Thraulodes sp.3				x	x		x	x	x			x	x					x		x	x	x	x			x	**13**	**72**
Thraulodes sp.4					x	x	x	x	x		x	x	x			x		x		x							**11**	**220**
Thraulodes sp.5					x							x															**2**	**8**
Ulmeritoides sp.1					x	x	x	x												x			x		x		**7**	**122**
Ulmeritoides sp.2								x	x			x		x	x	x			x	x			x			x	**10**	**123**

*In this case, sites sampled (e.g. CAÇ1; CAÇ2) were considered as only one area (CAÇ).

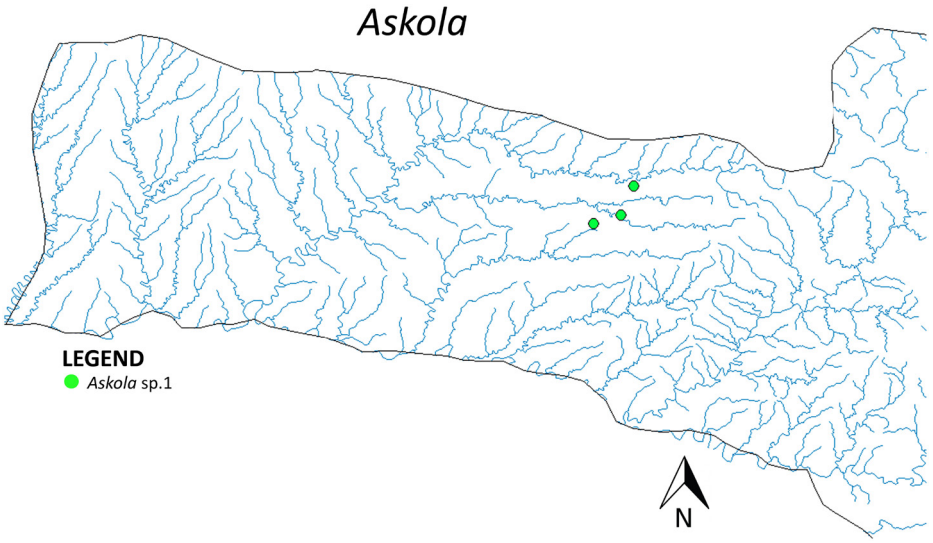


Figure 2. Geographic distribution of *Askola* Peters, 1969 in the Western Santa Catarina.

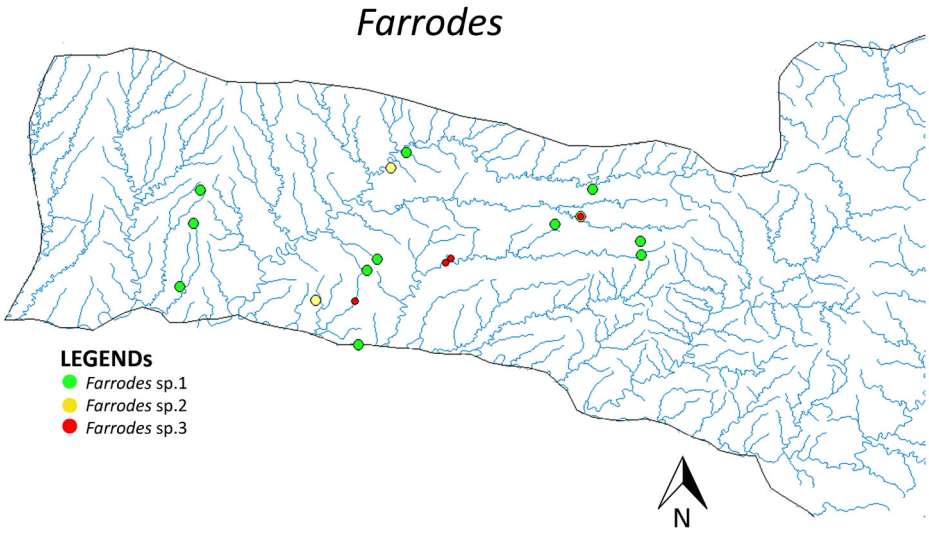


Figure 3. Geographic distribution of *Farrodes* Peters, 1971 in the Western Santa Catarina.

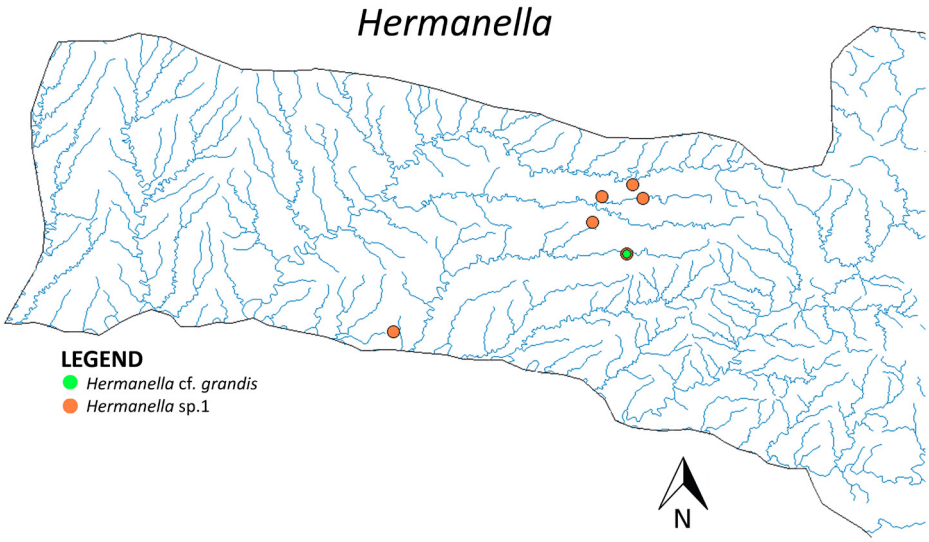


Figure 4. Geographic distribution of *Hermanella* Needham & Murphy, 1924 in the Western Santa Catarina.

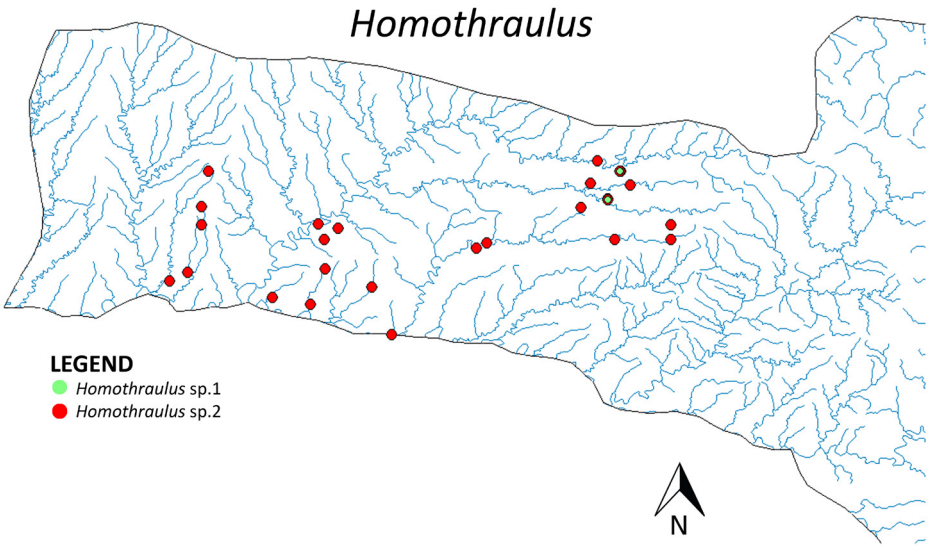


Figure 5. Geographic distribution of *Homothraulus* Demoulin, 1955 in the Western Santa Catarina.

not pointed out. (Domínguez et al. 1997). Two morphotypes have been recorded in this paper.

Remarks: *Homothraulus* was widely distributed, occupying all different kinds of sites, with a range of altitude varying from 252m to 1151m.

Homothraulus sp.2 was widely distributed, while *Homothraulus* sp.1 was recorded only in two first order rivers (Mato, and Sede), both with moderated flow of water, sediment with pebble and leaf litter, and restricted to area covered by dense vegetation of Araucaria Forest. According to Domínguez et al. (2006), nymphs of *Homothraulus* are found in streams and rivers, but with rapid water flow.

Leentvaaria DEMOULIN, 1966 (Figure 6)

One species of *Leentvaaria* has been recorded from Brazil, but not from Santa Catarina (Salles et al. 2013). In this paper one morphotype has been found and, therefore, the genus is recorded for the first time from Santa Catarina.

Remarks: *Leentvaaria* was limited to the Irani and Vargem Bonita rivers. Vargem Bonita is a river that belongs to the watershed of the Irani River. Nymphs occurred in environments characterized by strong water flow and under stones. Small hydro power plants, therefore, can compromise the establishment of *Leentvaaria* cf. *palpallis* in the Irani River, since that kind of construction convert rhithral in pothamal environments.

Massartella LESTAGE, 1930 (Figure 7)

Two species of *Massartella* have been recorded in Brazil, none of them to the Santa Catarina State (Salles et al. 2013). In this paper one morphotypes has been found and, therefore, the genus is recorded for the first time from Santa Catarina.

Remarks: *Massartella brieni* (Lestage, 1924) was also a species widely distributed. It appeared in 13 sites, with different kinds of land used. According to Pescador & Peters (1990), the range of altitude for *Massartella* varies from 500 to 1600m. In this study, *M. brieni* was recorded in altitudes lower than 250m (Pitoco River).

Miroculis EDMUNDS, 1963 (Figure 8)

Ten species of *Miroculis* have been recorded in Brazil, none of them to the Santa Catarina State (Salles et al. 2013). In this paper three morphotypes have been found and, therefore, the genus is recorded for the first time from Santa Catarina.

Remarks: Morphotypes of *Miroculis* were associated to tributaries of the largest rivers sampled: Chapecó, Irani, and Uruguai. *Miroculis* sp.1, although found in few points, was widely distributed, occurring mainly in headwaters. Contrastingly, *Miroculis* sp.2 occurred in altitudes lower than 650m, with impacted environments, while *Miroculis* sp.3 was restricted to altitudes higher than 1000m, at environments with little anthropic influence and in the Araucaria Forest.

Needhamella Domínguez & Flowers, 1989 (Figure 9)

Of the two species of *Needhamella* recorded in Brazil, only *Needhamella ehrhardti* (Ulmer, 1920) has been reported from Santa Catarina (Salles et al. 2013). A single morphotype has been recorded in this paper.

Remarks: *Needhamella* sp.1 was recorded in two sites with distinct situations: the first one was located at higher altitudes (highest altitude is in the Chapecozinho River - 1031m) and in regions less impacted. The other one was located at lowest altitudes (Iracema River - 252m), and in areas that present significant impact. Although *Needhamella* has been widely distributed in the region, the genus is associated to open environments, rivers of lower order, and moderate and strong water flow. The same pattern was pointed out by Domínguez & Flowers (1989).

Segesta Siegloch & Polegatto, 2006 (Figure 10)

One species of *Segesta* has been recorded in Brazil, but not to the Santa Catarina State (Salles et al. 2013). In this paper one morphotype has been found, therefore, the genus is recorded for the first time from Santa Catarina.

Remarks: *Segesta* sp.1 was recorded in one sample site, in the mouth of the Irani River. *Segesta riograndensis* Siegloch et al. (2006) has been recorded in the states of Rio Grande do Sul (its type locality), and Mato Grosso do Sul (Righi-Cavallaro et al. 2008). In this study, *Segesta* sp.1 was found in rocky environment, water with strong flow, and at lower altitudes. Interestingly, the same observation was previously pointed out by Siegloch et al. (2006) for the genus and the species.

Simothraulopsis DEMOULIN, 1966 (Figure 11)

Five species of *Simothraulopsis* have been previously recorded from Brazil, none of them to the Santa Catarina State (Salles et al. 2013). In this paper two morphotypes have been found and, therefore, the genus is recorded for the first time from Santa Catarina.

Remarks: *Simothraulopsis* sp.1 occurred in a low order portion of one large river, and in one stream (Irani and Xaxim rivers, respectively). *Simothraulopsis* sp.2 was restricted to higher altitudes and better conserved region. All nymphs occurred in altitudes above 700m.

Thraulodes Ulmer, 1920 (Figure 12)

Of the thirteen species of *Thraulodes* recorded from Brazil, only *Thraulodes alapictus* Mariano & Lima, 2013; *Thraulodes daidaleus* Thew, 1960; *Thraulodes limbatus* Navás, 1936; *Thraulodes pinhoi* Mariano & Lima, 2013; *Thraulodes traverae* Thew, 1960; *Thraulodes ulmeri* Edmunds, 1950 have been reported from Santa Catarina (Salles et al. 2013). Five morphotypes have been recorded in this paper.

Remarks: *Thraulodes* was the genus that showed higher number of morphotypes and higher number of occurrences, especially *Thraulodes* sp.1, *Thraulodes* sp.2, *Thraulodes* sp.3, and *Thraulodes* sp.4. On the other hand, *Thraulodes* sp.5 was recorded in two points that presented distinct environmental characteristics: the first one is the Caramurú River, a small river located in urban area at lower altitudes (600m or less). The other region is Irani River, which is a large-size river and is located at higher altitudes (1000 m).

Thraulodes was recorded in points with both presence and absence of anthropic influence. The type locality of *Thraulodes quevedoensis* Flowers 2009 that has been described from Ecuador, for example, is a River that receives human waste and chemical residue coming from agriculture (Flowers 2009).

Ulmeritoides TRAVER, 1959 (Figure 13)

Of the ten species of *Ulmeritoides* recorded in Brazil, only *Ulmeritoides haarupi* (Esben-Petersen, 1912); *Ulmeritoides patagiatus* (Thew, 1960); *Ulmeritoides uruguayensis* (Traver, 1959); *Ulmeritus balteatus* Thew, 1960 have been reported from Santa Catarina (Salles et al. 2013). Two morphotypes have been recorded in this paper.

Remarks: *Ulmeritoides* did not show a clear distribution pattern, occurring in points with varied altitudes, in different kinds of lands used, and at different orders.

Discussion

In the present study, the number of genera recorded in Santa Catarina increased from eight to 15. Although have been recorded a high number of morphotypes (24), most part could not be identified at the specie level, once the adult stage is imperative for an accurate identification of most of the species. Besides the fact that several species, or even genera, were described based solely on adult stages,

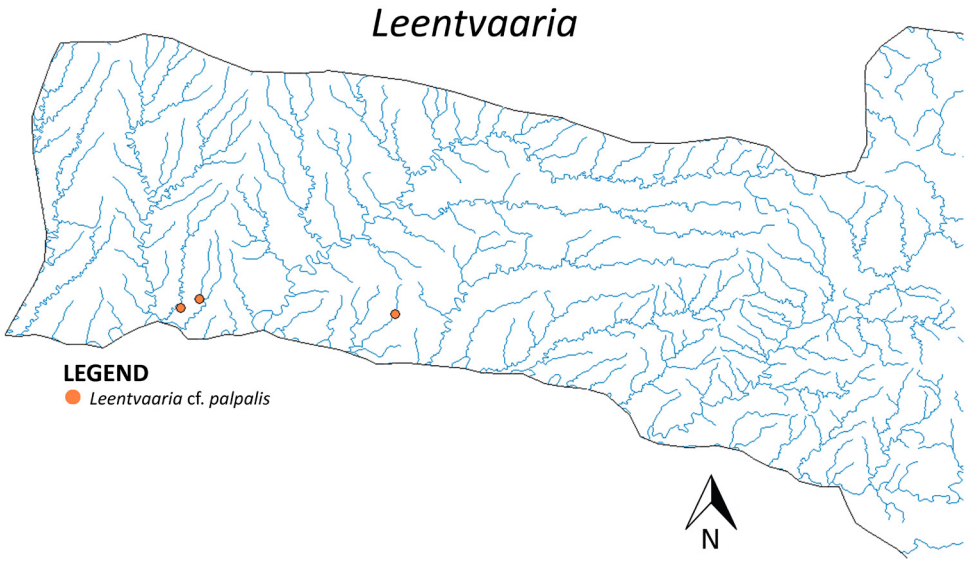


Figure 6. Geographic distribution of *Leentvaaria* Demoulin, 1966 in the Western Santa Catarina.

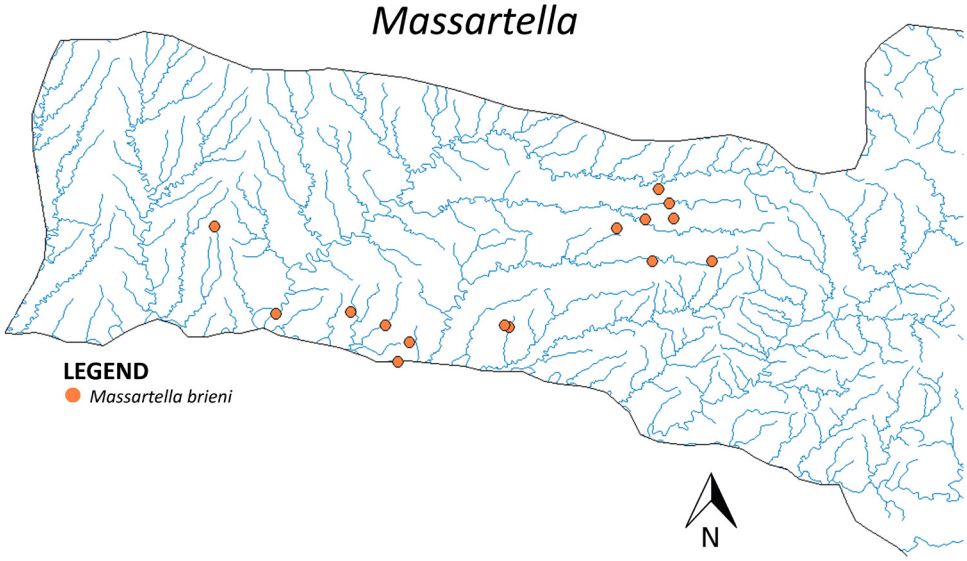


Figure 7. Geographic distribution of *Massartella* Lestage, 1930 in the Western Santa Catarina.

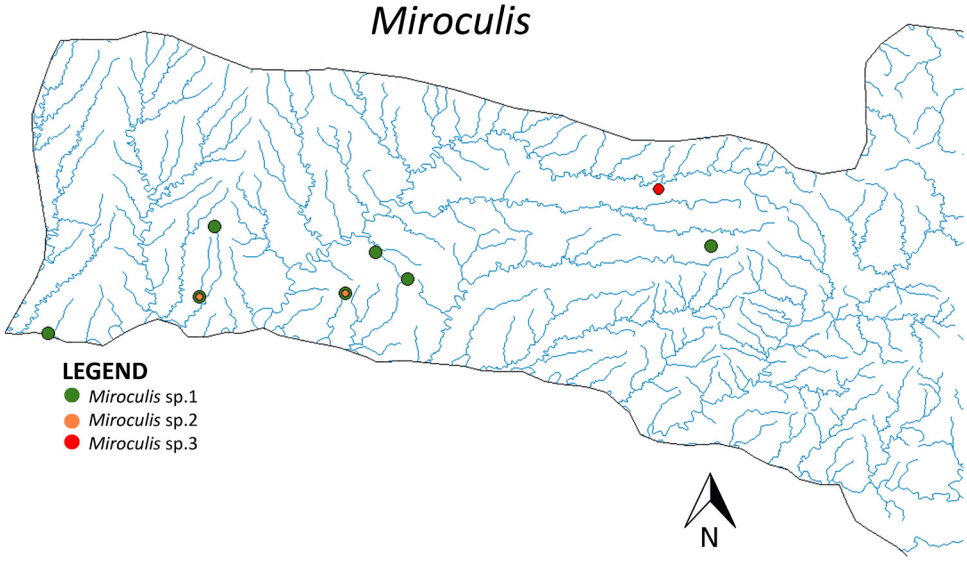


Figure 8. Geographic distribution of *Miroculis* Edmunds, 1963 in the Western Santa Catarina.

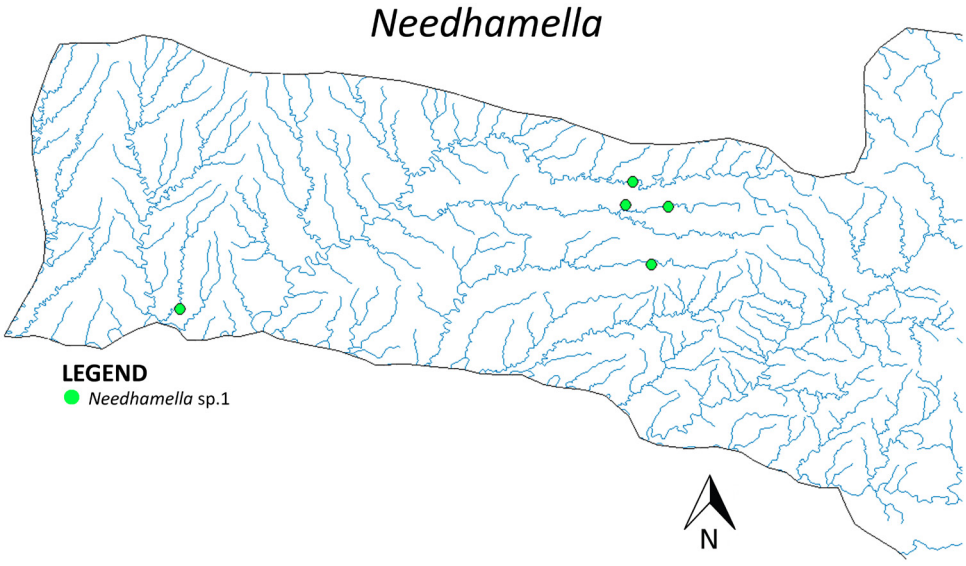


Figure 9. Geographic distribution of *Needhamella* Domínguez & Flowers, 1989 in the Western Santa Catarina.

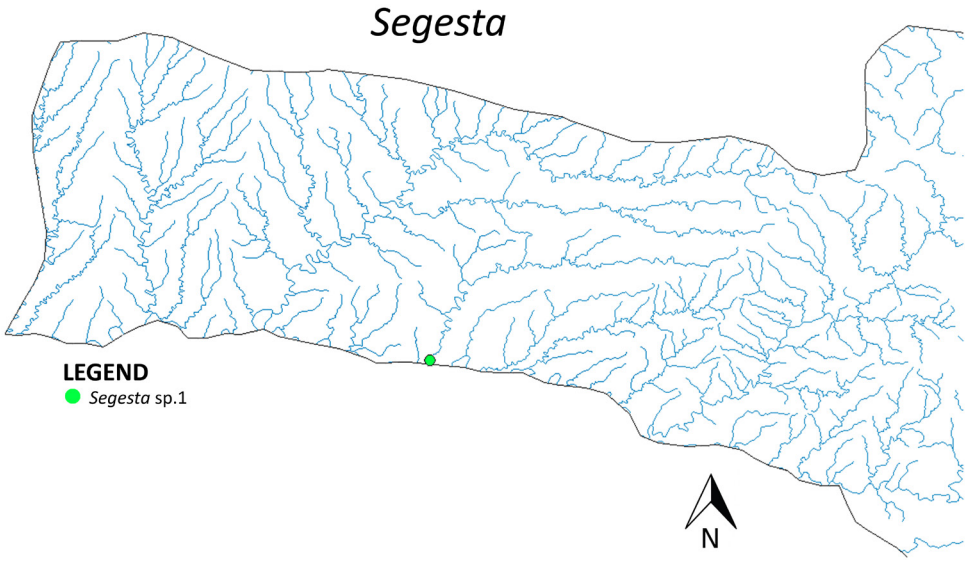


Figure 10. Geographic distribution of *Segesta* Siegloch & Polegatto, 2006 in the Western Santa Catarina.

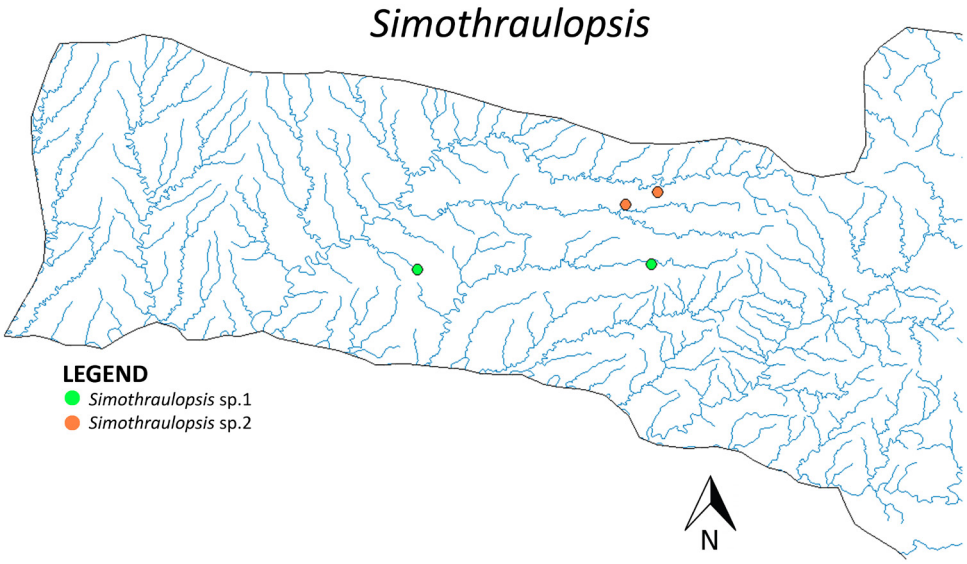


Figure 11. Geographic distribution of *Simothraulopsis* Demoulin, 1966 in the Western Santa Catarina.

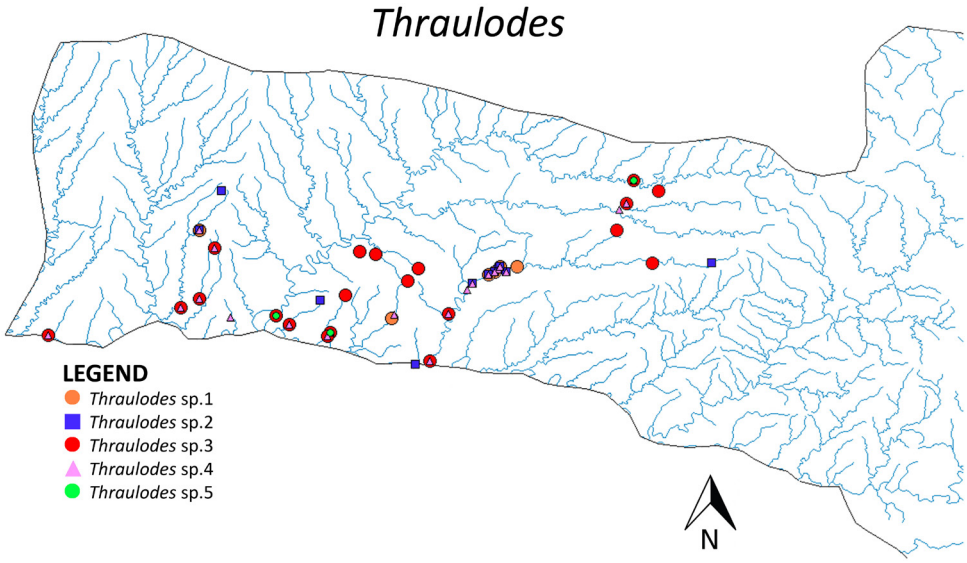


Figure 12. Geographic distribution of *Thraulodes* Ulmer, 1920 in the Western Santa Catarina.

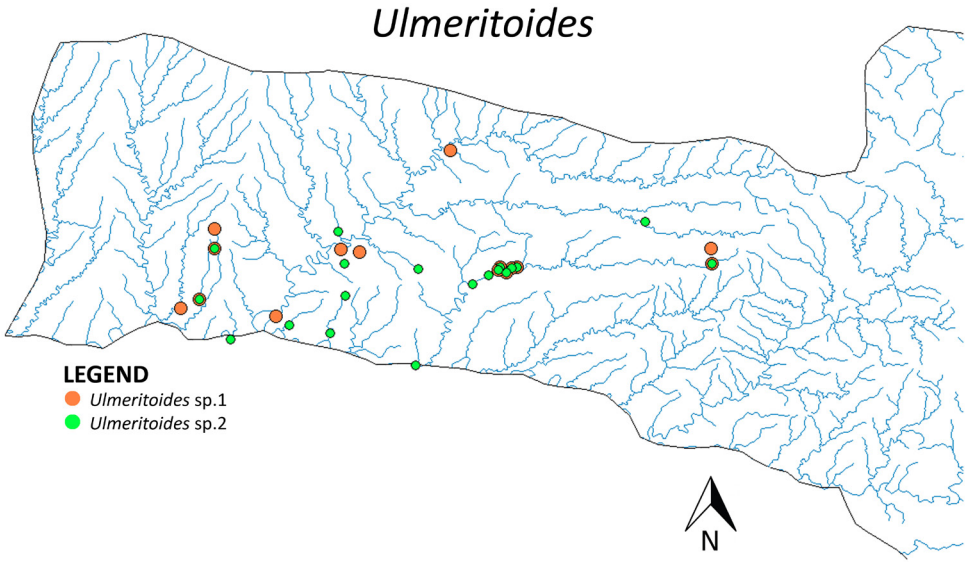


Figure 13. Geographic distribution of *Ulmeritoides* Traver, 1959 in the Western Santa Catarina.

the number of species not described, especially in tropical areas, is extremely high.

Four genera were limited at specific areas; *Leentvaaria* and *Hermanella* were associated with regions more conserved, and *Needhamella* and *Segesta* were found exclusively in the Irani River. These environments are suffering strong anthropic influence, either by the constructions of small hydro power plant, or by planting of *Pinus* and *Eucalyptus* along the banks of the Chapecó and Chapecozinho rivers. That king of impact can interfere directly the environment.

In conclusion, this study allowed us to advance the knowledge regarding the composition of Leptophlebiidae nymphs from Western region of Santa Catarina State, and to improve some information on biology of group. To supplement this information is necessary to know the imago stage (specially associating nymph and imago) in order to accurate identification at species level to all genera of family. Thus, it will be possible to provide a better knowledge about taxonomy and then, natural history of group.

Acknowledgements

We are thankful to João Carlos Marocco, Bruna Turra, Simone Piltz and Antônio Ganzer for their help on fieldwork and laboratory. To Dr. Denis Rosemberg and anonymous reviewers for their valuable comments on the manuscript. To Ambiental Equilibrio for providing nymphs of Leptophlebiidae, and to Unochapecó and Associação de Preservação do Meio Ambiente e da Vida – APREMAVI, important for logistic support. We are also grateful to CAPES, and FAPESC for scholarship provided for the first author, and to CNPq for productivity scholarship provided for the second author.

References

BARBER-JAMES, H., GATTOLLIAT, J.L., SARTORI M. & HUBBARD, M.D. 2008. Global diversity of mayflies (Ephemeroptera, Insecta) in freshwater. Hydrobiologia. 595:339-350. http://dx.doi.org/10.1007/s10750-007-9028-y

BISPO, P.C. & OLIVEIRA, L.G. 2007. Diversity and structure of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (Insecta) assemblages from riffles in mountain streams of Central Brazil. Rev. Bras. Zool. 24(2):283-293. http://www.scielo.br/pdf/rbzool/v24n2/a04v24n2.pdf (last access at 10/25/2009).

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Recursos Hídricos - MMA. 2006. Panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil. Secretaria de Recursos Hídricos Brasília, Brasília.

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. Rev. Bras. Zool. 24(2): 294-301. http://www.scielo.br/pdf/rbzool/v24n2/a05v24n2.pdf (last access at 06/15/2009).

CRISCI-BISPO, V.L., BISPO, P.C. & FROEHLICH, C.G. 2007. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages in litter in a mountain stream of the Atlantic Rainforest from Southeastern Brazil. Rev. Bras. Zool. 24(3):545-551. http://dx.doi.org/10.1007/s10750-007-9028-y

DA-SILVA, E.R. 2002. Descrição da ninfa de *Farrodes carioca* Domínguez, Molineri & Peters, 1996 (Insecta, Ephemeroptera, Leptophlebiidae). Bol. Mus. Nac. Zool. 495:1-5.

DA-SILVA, E.R., NESSIMIAN, J.L. & COELHO, L.B.N. 2010. Leptophlebiidae ocorrentes no Estado do Rio de Janeiro, Brasil: hábitats, meso-hábitats e hábitos das ninfas (Insecta: Ephemeroptera). http://www.biotaneotropica.org.br/v10n4/pt/fullpaper?bn01410042010+pt (last access at 08/21/2012).

DOMÍNGUEZ, E. & FLOWERS, W. 1989. A Revision of *Hermanella* and related genera (Ephemeroptera: Leptophlebiidae; Atalophlebiinae) from Subtropical South America. Ann. Entomol. Soc. Am. 82(5):555-573.

DOMÍNGUEZ, E. 1999. Systematics, cladistics and biogeography of the American genus *Farrodes* (Ephemeroptera: Leptophlebiidae: Atalophlebiinae). Zool. J. Linn. Soc-Lond. 126(2):155-189.

DOMÍNGUEZ, E., HUBBARD, M.D. & PESCADOR, M.L. 1994. Los Ephemeroptera en Argentina. In Fauna de Agua Dulce de la República Argentina (S.A. Castellanos, ed.). FECIC, Buenos Aires, 33(1):1-142.

DOMÍNGUEZ, E., PETERS, W.L., PETERS, J. & SAVAGE, H.M. 1997. The imago of *Simothraulopsis* Demoulin with a redescription of the nymph (Ephemeroptera: Leptophlebiidae: Atalophlebiinae). Aquatic Insects, 19(3):141-150. http://dx.doi.org/10.1080/01650429709361648

DOMÍNGUEZ, E., HUBBARD, M.D., PESCADOR, M.L. & MOLINERI, C. 2001. Ephemeroptera. In Guía para la Determinación de los Artrópodos Bentónicos Sudamericanos (H.R. Fernandez & E. Domínguez, eds.). Editorial Universitaria de Tucumán, Tucumán, 1:17-53.

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, Sofia-Moscow, 2:1-646.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. 2004. Solos do Estado de Santa Catarina. In Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (Potter R.O., Carvalho A.P., Flores C.A. & Bognola I., eds.). Embrapa Solos, Rio de Janeiro, v.46, p.1-728.

FERREIRA JUNIOR, O. 2008. GPS Track Maker.

HIJMANS, R.J., GUARINO, L., BUSSINK, C., MATHUR, P., CRUZ, M., BARRENTES, I., ROJAS, E. 2005. DIVA-GIS: A geographic information system for the analysis of species distribution data. versão 5.2. http://www.diva-gis.org (last access at 11/05/2013).

FLOWERS, R.W. 2009. A new species of *Thraulodes* (Ephemeroptera: Leptophlebiidae, Atalophlebiinae) from a highly altered river in western Ecuador. Zootaxa 2052:55-61.

GOULART, M. & CALLISTO, M. 2005. Mayfly distributions along a longitudinal gradient in Serra do Cipó, southeastern Brazil. Acta Limnol. Bras. 17(1):1-13.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 2002. Mapa de clima do Brasil.

KLEIN, R. 1978. Mapa fitogeográfico do estado de Santa Catarina. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí.

LIMA, L.R.C., SALLES, F.F. & PINHEIRO, U. 2012. Ephemeroptera (Insecta) from Pernambuco State, northeastern Brazil. Rev. Bras. Entomol. 56(3): 304-314. http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262012005000043

LIMA, L.R.C., MARIANO, R. & PINHEIRO, U.S. 2013. New species for *Thraulodes* Ulmer, 1920 (Ephemeroptera: Leptophlebiidae: Atalophlebiinae) and the first key to adults from Brazil. Zootaxa. 3709(3):230-242. http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.3709.3.2

LOPES, M.J.N.; RIBEIRO, J.M.F. & PEIRO, D.F. 2007. Leptophlebiidae (Ephemeroptera) da Amazônia brasileira. Acta Amaz. 37(1):139-145. http://www.scielo.br/pdf/ aa/v37n1/v37n1a18.pdf (last access at 01/30/2012).

MARENZI, R.C., FRIGO, F., ECCEL, R. & SCHIMIDT, A.D. 2005. Unidades de Conservação de Santa Catarina: Base preliminar de um diagnóstico de situação. In III Simpósio de Áreas Protegidas, 2005, Pelotas. Universidade Católica de Pelotas, v.1, p.26-34.

PESCADOR, M.L. & PETERS, W.L. 1990. Biosystematics of the genus *Massartella* Lestage (Ephemeroptera: Leptophlebiidae: Atalophlebiinae) from South America. Aquat. Insect. 12(3):145-160. http://dx.doi.org/10.1080/01650429009361399

PETERS, W.L. 1969. *Askola froehlichi*, a new genus and species from southern Brazil (Leptophlebiidae: Ephemeroptera). Fla. Entomol. 52(4):253-258. http://dx.doi.org/10.2307/3493877

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO - PNUD, INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - IPEA & FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO - FJP. 2003. Atlas do Desenvolvimento Humano. PNUD Brasil. http://www.pnud.org.br/atlas (last access at 12/12/2012).

RIGHI-CAVALLARO, K.O., SIEGLOCH, A.E., CALHEIROS, D. & BARBOSA, D.S. 2008. *Segesta riograndensis*, Ephemeroptera, Leptophlebiidae, Atalophlebiinae: first record from state of Mato Grosso do Sul, western Brazil. Check List. 4(4):472-474.

SALLES, F.F., SILVA, E.R., HUBBARD, M.D. & SERRÃO, J.E. 2004. As espécies de Ephemeroptera (Insecta) registradas para o Brasil. Biota Neotrop. 4(2): http://www.biotaneotropica.org.br/v4n2/pt/abstract?inventory+BN04004022004 (last access at 06/23/2011).

SALLES, F.F. 2006. A ordem Ephemeroptera (Insecta) no Brasil: diversidade e taxonomia. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

SALLES, F.F., CAVALCANTE DO NASCIMENTO J.M., MASSARIOL, F.C., ANGELI, K.B., BARCELOS E SILVA P., RÚDIO, J.A. & BOLDRINI, R. 2010. Primeiro levantamento da fauna de Ephemeroptera (Insecta) do Espírito Santo, Sudeste do Brasil. Biota Neotrop. 10(1): http://www.biotaneotropica.org.br/v10n1/pt/ download?inventory+bn02610012010+item (last access at 10/16/2011).

SALLES, F.F. & DOMÍNGUEZ, E. 2012. Systematics and Phylogeny of *Ulmeritus*-*Ulmeritoides* revisited (Ephemeroptera: Leptophlebiidae). Zootaxa 3571: 49-65.

SALLES, F.F., BOLDRINI, R., NASCIMENTO, J.M.C., ANGELI, K.B., MASSARIOL, F.C., RAIMUNDI E. 2013. Ephemeroptera do Brasil. http://ephemeroptera.com.br/ (last access at 09/12/2013).

SANTA CATARINA. 1998. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável. Lei nº 10.949, de 09 de novembro de 1998. Dispõe sobre a caracterização do Estado em 10 (dez) Regiões Hidrográficas, Florianópolis.

SHIMANO, Y., SALLES, F.F. & CABETTE, H.S.R. 2011. Ephemeroptera (Insecta) from east of Mato Grosso State, Brazil. http://www.biotaneotropica.org.br/v11n4/pt/fullpaper?bn020110 42011+pt(last access at 09/21/2013).

SHIMANO, Y., SALLES, F.F., FARIA, L.R.R., CABETTE, H.S.R. & NOGUEIRA, D. 2012. Distribuição espacial das guildas tróficas e estruturação da comunidade de Ephemeroptera (Insecta) em córregos do

Cerrado de Mato Grosso, Brasil. Iheringia, Ser. Zool., 102(2):187-196. http://dx.doi.org/10.1590/S0073-47212012000200011

SHIMANO, Y., JUEN, L., NOGUEIRA, D.S., CABETTE, H.S.R. & SALLES, F.F. 2013. Environmental and spatial processes determining Ephemeroptera (Insecta) structures in tropical streams. Ann. Limnol., 49:31-41. http://dx.doi.org/10.1051/limn/2013036

SIEGLOCH, A.E., FROEHLICH, C.G. & KOTZIAN, C.B. 2008. Composition and diversity of Ephemeroptera (Insecta) nymph communities in the middle section of the Jacuí River and some tributaries, southern Brazil. Iheringia, Sér. Zool. 98(4):425-432. http://www.scielo.br/pdf/isz/v98n4/v98n04a02.pdf (last access at 06/15/2009).

SOS MATA ATLÂNTICA & INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. 2009. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica, período de 2005 a 2008. São Paulo.

SPESSATTO, M.B. 2001. O diário de Fritz Plaumann. Argos, Chapecó.

TABARELLI, M., PINTO, L.P., SILVA, J.M.C., HIROTA, M. & BEDÊ, L. 2005. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. Megadiversidade 1:132-138.

TESTA, V.M., NADAL, R., MIOR, L.C., BALDISSERA, I.T. & CORTINA, N.O. 1996. Desenvolvimento Sustentável do Oeste Catarinense: proposta para discussão. Epagri, Florianópolis.

THEW, T.B. 1960. Taxonomic studies on some Neotropical Leptophlebiid mayflies (Ephemeroptera: Leptophlebiidae). Pan-Pac Entomol., 36(3):119-132.

TSUI, P.T.P. & PETERS, W.L. 1975. The Comparative Morphology and Phylogeny of Certain Gondwanian Leptophlebiidae Based on the Thorax, Tentorium, and Abdominal Terga (Ephemeroptera). T. Am. Entomol. Soc. 101(4):505-595.

ULMER, G. 1920. Neue Ephemeropteren. Arch. Naturg. 85(11):1-80.

WOLLF, J.N. & SCHUH, M.B. 2000. Memória e experiência. Argos, Chapecó.

Received 08/02/2012
Revised 09/16/2013
Accepted 10/21/2013

Appendix 1. Localization of aquatic environments sampled in west region of Santa Catarina presenting the name of each site, and geographic coordinates.

Site	Latitude	Longitude	Site	Latitude	Longitude
Adami	26° 48’ 47.3” S	51° 48’ 58.8” W	Lajeado São José2	27° 02’ 18.0” S	52° 38’ 46.0” W
Caçador1	27° 07’ 53.5” S	52° 19’ 23.7” W	Lajeado São José3	27° 05’ 80.0” S	52° 39’ 42.0” W
Caçador2	27° 08’ 14.4” S	52° 18’ 35.1” W	Lajeado São José4	27° 07’ 55.0” S	52° 40’ 45.0” W
Caramuru	27°05’ 20.8” S	52°39’ 59.3” W	Lajeado São José5	27° 07’ 21.3” S	52° 40’ 24.3” W
Caratuva	26° 50’ 23.9” S	51° 59’ 15.6” W	Lambedor1	27° 01’ 35.5” S	52° 48’ 33.1” W
Chapecó1	26° 41’ 31.5” S	51° 56’ 06.6” W	Lambedor2	27° 08’ 89.0” S	52° 50’ 67.0” W
Chapecó2	26° 53’ 26.1” S	52° 49’ 17.2” W	Marconstrói	26° 45’ 43.8” S	51° 57’ 28.8” W
Chapecó3	27° 05’ 51.1” S	53° 0’ 25.06” W	Mato1	26° 48’ 48.1” S	51° 54’ 07.9” W
Chapecó4	26° 36’ 03.6” S	52° 29’ 03.7” W	Mato2	26° 48’ 46.3” S	51° 54’ 09.3” W
Chapecó5	26° 39’ 07.4” S	52° 32’ 02.4” W	Monte Alegre	27° 14’ 33.1” S	52° 35’ 19.8” W
Chapecozinho1	26° 46’ 01.6” S	51° 49’ 49.8” W	Palmitos1	27° 03’ 04.6” S	53° 09’ 44.8” W
Chapecozinho2	26° 46’ 48.2” S	51° 58’ 48.2” W	Palmitos2	27° 09’ 33.5” S	53° 08’ 37.0” W
Iracema1	26° 42’ 53.0” S	53° 09’ 38.9” W	Pitoco1	27° 14’ 23.2” S	52° 38’ 35.9” W
Iracema2	26° 50’ 01.5” S	53° 14’ 35.9” W	Pitoco2	27° 14’ 21.2” S	52° 38’ 35.9” W
Iracema3	27° 03’ 48.6” S	53° 17’ 21.1” W	SantaFé	27° 09’ 21.1” S	53° 41’ 15.8”W
Irani1	26° 55’ 50.8”S	51° 41’ 03.8”W	Santo Antônio dos Pinhais	26° 50’ 38.7”S	52° 49’ 11.6”W
Irani2	26° 55’ 49.9”S	51° 52’ 29.6”W	São Domingos1	26° 50’ 05.4”S	53° 11’ 16.2”W
Irani3	26° 57’ 05.1”S	52° 17’ 08.1”W	São Domingos2	26° 53’ 25.3”S	53° 10’ 51.8”W
Irani4	26° 57’ 09.3”S	52° 18’ 07.2”W	São Domingos3	27° 04’ 25.9”S	53° 14’ 02.7”W
Irani5	26° 55’ 09.9” S	51° 52’ 29.6” W	Sede1	26° 43’ 22.7” S	51° 51’ 44.4” W
Irani6	26° 58’ 01.1” S	52° 19’ 05.5” W	Sede2	26° 43’ 25.8” S	51° 51’ 46.2” W
Irani7	26° 57’ 28.0” S	52° 20’ 25.0” W	Taquaruçú1	26° 58’ 29.4” S	52° 36’ 11.0” W
Irani8	26° 58’ 02.4” S	52° 21’ 07.6” W	Taquaruçú2	26° 54’ 33.8” S	52° 41’ 26.4” W
Irani9	27° 00’ 08.0” S	52° 25’ 06.2” W	Tarumã1	26° 54’ 21.1” S	52° 45’ 22.9” W
Irani10	27° 01’ 08.3” S	52° 26’ 00.0” W	Tarumã2	26° 53’ 48.1” S	52° 48’ 41.8” W
Irani11	27° 05’ 17.4” S	52° 29’ 14.2” W	Tarumã3	26° 56’ 23.0” S	52° 48’ 05.8” W
Irani12	27° 14’ 00.5” S	52° 32’ 28.4” W	Tigre	27° 05’ 27.1” S	52° 47’ 00.4” W
Lajeado Bonito1	27° 02’ 33.8” S	52° 51’ 51.9” W	Vargem Bonita1	26° 53’ 41.0” S	51° 42’ 12.0” W
Lajeado Bonito2	27° 06’ 49.5” S	52° 57’ 33.5” W	Vargem Bonita2	26° 53’ 42.0” S	51° 42’ 13.0” W
Lajeado Divisa	27° 10’ 53.1” S	52° 36’ 30.4” W	Xaxim	26° 52’ 07.1” S	52° 43’ 31.8” W
Lajeado São José1	27° 00’ 10.0” S	52° 37’ 51.0” W			

Flowers visited by hummingbirds in an urban Cerrado fragment, Mato Grosso do Sul, Brazil

Waldemar Guimarães Barbosa-Filho[1,2] & Andréa Cardoso de Araujo[1]

[1]Laboratório de Ecologia, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, CP 549, CEP 79070-900, Campo Grande, MS, Brasil. http://www-nt.ufms.br/
[2]Corresponding author: Waldemar Guimarães Barbosa-Filho, e-mail: waldemargbf@yahoo.com.br

BARBOSA-FILHO, W.G. & ARAUJO, A.C. **Flowers visited by hummingbirds in an urban Cerrado fragment, Mato Grosso do Sul, Brazil.** Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/en/abstract?article+bn00213042013

Abstract: Hummingbirds are the main vertebrate pollinators in the Neotropics, but little is known about the interactions between hummingbirds and flowers in areas of Cerrado. This paper aims to describe the interactions between flowering plants (ornithophilous and non-ornithophilous species) and hummingbirds in an urban Cerrado remnant. For this purpose, we investigated which plant species are visited by hummingbirds, which hummingbird species occur in the area, their visiting frequency and behavior, their role as legitimate or illegitimate visitors, as well as the number of agonistic interactions among these visitors. Sampling was conducted throughout 18 months along a track located in an urban fragment of Cerrado vegetation in Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil. We found 15 species of plants visited by seven species of hummingbirds. The main habit for ornithophilous species was herbaceous, with the predominance of Bromeliaceae; among non-ornithophilous most species were trees from the families Vochysiaceae and Malvaceae. *Hylocharis chrysura* was the hummingbird that visited the largest number of plant species and also attended the greater number of agonistic events. The high proportion (66.7%) of non-ornithophilous species visited by hummingbirds in the present study was similar to that found in other communities analyzed in Brazil. The fact that ornithophilous species in the area does not offer resources continuously throughout the year should induce hummingbirds to search for alternative resources, and contribute to the high proportion of non-ornithophilous species visited. In general, the floral form was not a barrier to floral visits by hummingbirds, although morphological characteristics of flowers from some plant species may be restrictive. *Tabebuia aurea*, for example, presents flowers with long corollas, hindering the access to floral resources by the pollinators, what may favor the occurrence of illegitimate visits by hummingbirds. Despite of being a small fragment of Cerrado vegetation, the studied remnant can be considered an important refuge, sheltering a great richness of hummingbird species comparable to several forested areas in Brazil.
Keywords: *agonistic behavior, fragmentation, ornithophily, pollination.*

BARBOSA-FILHO, W.G. & ARAUJO, A.C. **Flores visitadas por beija-flores em um fragmento urbano de Cerrado, Mato Grosso do Sul, Brasil.** Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/pt/abstract?article+bn00213042013

Resumo: Os beija-flores são os principais vertebrados polinizadores na região Neotropical, mas pouco ainda se conhece sobre as interações entre beija-flores e flores em áreas de Cerrado. O objetivo deste estudo foi descrever as interações entre espécies de plantas em floração (ornitófilas e não-ornitófilas) e beija-flores, em um fragmento urbano de Cerrado. Para isso, investigamos quais espécies de plantas são visitadas por beija-flores, quais espécies de beija-flores ocorrem na área, seu comportamento e frequência de visitas, sua atuação como visitante legítimo ou ilegítimo, assim como o número de interações agonísticas entre essas aves. Foram realizados 18 meses de amostragem ao longo de uma trilha localizada em um fragmento urbano de Cerrado em Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil. Foram encontradas 15 espécies de plantas visitadas por sete espécies de beija-flores. O principal hábito para as espécies ornitófilas foi herbáceo, com a predominância da família Bromeliaceae; entre as não-ornitófilas o principal hábito foi o arbóreo, com a predominância das famílias Vochysiaceae e Malvaceae. *Hylocharis chrysura* foi o beija-flor que realizou o maior número de visitas às flores e o que participou de maior número de ocorrências agonísticas. A elevada proporção (66,7%) de espécies não-ornitófilas visitadas por beija-flores no presente estudo também vem sendo reportada em outras comunidades analisadas no Brasil. O fato de as espécies ornitófilas da área estudada não oferecerem recurso de forma contínua ao longo de todo o ano deve induzir os beija-flores a procurar recursos alternativos, e contribuir para a alta proporção de espécies não-ornitófilas visitadas. De modo geral, a forma floral não foi obstáculo às visitas dos beija-flores, apesar de as características morfológicas de algumas espécies de plantas poderem ser restritivas. *Tabebuia aurea*, por exemplo, tem flores de corola longa, o que dificulta o acesso ao néctar pelos beija-flores, podendo favorecer a ocorrência de visitas ilegítimas. Apesar de ser um fragmento de Cerrado pequeno, o remanescente estudado pode ser considerado um importante refúgio, abrigando riqueza de espécies de beija-flores comparável à de diversas formações florestais do Brasil.
Palavras-chave: *comportamento agonístico, fragmentação, ornitofilia, polinização.*

Introduction

The Cerrado encompasses 2.000.000 Km^2, being the second largest Brazilian ecosystem in extent; it occurs mainly in the central region of Brazil and occupies 21% of the country (Klink & Machado 2005). Despite of being one of the 25 hotspots for conservation (Myers et al. 2000), more than 55% of the Cerrado has been transformed or degraded by human activities (Machado et al. 2004), and its destruction continues in an accelerated rate.

Forest fragmentation compromises the biological diversity due to variations in the availability of resources and conditions. It affects species differently, according to their habitat requirements (Fahrig et al. 2011). Despite of the relatively high amount of data on hummingbird assemblages, knowledge about inter and intra-specific interactions, and their relationships with plants in Cerrado vegetation is still poorly known (Araújo 2010, Araújo et al. 2011, Maruyama 2011, Machado 2012), being these information even scarcer for urban remnants (Mendonça & Anjos 2005). We found only one study regarding these interactions for urban fragments of Cerrado vegetation (Rodrigues & Araujo 2011).

Currently, hummingbirds (Trochilidae) occur only in the American continent and comprise one of the largest families of birds, including 328 species, among which, 83 species occur in Brazil according to Brazilian Ornithological Records Committee - CBRO (Comitê... 2013). Furthermore, these birds are the main vertebrate pollinators, acting as pollinators of up to 22% of neotropical angiosperm species (Rocca & Sazima 2010).

Some characteristics in angiosperm flowers, such as bright colors (especially red), abundant nectar, odorlessness, tubular corollas and nectary away from the stigma and anthers, are related to hummingbird pollination (Faegri & van der Pijl 1979, Endress 1994). However, several studies have shown that these birds often include variable percentages (32% to 71%) of species with diverse floral characteristics, not related with ornithophily, in their diet (Dalsgaard et al. 2008, Rocca & Sazima 2010). Additionally, some ornithophilous species present floral characteristics, like corolla length, that may also exclude some visitors (Endress 1994), forcing short-billed hummingbirds to search for different resources.

This paper aims to describe the interaction between flowering plants (ornithophilous and non-ornithophilous species) and hummingbirds in an urban Cerrado remnant. For this purpose, we investigated which plant species are pollinated by hummingbirds, which hummingbird species occur in the area, their visiting frequency and behavior, their role as legitimate or illegitimate visitors; as well as the number of agonistic interactions recorded among these birds.

Material and Methods

This study was conducted in a Cerrado fragment in the Private Reserve of Natural Heritage belonging to the Federal University of Mato Grosso do Sul (RPPN/UFMS) in Campo Grande (20° 27' S, 54° 37' W). The area is approximately 360.500 m^2 and is composed mainly by cerrado *sensu stricto* and dense woodland vegetation (Oliveira & Sigrist 2008). The climate is the Rainy Tropical Savannah type (subtype Aw, Köppen 1948) with two well-defined seasons, a dry and cold one, from May to September, and another hot and rainy season, from October to April. The average annual rainfall is 1532 mm, the relative humidity is generally low, rarely reaching 80%, and average annual temperatures ranges between 20 and 22 °C, with an average maximum temperature of 29.4 °C and minimum of 17.4 °C (Monitoring Center of Weather, Climate and Water of Mato Grosso do Sul) (Centro... 2013).

Data was collected during 18 months (June 2006 to November 2007) along a 1500 m long and 6 m wide track, totaling 9000 m^2 of sampling area. Flowers were classified as ornithophilous or non-ornithophilous, according to attributes described for ornithophily (Machado & Rocca 2010). For all species whose flowers were visited by hummingbirds, data on the habit and number of opened flowers per day were recorded. Species were identified in the field or with the help of experts. All species of plants were deposited at the Herbarium of Federal University of Mato Grosso do Sul (CGMS). Plant nomenclature followed the Angiosperm Phylogeny Group (APG III, Mark et al. 2009).

Focal observations were conducted at different times throughout the day, even during the hottest hours, from sunrise to sunset, and each observation session lasted 90 – 240 min. Hummingbirds were identified using a field guide (Grantsau 1988). Nomenclature of hummingbirds followed the proposed by Brazilian Ornithological Records Committee - CBRO (Comitê... 2013). Species of hummingbirds with evident sexual dimorphism were treated separately.

In each session of focal observation it was recorded the number of flowers available, the species of hummingbird visitors, the timing of visits and the number of flowers visited. Visits were classified as legitimate (if hummingbirds contacted anthers and/or stigma of the flower) or illegitimate (if hummingbirds did not contact the reproductive structures of the flower) (Faria & Araujo 2010). Visiting behavior of hummingbirds and all occurrences of intra or inter-specific agonisms (i.e. when the hummingbirds fight each other), were recorded during focal observations in plant species.

The Mann-Whitney test was used to calculate if the frequency of visits by hummingbirds (number of flowers visited/ number of flowers observed /minute) differed among ornithophilous and non-ornithophilous species and to test if the visiting rates of hummingbirds (number of visits/minute) differed between these two types of flowers. The Spearman's correlation was performed to verify if the rate of visits varies with the total number of open flowers per individual.

Results

It was recorded visits by hummingbirds in 15 species of plants, being five ornithophilous (33.3%) and 10 non-ornithophilous (66,6%) species. Among ornithophilous species, Bromeliaceae was the family with more species visited by hummingbirds, and among non-ornithophilous Vochysiaceae and Malvaceae were the families with more species visited by these birds (Table 1). Among the ornithophilous species recorded, four are herbs and one is a liana (Table 1). Most of the non-ornithophilous species visited by hummingbirds are trees (seven species), and the remaining three species are a shrub, a subshrub and a liana (Table 1). Most ornithophilous species presents open (46.6%), tubular (40%), brush or gullet (6.7%) corolla types. Corolla color was mainly red (60%), followed by lilac (20%) or orange (20%). Among non-ornithophilous species, most presented open flowers (70%), followed by gullet, brush and tubular types (10% each), with white (40%), yellow (30%), lilac (20%) or purple (10%) corollas (Table 1). The majority of the non-ornithophilous species flowered in the dry season, while most ornithophilous flourishes in the rainy one (Table 2). The average number of open flowers per individual per day was $\overline{x} = 4.62 \pm 3.81$ (n = 48) on ornithophilous, and $\overline{x} = 154.92 \pm 319.99$ (n = 174) on non-ornithophilous species.

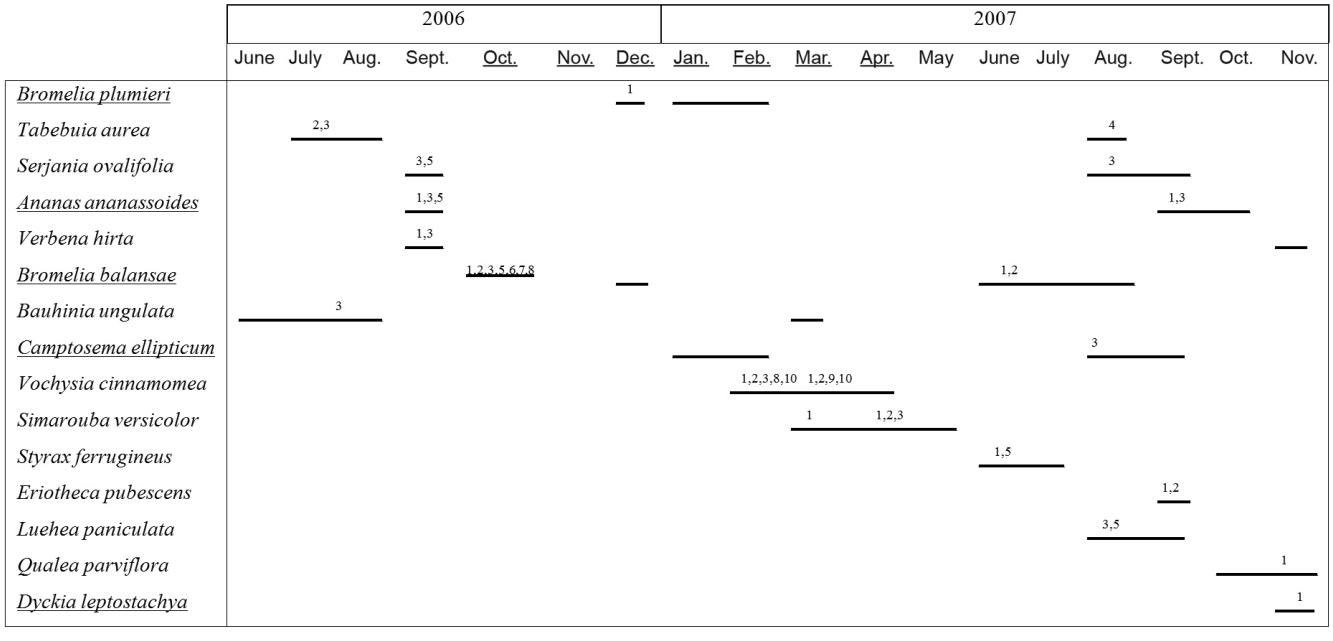
Seven species of hummingbirds belonging to the subfamily Trochilinae were recorded: *Anthracothorax nigricollis* (Vieillot, 1817), *Chlorostilbon lucidus* (Shaw, 1812), *Eupetomena macroura* (Gmelin, 1788), *Heliomaster squamosus* (Temminck, 1823), *Hylocharis chrysura* (Shaw, 1812), *Thalurania furcata* (Gmelin, 1788) and *Amazilia fimbriata* (Gmelin, 1788). The greater richness

Table 1. Characteristics of habit, shape and corolla color, as well as mean number (± standard deviation) of open flowers per individual per day of ornithophilous (underlined) and non-ornithophilous species visited by hummingbirds in the Private Reserve of Natural Heritage (RPPN) belonging to the Federal University of Mato Grosso do Sul (UFMS).

Families and plant species	habit	corolla shape	corolla color	nº flowers/ individual/day
Bromeliaceae				
Ananas ananassoides (Baker) L. B. Sm.	herb	tubular	lilac	4.6 ± 3.0 (21)
Bromelia balansae Mez	herb	tubular	red	9.4 ± 5.6 (8)
Bromelia plumieri (E. Morren) L.B. Sm.	herb	tubular	red	6.0 ± 3.5 (9)
Dyckia leptostachya Baker	herb	tubular	orange	4.0 ± 2.6 (4)
Bignoniaceae				
Tabebuia aurea (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex Moore	tree	gullet	yellow	149.2 ± 139.6 (12)
Fabaceae				
Camptosema ellipticum (Desv.) Burk	liana	tubular	red	1.4 ± 1.1 (6)
Bauhinia ungulata L.	shrub	brush	white	2.9 ± 3.5 (16)
Malvaceae				
Eriotheca pubescens (Mart. & Zucc.) Schott & Endl.	tree	open	white	12.5 ± 3.5 (2)
Luehea paniculata Mart.	tree	open	white	18.7 ± 17.9 (20)
Sapindaceae				
Serjania ovalifolia Radlk.	liana	open	white	3.5 ± 2.1 (21)
Simaroubaceae				
Simarouba versicolor A. St. Hil.	tree	open	purple	219.3 ± 254.1 (15)
Styracaceae				
Styrax ferrugineus Nees & Mart.	tree	open	yellow	25.0 ± 11.2 (5)
Verbenaceae				
Verbena hirta Spreng.	subshrub	tubular	lilac	240.4 ± 400.6 (10)
Vochysiaceae				
Qualea parviflora Mart.	tree	open	lilac	108.8 ± 95.2 (23)
Vochysia cinnamomea Pohl	tree	open	yellow	270.1 ± 523.7 (36)

Values in parentheses represent the number of sampled individuals.

Table 2. Flowering time and flower visitors of 15 plant species (ornithophilous underlined) visited by hummingbirds in the RPPN/UFMS. Underlined months represent hot and rainy season. Lines correspond to flowering recorded in the area and numbers correspond to the species of hummingbirds recorded in each sampled month: 1 = *Hylocharis chrysura*, 2 = *Eupetomena macroura*, 3 = *Chlorostilbon lucidus* female, 4 = *Heliomaster squamosus*, 5 = *Chlorostilbon lucidus* male, 6 = *Thalurania furcata* female, 7 = *Thalurania furcata* male, 8 = *Anthracothorax nigricollis* female, 9 = *Anthracothorax nigricollis* male, 10 = *Amazilia fimbriata.*



of hummingbirds' species (n = 5) was recorded in October 2006, during the rainy season (Table 2). But between November 2006 and January 2007 there was no record of hummingbirds visiting plants. *Hylocharis chrysura* was the hummingbird species that remained in the area for the longer period of time, being recorded in nine months, while *H. squamosus*, males of *A. nigricollis* and males and females of *T. furcata* were recorded only in one month (Table 2).

The frequency of visits of hummingbirds did not vary significantly between ornithophilous and non-ornithophilous flowers (U = 27.5, p = 0.6152). The ornithophilous species *Bromelia balansae* presented the highest frequency of visits (x = 0.0174 ± 0.0252, n = 20) and, among the non-ornithophilous, *Simarouba versicolor* (x = 0.0397 ± 0.0271, n = 5) was the most visited species. The visiting rates did not vary with the number of open flowers, although it presented a marginally significant level (r = 0.4987, p = 0.0585, n = 15). Rate of visits also did not differ (U = 31.5; p = 0.92) between types of flowers (ornithophilous or non-ornithophilous).

All plant species recorded at RPPN/UFMS received legitimate visits by hummingbirds. However, the proportion of legitimate visits differed between ornithophilous and non-ornithophilous species. While among the ornithophilous all visits were legitimate, amongst non-ornithophilous species some visits (30%) were illegitimate. Only *Eriotheca pubescens* received equal proportions (1:1) of legitimate and illegitimate visits, considering visits of all hummingbirds together.

Visiting behavior of hummingbirds varied among plant species. In *Bromelia balansae*, *Hylocharis chrysura* visited all flowers from a group of individuals and then leaved the clump, returning again after a period ranging from a few minutes up to 40 minutes. In *Vochysia cinnamomea* this hummingbird visited flowers of some individuals in a sequence and then perched nearby (for 1 to 35 minutes) before restarting the visits. In the plants species *Ananas ananassoides*, *Serjania ovalifolia*, *Simarouba versicolor*, *Styrax ferrugineus* and *Dyckia leptostachya*, the hummingbird *H. chrysura* visited the flowers (with intervals ranging from 1 to 90 minutes) and then leaved the site.

Thalurania furcata females visited flowers of all individuals in the clump of *B. balansae* at intervals ranging from 1 to 16 minutes and then perched nearby, attacking whenever another hummingbird approached to the clumps. In most of the plant species, *E. macroura* visited the flowers with longer intervals and showed no agonistic behavior. This species visited flowers and perched in individuals of *Vochysia cinnamomea*, often displacing other hummingbirds that were approaching the flowers during the intervals between visits. Flowers of *Bromelia plumieri, Verbena hirta, Eriotheca. pubescens, Luehea paniculata, Camptosema ellipticum, Bauhinia ungulata e Qualea parviflora* seem to have little importance as resources for hummingbirds in the area because they were only occasionally visited by hummingbirds, with low frequencies and rates of visits (Table 3).

During visits to the flowers, the largest number of agonistic interactions was recorded between two individuals of *H. chrysura*, followed by interactions between *H. chrysura* and females of *C. lucidus*. On the other hand, males of *A. nigricollis* and females of *T. furcata* were not displaced in any interaction. There was no record of agonistic interactions involving neither *H. squamosus* nor males of *T. furcata* (Table 4).

Discussion

The high proportion of non-ornithophilous species visited by hummingbirds in this study has already been reported for other communities and attributed to several factors. For natural fragments of vegetation ("*capões*") in southern Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brazil, it was suggested that the scarcity of ornithophilous species in the area can explain this (Araujo & Sazima 2003). In a dry forest in Mexico this high proportion is argued to be related to the dominance of ornithophilous species by territorial hummingbirds (Arizmendi & Ornelas 1990). In addition, this great proportion of visits to non-ornithophilous flowers is attributed to the high abundance of this kind of flowers, which provide nectar with energy values similar to those from ornithophilous species (Nicolson & Thornburg 2007). In the RPPN/UFMS, this can be justified by the fact that ornithophilous species do not offer resources continuously throughout the year, which should induce hummingbirds to look for non-ornithophilous species in some periods of the year, as already proposed for hummingbird-flower communities in Chapada Diamantina (Machado et al. 2007, Machado 2009).

Table 3. Plant species, total time of focal observations, hummingbird visitors, frequency (number of flowers visited/total number of observed flowers/minute) and visiting rate (number of visits/minute) to flowers in Private Reserve of Natural Heritage (RPPN) belonging to the Federal University of Mato Grosso do Sul (UFMS). An = *Anthracothorax nigricollis*, Cl = *Chlorostilbon lucidus*, Em = *Eupetomena macroura*, Hc = *Hylocharis chrysura*, Tf = *Thalurania furcata*, Hs = *Heliomaster squamosus*, Af = *Amazilia fimbriata* (♂ = male or ♀ = female).

Species	Total focal time (min)	Hummingbird visitors	Frequency * 100	Rate * 100
Ananas ananassoides	1658	Hc, Cl♀, Cl♂	39.0 ± 1.3 (15)	22.8
Bromelia balansae	1198	Hc, Cl♀, Cl♂, Em, Tf♀, Tf♂, An♀	1.7 ± 2.5 (20)	176
Bromelia plumieri	120	Hc	0.2 ± 0.0 (1)	2.7
Dyckia leptostachya	406	Hc	0.3 ± 0.1 (3)	3.0
Camptosema ellipticum	90	Cl♀	0.5 ± 0.0 (1)	5.0
Tabebuia aurea	878	Cl♂, Em, Hs	0.1 ± 0.2 (0)	1.9
Bauhinia ungulata	719	Hc, Cl♀, Em	1.4 ± 2.0 (2)	4.3
Serjania ovalifolia	617	Cl♀, Cl♂	0. 3 ± 0. 5 (6)	18.6
Simarouba versicolor	246	Hc, Cl♀	4.0 ± 2.7 (5)	48.0
Styrax ferrugineus	530	Hc, Cl♂	2.0 ± 2.5 (5)	73.0
Verbena hirta	180	Hc, Cl♀	0.1 ± 0.0 (1)	19.4
Vochysia cinnamomea	220	Hc, Cl♀, Em, Af., Na♀, An♂	0.4 ± 0.7 (20)	614.0
Qualea parviflora	240	Hc	0.1 ± 0.0 (1)	12.0
Luehea paniculata	175	Cl♀, Cl♂	0.1 ± 0.1 (2)	3.0
Eriotheca pubescens	365	Hc, Em	2.9 ± 3.0 (6)	53.0

Values in parentheses represent the number of sampled individuals

Table 4. Matrix of agonistic interactions recorded for seven species of hummingbirds that visited flowers in the Private Reserve of Natural Heritage (RPPN) belonging to the Federal University of Mato Grosso do Sul (UFMS). Species on lines are the dominant in the interactions and species in columns correspond to the subordinate ones. For each species it was calculated the sum of the horizontal (number of times the specie displaced another one) and the vertical (number of times that the species has been displaced) axes. An = *Anthracothorax nigricollis*, Cl = *Chlorostilbon lucidus*, Em = *Eupetomena macroura*, Hc = *Hylocharis chrysura*, Tf = *Thalurania furcata*, Af = *Amazilia fimbriata* (♂ = male or ♀ = female).

	Hc	**Cl♂**	**Cl♀**	**Em**	**An♀**	**An♂**	**Tf♀**	**Af**	**Σ_1**
Hc	27	1	16						44
Cl♂	1								1
Cl♀	10								10
Em	4			1	8				13
An♀	3			1				2	6
An♂	2		1						3
Tf♀			2						2
Af									0
Σ_2	47	1	19	2	8	0	0	2	79

Most species visited by hummingbirds were trees, and this habit was represented only by non-ornithophilous species in this study. Similar findings were already reported for an urban area in southern Brazil (Mendonça & Anjos 2005). Among ornithophilous species, herbaceous was the most representative life form, which is related to the prevalence of Bromeliaceae species in the present study. The prevalence of Bromeliaceae for ornithophilous species visited by hummingbirds suggests the high importance of this family as resource for hummingbirds in RPPN/UFMS, which has been already reported by some authors (*e.g.* Buzato et al. 2000, Piacentini & Varassin 2007), especially in more humid areas like the Atlantic forest. Regardless of such outcomes, it is not possible to conclude that Bromeliaceae is also the most important ornithophilous family in Cerrado vegetation, since the studied area is a quite small and isolated fragment. Moreover, in other studies conducted in this environment (*e.g.* Rodrigues & Araujo 2011, Maruyama 2011) there was no predominance of any plant family visited by hummingbirds.

Flowering period of most species visited by hummingbirds was concentrated at the end of the dry season, similar to that reported in other studies (Arizmendi & Ornelas 1990, Araujo & Sazima 2003). However, flowering periods of ornithophilous species were concentrated in the rainy season, which coincides with the period that more species of hummingbirds were recorded at RPPN/UFMS. This pattern could indicate the occurrence of seasonal populational movements to areas with greater availability of food resources (Machado et al. 2007).

The number of hummingbird species recorded in RPPN/UFMS is comparable to the reported in well-preserved forested areas (*e.g.* Lara 2006, Faria & Araujo 2010, Ortiz-Pulido et al. 2012). This suggests that small forest fragments may play important role as refuge sites for hummingbird species that occur in urban areas (Rodrigues & Araujo 2011). Also, in a landscape scale, these fragments may act as "stepping stones" for some hummingbird species (Metzger 2001). Some bird species are able of long distance flights, crossing open areas, as cities or cultivated fields, and using resources distributed in different forest fragments (Hadley & Betts 2009).

The similarity in the number of available flowers, as well as in the rate and frequency of visits of hummingbirds on ornithophilous and non-ornithophilous flowers, suggests that the choice of flowers by these birds may depend more on other variables (*e.g.* quantity and quality of nectar, availability of flowers) than its pollination syndrome. Factors such as the amount of nectar obtained at the last visited flower, the competition between visitors and the spatial distribution of flowers may be important in explaining the frequency of visits by hummingbirds (Sulikowski & Burke 2010).

The occurrence of legitimate visits in all plant species indicates that the hummingbirds are potential pollinators of this plant community, although most species visited by them did not present the specified characteristics of ornithophilly (Faegri & van der Pijl 1979). However, in some non-ornithophilous species, hummingbirds could act as secondary pollinators, since in variable proportions of visits they did not contact the reproductive structures of flowers, acting as illegitimate visitors (Oliveira & Gibbs 2000). Effectiveness of hummingbirds as pollinators of this "non-ornithophilous" group still must be evaluated. Several studies have not found a clear pattern linking groups of pollinators and the colors of visited flowers (Altshule 2003). The high number of white flowers visited by hummingbirds in this study corroborates other studies that have reported the white color as the second most frequent floral color from plants pollinated by hummingbirds. (Lunau et al. 2011). Moreover, in general, floral morphology is not an obstacle for hummingbird visitation, although some morphological characteristics of flowers proved to be restrictive as, for example, in the interactions between short-billed hummingbirds and flowers with long corollas (Dalsgaard et al. 2009).

In the studied fragment, the recorded Trochilinae acted also as trapliners (sensu Feinsinger & Colwell 1978), regularly moving between clumps of resources. It is not common because hummingbirds of this subfamily tend to be territorial and generalists in the use of floral resources, while traplining tend to be a behavior most frequent to hummingbirds in Phaethornithinae subfamily (Machado et al. 2007). However, aggressive and territorial behavior in Phaethornithinae have also been reported in some studies (*e.g.* Sazima et al. 1995, Rocca & Sazima 2008).

It was not possible to relate the effect of spatial and temporal differentiation of resource use among hummingbirds in this study. However, the high frequency of agonistic encounters recorded in the study area may be due to a possible lack of vertical stratification, as well as overlapping periods of foraging among different species of hummingbirds (Mitchell et al. 2009).

The dominance of certain species of hummingbirds in agonistic interactions often has been related to their body size (Antunes 2003). Our data support this idea since the largest species found (*E. macroura*) was dominant over the smaller ones. However, most of the recorded agonistic interactions occurred between species smaller than *E. macroura*, and were intra (*e.g. H. chrysura*) and interspecific (*e.g. H. chrysura* x *C. lucidus*). Smaller and hierarchically subordinated hummingbirds may use flowers located on the peripheries of large clumps defended by dominant hummingbirds, acting as territory parasites (Feinsinger & Colwell 1978). This differentiation in the use of resources among hummingbirds of different sizes may favor

a higher frequency of agonistic behavior among smaller species (Feinsinger & Colwell 1978). Thus, smaller hummingbirds tend to compete only among themselves for accessing resources that are not used by larger species (Cotton 1998).

Despite its small size, the RPPN/UFMS may be regarded as an important refuge for hummingbird species, harboring a richness of species comparable to that found in well-preserved areas of different forested formations of Brazil (*e.g.* Araujo & Sazima 2003, Machado et al. 2007). Also, hummingbirds recorded in RPPN/UFMS are potentially important pollinators of ornithophilous and non-ornithophilous species that occur within the area, being frequent visitors of these species. The supply of flowers throughout the year indicates that RPPN/UFMS can maintain individuals of hummingbirds permanently, thus underscoring the importance of this forest fragment for these birds.

Acknowledgements

For CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Cientifico e Tecnológico) for the Scientific Initiation Scholarship for the first author, and Dr. Arnildo Pott for the identification of plant species.

References

ALTSHULE, D.L. 2003. Flower color, hummingbird pollination, and habitat irradiance in four Neotropical Forests. Biotropica 35(3):344-355.

ANTUNES, A.Z. 2003. Partilha de néctar de *Eucalyptus* spp., territorialidade e hierarquia de dominância em beija-flores(Aves: Trochilidae) no sudeste do Brasil. Ararajuba 11(1):39-44.

ARAUJO, A.C. & SAZIMA, M. 2003. The assemblage of flowers visited by hummingbirds in the "capões" of southern Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brazil. Flora 198(6):427-435. http://dx.doi.org/10.1078/0367-2530-00116

ARAÚJO, F.P. 2010. A comunidade de plantas utilizadas e suas interações com beija- flores em uma área de Cerrado, Uberlândia - Minas Gerais. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas.

ARAÚJO, F.P., BARBOSA, A.A.A. & OLIVEIRA, P.E. 2011. Floral resources and hummingbirds on an island of flooded forest in Central Brazil. Flora 206:827-835. http://dx.doi.org/10.1016/j.flora.2011.04.001

ARIZMENDI, M.C. & ORNELAS, J.F. 1990. Hummingbirds and their floral resources in a tropical dry forest in Mexico. Biotropica 22(2):172-180. http://dx.doi.org/10.2307/2388410 http://dx.doi.org/10.2307/2388410

BUZATO, S., SAZIMA, M. & SAZIMA, I. 2000. Hummingbird-pollinated floras at three Atlantic forest sites. Biotropica 32(4b):824-841. http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00621.x

CENTRO DE MONITORAMENTO DE TEMPO, DO CLIMA E DOS RECURSOS HÍDRICOS DE MATO GROSSO DO SUL - CEMTEC. 2013. http://www.agraer.ms.gov.br/cemtec (último acesso em 15/01/2013).

COMITÊ BRASILEIRO DE REGISTROS ORNITOLÓGICOS - CBRO 2013. Lista das aves do Brasil. http://www.cbro.org.br (último acesso em 15/01/2013).

COTTON, P.A. 1998. The community organization of a lowland Amazonian forest. Ibis 140(2):512-521.

DALSGAARD, B., GONZALEZ, A.M.M., OLESEN, J.M., OLLERTON, J., TIMMERMANN, A., ANDERSEN, L.H. & TOSSAS, A.G. 2009. Plant–hummingbird interactions in the West Indies: Floral specialisation gradients associated with environment and hummingbird size. Oecologia 159(1):757-766. PMid:19132403. http://dx.doi.org/10.1007/s00442-008-1255-z

DALSGAARD, B., MARTÍN GONZÁLEZ, A.M., OLESEN, J.M., TIMMERMANN, A., ANDERSEN, L.H. & OLLERTON, J. 2008. Pollination networks and functional specialization: a test using Lesser Antillean plant-hummingbird assemblages. Oikos 117(1):789-793. http://dx.doi.org/10.1111/j.0030-1299.2008.16537.x

ENDRESS, P.K. 1994. Diversity and evolutionary biology of tropical flowers. Cambridge University Press, Cambridge.

FAEGRI, K. & VAN DER PIJL, L. 1979. The principles of pollination ecology. Pergamon Press, London.

FAHRIG, L., BAUDRY, J., BROTONS, L., BUREL, F.G., CRIST, T.O., FULLER, R.J., SIRAMI, C., SIRIWARDENA, G.M. & MARTIN, J.L. 2011. Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. Ecol. Lett. 14(1):101-112. PMid:21087380. http://dx.doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01559.x

FARIA R.R. & ARAUJO A.C. 2010. Flowering phenology and pollination of ornithophilous species in two habitats of Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul, Brazil. An. Acad. Bras. Cienc. 82(4):843-855. PMid:21152758. http://dx.doi.org/10.1590/S0001-37652010000400006

FEINSINGER, P. & COLWELL, R.K. 1978. Community organization among neotropical nectar-feeding birds. Am. Zool. 18(4):779-795.

GRANTSAU, R. 1988. Os beija-flores do Brasil. Expressão e Cultura, Rio de Janeiro.

HADLEY, A.S. & BETTS, M.G. 2009. Tropical deforestation alters hummingbird movement patterns. Biol. Lett. 5(1):207-210. PMid:19158031 PMCid:PMC2665823. http://dx.doi.org/10.1098/rsbl.2008.0691

KLINK, C.A. & MACHADO, R.B. 2005. A conservação do Cerrado brasileiro. Megadiversidade 1(1):147-155.

KÖPPEN, W. 1948. Climatologia. Fondo de Cultura Económica, México.

LARA, C. 2006. Temporal dynamics of flower use by hummingbirds in a highland temperate forest in Mexico. Ecoscience 13(1):23-29. http://dx.doi.org/10.2980/1195-6860(2006)13[23:TDOFUB]2.0.CO;2

LUNAU, K., PAPIOREK, S., ELTZ, T. & SAZIMA M. 2011. Avoidance of achromatic colors by bees provides a private niche for hummingbirds. J Exp Biol 214(1):1607-1612. PMid:21490268. http://dx.doi.org/10.1242/jeb.052688

MACHADO, A.O. 2012. Diversidade de recursos florais para beija-flores nos cerrados do triângulo mineiro e região. Tese de doutorado, Universidade Federal de Uberlândia.

MACHADO, C.G. & ROCCA, M.A. 2010. Protocolos para o estudo da polinização por aves. In Ornitologia e Conservação: Ciência Aplicada, Técnicas de Pesquisa e Levantamento (S.V. Matter, F.C. Straube, I. Accordi, V. Piacentini & J.F. Cândido-Junor, eds). Technical Books, Rio de Janeiro, p.471-489.

MACHADO, C.G. 2009. Os beija-flores (Aves: Trochilidae) e seus recursos florais em área de caatinga da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. Rev. Bras. Zool. 26(2):255-265.

MACHADO, C.G.; COELHO A.G.; SANTANA C.S. & RODRIGUES M. 2007. Beija-flores e seus recursos florais em uma área de campo rupestre da Chapada Diamantina, Bahia. Rev. Bras. Ornit. 15(2):267-279.

MACHADO, R.B., RAMOS NETO, M.B., PEREIRA, P.G.P., CALDAS, E.F., GONÇALVES, D.A., SANTOS, N.S., TABOR, K. & STEININGER, M. 2004. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. Conservação Internacional, Brasília.

MARK, W.C., MICHAEL, F.F., JAMES, L.R., DOUGLAS, E.S., PAMELA, S.S., PETER, F., ARNE, A.A., MICHAEL, J.M., RICHARD, G.O., PAULA, J.R. & KENNETH, J. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. Bot. J. Linn. Soc. 161(2):105-121. http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8339.2009.00996.x

MARUYAMA, P.K. 2011. Disponibilidade de recursos florais e o seu uso por beija-flores em área de Cerrado de Uberlândia, MG. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

MENDONÇA, L.B. & ANJOS, L. 2005. Beija-flores (Aves, Trochilidae) e seus recursos florais em uma área urbana do Sul do Brasil. Rev. Bras. Zool. 22(1):51-59. http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752005000100007

METZGER, J.P., 2001. Effects of deforestation pattern and private nature reserves on the forest conservation in settlement areas of the Brazilian Amazon. Biota Neotrop. 1(1):1-14. http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032001000100003

MITCHELL, R. J., IRWIN, R. E., FLANAGAN, R. J. & KARRON, J.D. 2009. Ecology and evolution of plant-pollinator interactions. Ann. Bot. 103(1):1355-1363. PMid:19482881 PMCid:PMC2701755. http://dx.doi.org/10.1093/aob/mcp122

MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., FONSECA, G.A.B. & KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature 403:853-858. PMid:10706275. http://dx.doi.org/10.1038/35002501

NICOLSON, S. & THORNBURG, R.W. 2007. Nectar chemistry. In Nectary and Nectar: A Modern Treatise (S.W. Nicolson, M. Nepi & Pacini E., eds). Springer-Varlig, Amsterdam, p.215-264. http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-5937-7_5

OLIVEIRA, M.I.B. & SIGRIST, M.R. 2008. Fenologia reprodutiva, polinização e reprodução de *Dipteryx alata* Vogel (Leguminosae-Papilionoideae) em Mato Grosso do Sul, Brasil. Revista Brasil. Bot. 31(2):195-207. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042008000200002

OLIVEIRA, P.E. & GIBBS, P.E. 2000. Reproductive biology of woody plants in a Cerrado community of central Brazil. Flora 195(4):311-329.

ORTIZ-PULIDO, R., DÍAZ, A., VALLE-DIÁZ, O.I. & FISHER, A.D. 2012. Hummingbirds and the plants they visit in the Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve, México. Rev. Mex. Biodivers. 83(2):152-163.

PIACENTINI, V. & VARASSIN, I.G. 2007. Interaction network and the relationships between bromeliads and hummingbirds in an area of secondary Atlantic rain forest in southern Brazil. J. Trop. Ecol. 23(1):663-671.

ROCCA, M. A. & SAZIMA, M. 2010. Beyond hummingbird-flowers: the other side of ornithophily in the neotropics. Oecologia Australis 14(1):67-99. http://dx.doi.org/10.4257/oeco.2010.1401.03

RODRIGUES, L.C. & ARAUJO, A.C. 2011. The hummingbird community and their floral resources in an urban forest remnant in Brazil. Braz. J. Biol. 71(3):611-622. PMid:21881784.

SAZIMA I., BUZATO, S. & SAZIMA, M. 1995. The sawbilled hermit *Ramphodon naevius* and its flowers in southeastern Brazil. J. Ornithol. 136:195-206. http://dx.doi.org/10.1007/BF01651241

SULIKOWSKI, D. & BURKE, D. 2010. When a place is not a place: encoding of spatial information is dependent on reward type. Behaviour 147(1):1461-1479. http://dx.doi.org/10.1163/000579510X521564

Received 08/31/2012
Revised 07/31/2013
Accepted 10/01/2013

Insect galls of São Tomé das Letras (MG, Brazil)

***Valéria Cid Maia*[1,2]**

[1]Museu Nacional, Quinta da Boa Vista, São Cristóvão, CEP 20940-040, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
[2]Corresponding author: Valéria Cid Maia, e-mail: maiavcid@acd.ufrj.br

MAIA, V.C. **Insect galls of São Tomé das Letras (MG, Brazil).** Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/en/abstract?article+bn03213042013

Abstract: Six localities of São Tomé das Letras (MG, Brazil) were investigated from September, 2011 to June, 2012. The local vegetation was examined in search of insect galls. A total of 152 morphotypes of insect galls were found on 94 plant species (74 genera and 37 families). Fabaceae, Melastomataceae, Myrtaceae, and Asteraceae were the plant families with the greatest richness of galls, with 20, 18, 17, and 12 gall morphotypes, respectively. The super host genera were *Copaifera* L. (Fabaceae), *Myrcia* DC. ex. Guill. (Myrtaceae), and *Miconia* Ruiz & Pav. (Melastomataceae), with 10, 10 and 09 gall morphotypes, respectively. The super host species was *Copaifera* cf.*langsdorfii* Desf. (Fabaceae), with 10 gall morphotypes. Galls were found on leaves, stems, buds, and aerial roots. Leaves were the most galled plant organ, followed by stems, and buds. The inducers belong to Diptera, Lepidoptera, Hemiptera, Thysanoptera, Coleoptera, and Hymenoptera, being Cecidomyiidae (Diptera) the most frequent and diversified gallers. The associated fauna included parasitoids (Hymenoptera), inquilines (Lepidoptera and Thysanoptera), successors (Formicidae, Hymenoptera), and predators (pseudoscorpion), obtained from 18, 02, 02, and 01 gall morphotype, respectively. Ten galling species are recorded for the first time in São Tomé das Letras (MG). The present study indicates São Tomé das Letras (MG) as an area of great richness of insect galls.
Keywords: *Atlantic forest, gall richness, host plants, insect-plant interaction.*

MAIA, V.C. **Galhas de insetos de São Tomé das Letras (MG, Brazil)**. Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/pt/abstract?article+bn03213042013

Resumo: Seis localidades de São Tomé das Letras (MG, Brasil) foram investigadas de setembro, 2011 a junho, 2012. A vegetação local foi examinada à procura de galhas entomógenas. Um total de 152 morfotipos de galhas de insetos foi encontrado em 94 espécies vegetais (74 gêneros e 37 famílias). Fabaceae, Melastomataceae, Myrtaceae e Asteraceae foram as famílias botânicas com maior riqueza de galhas, com 20, 18, 17 e 12 morfotipos de galha cada, respectivamente. Os gêneros super-hospedeiros foram *Copaifera* L. (Fabaceae), *Myrcia* DC. ex. Guill. (Myrtaceae) e *Miconia* Ruiz & Pav. (Melastomataceae), com 10, 10 e 09 morfotipos de galhas. A espécie super-hospedeira foi *Copaifera langsdorfii* Desf. (Fabaceae) com 10 morfotipos de galhas. Galhas foram encontradas em folhas, caules, gemas e raízes aéreas. As folhas foram o órgão vegetal mais atacado, seguidas por caules e gemas. Os galhadores pertencem às ordens Diptera, Lepidoptera, Hemiptera, Thysanoptera, Coleoptera e Hymenoptera, sendo os insetos da família Cecidomyiidae (Diptera) os indutores mais frequentes e diversificados. A fauna associada incluiu parasitóides (Hymenoptera), inquilinos (Lepidoptera e Thysanoptera), sucessores (Formicidae, Hymenoptera) e predadores (pseudoscorpion), obtidos de 18, 02, 02 e 01 morfotipo de galha, respectivamente. Dez espécies galhadoras são registradas pela primeira vez para São Tomé das Letras (MG). O presente estudo indica São Tomé das Letras (MG) como uma área de grande riqueza de galhas de insetos.
Palavras-chave: *Mata Atlântica, riqueza de galhas, plantas hospedeiras, interação inseto-planta.*

Introduction

Insect galls are pathologically developed cells, tissues or organs of plants that have risen mostly by hypertrophy (over-growth) and hyperplasy (cell proliferation) under the influence of these parasitic organisms (Shorthouse & Rohfritsch 1992, Shorthouse et al. 2005). In this biological association, the galling species apparently derives all the benefit and the plant suffers loss of substance, deviations in the direction of growth, disturbances in sap flow, premature decays, and increase of non-essential parts at the cost of essential and other injury (Felt 1940, Stone & Schönrogge 2003).

Several insect gall inventories have been developed in State of Minas Gerais (Fernandes et al. 1988, 1997, Urso-Guimarães et al. 2003, Maia & Fernandes 2004, Carneiro et al. 2009, Coelho et al. 2009, Malves & Frieiro-Costa 2012, Maia 2012). These inventories focused mainly on cerrado physiognomies, being the Atlantic Forest areas of Minas Gerais still little investigated.

The Atlantic Forest comprises high species diversity and richness, as well as a high number of flora and fauna endemisms. In the past, it covered approximately 330 million acres, but the original area has been greatly reduced and fragmented, remaining about 7% only. It has been considered a world biosphere reserve and a high priority area for biological conservation (Myers et al. 2000).

The main objective of this study is to contribute to the knowledge of the richness of insect galls from Atlantic Forest areas of Minas Gerais.

Material and Methods

Insect galls were collected seasonally (from September, 2011 to June, 2012) in six localities of São Tomé das Letras (MG): Ladeira do Amendoim (22° 42' 24" S and 44° 58' 57" W), Cachoeira da Lua (21° 42' 11" S and 44° 56' 24" W), Vale das Borboletas (22° 42' 24" S and 44° 58' 57" W), Gruta do Sobradinho (21° 39' 24" S and 44° 53' 08" W), Eubiose (21° 43' 0" S and 44° 59' 0" W), and Harmonia (21° 43' 24" S and 44° 57' 33" W).

The vegetation was examined in search of galling insects during two hours in each locality per collection. All plant organs were investigated, except for subterranean roots. Galled plants, preferably with flowers and fruits were pressed for identification and preservation. All gall morphotypes were photographed in field and characterized by shape, color, presence of trichomes, and plant organ.

Samples of each morphotype were collected and transported individually in labeled plastic bags. Larvae and pupa of immature insects were obtained in the laboratory from the dissection of each gall morphotype under a stereoscopic microscope. This procedure also allowed the determination of the number of internal chambers. The pupal exuviae and adults were obtained from rearing, by keeping samples of each kind of gall individually in covered plastic pots with damp cotton at the bottom. These pots were examined daily for adults' emergence. The galls were kept in these pots until their deterioration.

All insects were preserved in 70% alcohol. The gall midges (larvae, pupae, pupal exuviae and adults) were later mounted on microscope slides following the methodology of Gagné (1989). The Cecidomyiidae genera were identified based on the keys of Gagné (1994). The insects were incorporated in the entomological collection of Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro (MNRJ).

The plant species were identified by Dr. Gracialda Costa Ferreira (Universidade Federal Rural da Amazônia, Brazil), and the dried specimens were incorporated into the herbarium of the Instituto de Ciências Agrárias (Pará, Brazil).

Results

A total of 152 gall morphotypes were found in São Tomé das Letras (MG). They occurred on 94 plant species distributed in 74 genera and 37 families (Table 1). The medium number of gall morphotypes per plant species was 1.62.

Fabaceae, Melastomataceae, Myrtaceae, and Asteraceae were the plant families with the greatest richness of galls, with 20, 18, 17, and 12 morphotypes each, respectively. The super host genera were *Copaifera* L. (Fabaceae), *Myrcia* DC. ex. Guill. (Myrtaceae), and *Miconia* Ruiz & Pav. (Melastomataceae), with 10, 10, and 9 gall morphotypes. The super host species were *Copaifera langsdorfii* Desf. (Fabaceae), *Myrcia sylvatica* (G. Mey) DC. (Myrtaceae), and *Calophyllum brasiliense* Cambéss (Calophyllaceae), with 10, 7, and 6 gall morphotypes each, respectively. Galls were found on leaves (79 morphotypes, ca. 57%), stems (41 morphotypes, ca. 28%), buds (21 morphotypes, ca. 14%), and aerial roots (01 morphotype, ca. 0.7%). Leaves were the most galled plant organ, followed by stems, and buds. Flower, fruit and tendril galls were not found. Five morphotypes occurred on leaves and buds (ca.3%) and four morphotypes on buds and stems (ca. 2.6%).

The inducers are represented by six insect orders: Diptera (82 gall morphotypes, ca. 86%), Lepidoptera (05 gall morphotypes, ca. 5%), Hemiptera (04 gall morphotypes, ca. 4%), Thysanoptera (02 gall morphotypes, ca. 2%), Coleoptera (01 gall morphotype, ca. 1%), and Hymenoptera (01 gall morphotype, ca. 1%), being Cecidomyiidae (Diptera) the most frequent and diversified gallers (81 gall morphotypes, ca. 85%).

Concerning gall morphology, the following shapes were found: bulbous, burn-shaped, bursiform, catterpillar-like, circular, conical, cylindrical, discoid, elliptical, fusiform, globoid, horn-shaped, imbricated, leaf roll, linear, marginal leaf roll, ovoid, rosette, rugose, spot-like, and vermiform. Globoid and fusiform galls predominate with ca. 34% and ca. 27%, respectively, followed by circular ones (9%), marginal leaf roll (ca. 4%), bulbous, ovoid, conical and leaf roll (ca.3% each), and cylindrical (ca 2.5%). The other shapes were represented by less than 2% each. The majority of the galls were glabrous (86.18%) and one-chambered (90.8%).

The associated fauna included parasitoids (Hymenoptera), inquilines (Lepidoptera and Thysanoptera), successors (Formicidae, Hymenoptera), and predators (pseudoscorpion), obtained from 18, 02, 02, and 01 gall morphotype, respectively. Ten galling species are recorded for the first time in São Tomé das Letras (MG): *Asphondylia serrata* Maia, 2004; *Contarinia gemmae* Maia, 2003; *Dactylodiplosis heptaphylli* Maia, 2004; *Lopesia caulinaris* Maia, 2003; *Lopesia conspicua* Maia, 2003; *Lopesia elliptica* Maia, 2003; *Lopesia linearis* Maia, 2003; *Lopesia similis* Maia, 2004; *Myrciaryiamia admirabilis* Maia, 2007; and *Tomoplagia rudolphi* (Lutz & Lima, 1918). All gall records are new as this is the first gall inventory of São Tomé das Letras (MG).

Data on insect galls are presented under host plant family, genus and species in alphabetical order. They include morphological characterization (plant organ, shape, color, presence/absence of trichomes, number of internal chamber), galler, locality and date of collection, associated fauna, and previous records in Brazil. The values in parenthesis indicate the number of gall morphotypes.

Anacardiaceae (n=1)

Tapirira sp. (n=1)

Leaf gall, circular, yellow, glabrous, one-chambered (Figure 1). Galler: Hemiptera. Locality: Cachoeira da Lua. Date: September/2011. Previous records: Maia et al. (2008) described other gall on *Tapirira guianensis* Aubl. from Bertioga (SP).

Table 1. Distribution of insect gall morphotypes by plant families and species in São Tomé das Letras (MG, Brazil).

Plant family (n=37)	Plant species (n=94)	Number of insect gall morphotypes (n=152)
Anacardiaceae	*Tapirira* sp.	01
		Total 01
Annonaceae	*Duguetia furfuracea*	01
	Pseudoxandra sp.	01
		Total 02
Asteraceae	*Baccharis* sp.1	03
	Baccharis cfr	01
	Dimerostemma brasilianum	01
	Eremanthus polycephalus	04
	Vernonia sp.	02
	Not determined	01
		Total 12
Bignoniaceae	*Macfadyena* sp.	01
	Stigophyllum riparium	01
	Not determined	01
		Total 03
Burseraceae	*Protium heptaphyllum*	04
		Total 04
Calophyllaceae	*Calophyllum brasiliense*	06
		Total 06
Celastraceae	*Maytenus* sp.	01
	Hippocratea sp.	01
		Total 02
Clusiaceae	*Kielmeyera* sp.	01
		Total 01
Dilleniaceae	*Davilla brasiliensis*	02
		Total 02
Ebenaceae	*Diospyros* sp.	01
		Total 01
Erythroxylaceae	*Erythroxylum* cf. *suberosum*	05
		Total 05
Euphorbiaceae	*Croton* sp.	03
	Pera sp.	01
		Total 04
Fabaceae	*Andira* sp.	03
	Copaifera cf. langsdorfii	10
	Dalbergia foliosa	03
	Inga crassifólia	01
	Inga edulis	01
	Machaerium sp.	01
	Stylosanthes gracilis	01
		Total 20
Lamiaceae	*Hyptis recurvata*	01
	Ocimum sp.	01
		Total 02
Lauraceae	*Ocotea cernua*	01
	Ocotea sp.	01
		Total 02
Loranthaceae	*Struthanthus* sp.	01
		Total 01
Lythraceae	*Cuphea* sp.	01
		Total 01
Malpighiaceae	*Byrsonima verbascifolia* (L.) Rich. var. *intermedia*	01

Table 1. Continued...

Plant family (n=37)	Plant species (n=94)	Number of insect gall morphotypes (n=152)
	Byrsonima verbascifolia (L.) Rich. var. *villosa*	01
	Byrsonima verbascifolia	01
	Mascagnia sp.	01
	Mendocia sp.	01
		Total 05
Malvaceae	*Luehea grandiflora*	01
	Melochia sp.	01
	Waltheria indica	01
		Total 03
Melastomataceae	*Aciotis* cf. *indecora*	02
	Clidemia sp.1	02
	Clidemia sp.2	01
	Miconia ligustroides	01
	Miconia cf. *theaezans*	01
	Miconia sp.1	03
	Miconia sp.2	01
	Miconia sp.3	02
	Mouriri sp.	01
	Tibouchina granulosa	01
	Tibouchina cf. *stenocarpa*	01
	not determined 1	01
	not determined 2	01
		Total 18
Monimiaceae	*Moriri* sp.	01
		Total 01
Moraceae	*Brosimum* sp.	02
	Pseudolmedia macrophylla	03
		Total 05
Myrsinaceae	*Rapanea* cf. *parvifolia*	01
	Rapanea sp.	01
		Total 02
Myrtaceae	*Aulomyrcia tomentosa* var. *longipes*	01
	Campomanesia pubescens	01
	Eugenia biflora	01
	Eugenia punicifolia	01
	Eugenia sp	01
	Myrcia splendens	02
	Myrcia sylvatica	07
	Myrcia sp.	01
	Myrciaria floribunda	02
		Total 17
Nyctaginaceae	*Guapira* sp.	01
	Neea sp.	02
		Total 03
Passifloraceae	*Turnera* sp.	01
		Total 01
Piperaceae	*Piper* sp.	01
		Total 01
Proteaceae	*Roupala montana* Aubl. var. *montana*	02
		Total 02
Rubiaceae	*Amaioua intermedia* var. *brasiliana*	02

Table 1. Continued...

Plant family (n=37)	Plant species (n=94)	Number of insect gall morphotypes (n=152)
	Coussarea sp.	01
	Faramea sp.	01
	Palicourea rigida	01
	Sabicea brasiliensis	01
		Total 06
Sapindaceae	*Serjania communis*	02
	Serjania glutinosa	01
	Serjania meridionalis	01
	Serjania sp.	01
		Total 05
Sapotaceae	*Manilkara* sp.	01
		Total 01
Siparunaceae	*Siparuna guianensis*	01
		Total 01
Smilacaceae	*Smilax cissoides*	01
		Total 01
Solanaceae	*Solanum lycocarpum*	01
	Solanum sp.1	01
	Solanum sp.2	01
		Total 03
Sterculiaceae	*Buettneria* sp	01
	Not determined	01
		Total 02
Verbenaceae	*Lantana camara*	01
	Lantana sp.	01
		Total 02
Vochysiaceae	cf. *Salvertia convallariodora*	01
	Vochysia cf. *maxima*	03
		Total 04

Annonaceae (n=2)

Duguetia furfuracea (A. St.-Hil) Saff. (n=1)

Leaf gall, globoid, yellow, glabrous, one-chambered (Figure 2). Galler: not determined. Other dwellers: parasitoids (Hymenoptera). Localities: Ladeira do Amendoim, Cachoeira da Lua. Date: December/2011, March/2012.

Previous records: Vale do Jequitinhonha, MG (Fernandes et al. 1997), Delfinópolis, MG (Urso-Guimarães et al. 2003), Santa Rita do Passa Quatro, SP (Urso-Guimarães & Scareli-Santos 2006), and Ingaí, MG (Malves & Frieiro-Costa 2012). Saito & Urso-Guimarães (2012) described other galls on this host plant from Luiz Antonio (SP).

Pseudoxandra sp. (n=1)

Bud gall, conical, green, glabrous, one-chambered (Figure 3). Galler: not determined. Locality: Eubiose. Date: June/2012.

Asteraceae (n=12)

Baccharis sp. 1 (n=3)

Leaf gall, circular, yellow, glabrous, one-chambered (Figure 4). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Cachoeira da Lua. Date: September/2011.

Leaf gall, cylindrical, green, glabrous, one-chambered. Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Cachoeira da Lua. Date: September/2011.

Stem swelling, fusiform, brown, glabrous, one-chambered. Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Cachoeira da Lua. Date: September/2011.

Baccharis cfr. (n=1)

Leaf or bud gall, conical or ovoid, green, glabrous, one-chambered (Figure 5). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Vale das Borboletas. Date: June/2012.

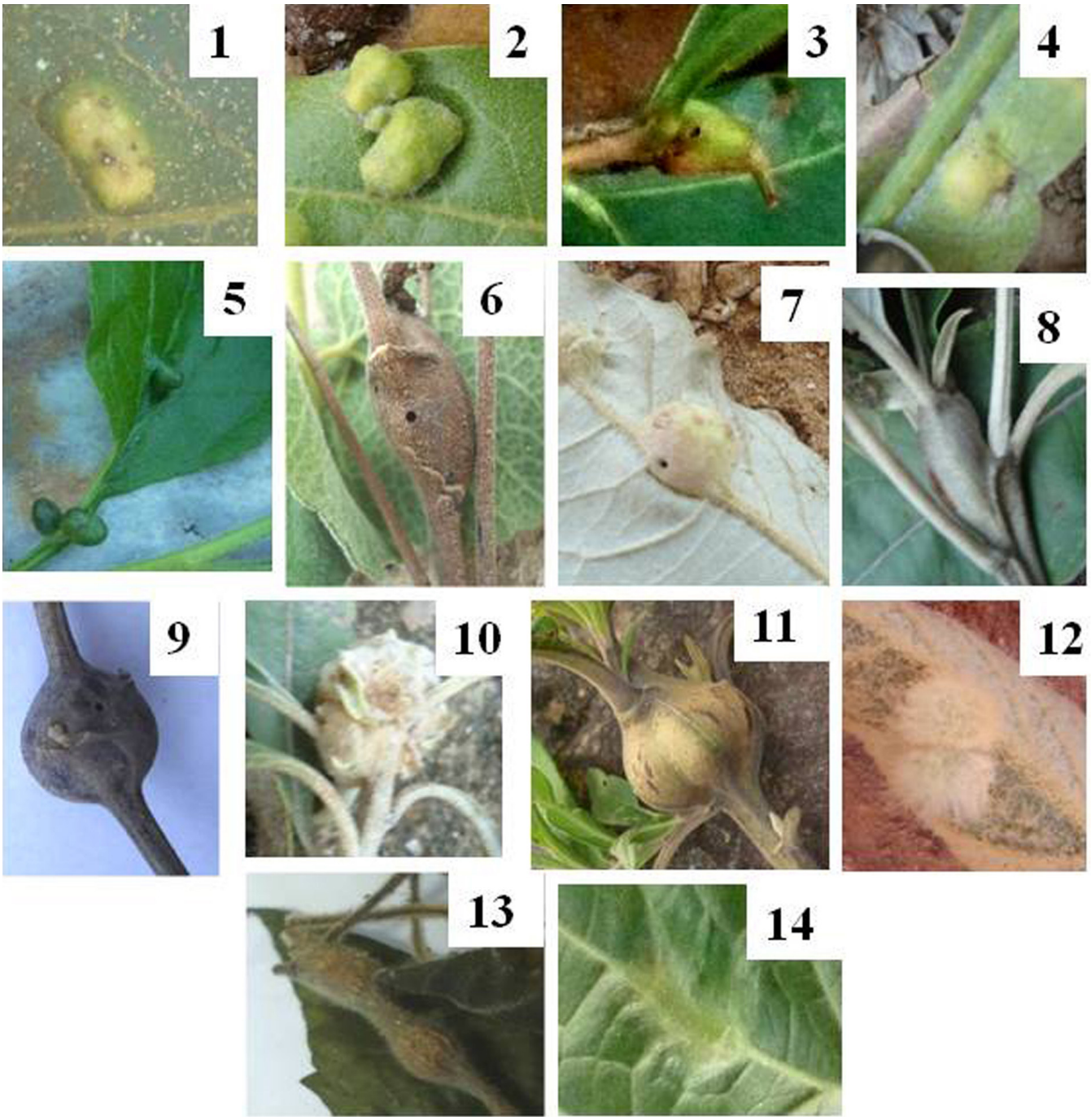
Previous records: Maia & Fernandes (2004), Maia et al. (2008), Coelho et al. (2009), Carneiro et al. (2009), Maia & Souza (in press), Maia et al. (in press), and Maia (2012) described several galls on *Baccharis* spp. from Serra de São José (MG), Bertioga (SP), Serra do Cipó (MG), Cadeia do Espinhaço (MG), Ilha do Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ), Santa Teresa (ES), and Itamonte (MG), respectively.

Dimerostemma brasilianum Cass. (n=1)

Bud gall, fusiform, brown, glabrous, multi-chambered (Figure 6). Galler: not determined. Locality: Ladeira do Amendoim. Date: December/2011.

Eremanthus polycephalus (DC.) MacLeish. (n=4)

Leaf gall, globoid, yellow, micropubescent, one-chambered (Figure 7). Galler: *Asphondylia serrata* Maia, 2004 (Diptera, Cecidomyiidae). Localities: Ladeira do Amendoim, Vale das Borboletas, Harmonia, Eubiose, Gruta do Sobradinho. Date: September/2011, December/2011, March/2012, June/2012. Previous



Figures 1-14. Insect galls from São Tomé das Letras: 1. Leaf gall on *Tapirira* sp.; 2. Leaf gall on *Duguetia furfuracea*; 3. Bud gall on *Pseudoxandra* sp.; 4. Leaf gall on *Baccharis* sp.; 5. Leaf or bud gall on *Baccharis* cfr.; 6. Bud gall on *Dimerostemma brasilianum*; 7-10. Galls on *Eremanthus polycephalus*: 7. Leaf gall, 8. Stem swelling, 9. Stem swelling, 10. Bud gall; 11. Stem gall on *Vernonia* sp.; 12. Leaf gall on Asteraceae not determined; 13. Stem swelling on *Macfadyena* sp.; 14. Stem swelling on *Stigophyllum riparium*.

records: Vale do Jequitinhonha (Fernandes et al. 1997), Serra de São José (Maia & Fernandes 2004), and Ingaí, MG (Malves & Frieiro-Costa 2012).

Stem swelling, fusiform, glabrous, one-chambered (Figure 8). Galler: not determined. Locality: Gruta do Sobradinho. Date: March/2012, June/2012. Previous records: Vale do Jequitinhonha (Fernandes et al. 1997), and Cadeia do Espinhaço, MG (Carneiro et al. 2009).

Stem swelling, globoid, brown, glabrous, one-chambered (Figure 9). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Other dwellers: successors - ants (Formicidae, Hymenoptera). Localities: Ladeira do Amendoim, Cachoeira da Lua, Harmonia, Eubiose, Gruta do Sobradinho. Date: September/2011, December/2011, March/2012, June/2012. Previous records: Vale do Jequitinhonha, MG (Fernandes et al. 1997), Cadeia do Espinhaço, MG (Carneiro et al. 2009), and Ingaí, MG (Malves & Frieiro-Costa 2012).

Bud gall, globoid, glabrous, one-chambered (Figure 10). Galler: not determined. Locality: Gruta do Sobradinho. Date: March/2012.

Vernonia sp. (n=2)

Stem gall, bulbous, brown, glabrous, one-chambered (Figure 11). Galler: *Tomoplagia rudolpphi* (Tephritidae, Diptera). Localities: Cachoeira da Lua, Ladeira do Amendoim. Date: September/2011, March/2012, June/2012.

Previous records: Fernandes et al. (1988), Urso-Guimarães et al. (2003), Maia & Fernandes (2004), and Maia (2012) recorded the same gall from Belo Horizonte, Delfinópolis, Serra de São José, and Itamonte (MG), respectively.

Leaf gall, globoid, green, glabrous, one-chambered. Galler: not determined. Locality: Cachoeira da Lua. Date: March/2012, June/2012.

Other galls on *Vernonia* spp. have been recorded by Fernandes et al. (1997) from Vale do Jequitinhonha (MG), Maia (2001) from Carapebus (RJ), Fernandes & Negreiros (2006) from Aimorés (MG), Maia et al. (2008) from Bertioga (SP), and Maia et al. (in press) from Santa Teresa (ES).

Asteraceae não determinada (n=1)

Leaf gall, globoid, yellowish, micropubescent, one-chambered (Figure 12). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Ladeira do Amendoim. Date: September/2011, March/2012.

Bignoniaceae (n=3)

Macfadyena sp. (n=1)

Stem swelling, globoid, brown, glabrous, one-chambered (Figure 13). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Vale das Borboletas. Date: March/2012.

Stigophyllum riparium (Kunth) Sandwith (n=1)

Stem swelling, fusiform, brown, glabrous, one-chambered (Figure 14). Galler: not determined. Locality: Eubiose. Date: June/2012

Bignoniaceae não determinada (n=1)

Vein swelling, fusiform, brown, woody, one-chambered (Figure 15). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Other dwellers: parasitoids (Hymenoptera). Locality: Cachoeira da Lua. Date: September/2011.

Burseraceae (n=4)

Protium heptaphyllum (Aubl.) March (n=4)

Leaf gall, circular, red, glabrous, one-chambered (Figure 16). Galler: Hemiptera. Localities: Vale das Borboletas, Cachoeira da Lua, Gruta do Sobradinho. Date: September/2011, December/2011, March/2012, June/2012. Previous records: Vale do Rio Doce, MG (Fernandes et al. 2001).

Marginal leaf roll, green, glabrous, one-chambered (Figure 17). Galler: *Lopesia similis* Maia, 2004 (Diptera, Cecidomyiidae). Localities: Vale das Borboletas, Gruta do Sobradinho. Date: September/2011, December/2011, June/2012. Previous records: Carapebus, RJ (Maia 2001), Ilha do Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ (Maia & Souza, in press), and Itamonte, MG (Maia 2012)).

Leaf gall, cylindrical, green or yellowish, glabrous, one-chambered (Figure 18). Galler: *Dactylodiplosis heptaphylli* Maia, 2004 (Diptera, Cecidomyiidae). Locality: Vale das Borboletas, Cachoeira da Lua, Gruta do Sobradinho. Date: September/2011, March/2012, June/2012.

Stem swelling, globoid, brown, glabrous, multi-chambered (Figure 19). Galler: not determined. Dweller: Hymenoptera. Localities: Gruta do Sobradinho, Cachoeira da Lua. Date: September/2011, March/2012.

Previous records: Maia (2001), Santos et al. (2010), and Malves & Frieiro-Costa (2012) recorded the other galls on *Protium heptaphyllum* from Carapebus (RJ), Goiânia (GO) and Ingaí (MG).

Calophyllaceae (n=6)

Calophyllum brasiliense Cambéss. (n=6)

Leaf gall, linear, green, glabrous, one-chambered (Figure 20). Galler: *Lopesia linearis* Maia, 2003 (Cecidomyiidae, Diptera). Localities: Gruta do Sobradinho, Vale das Borboletas. Date: September/2011, December/2011, March/2012. Previous records: Serra de São José (Maia & Fernandes 2004).

Leaf gall, elliptical, green, glabrous, one-chambered (Figure 21). Galler: *Lopesia elliptica* Maia, 2003 (Cecidomyiidae, Diptera).Galler: *Lopesia elliptica* Maia, 2003 (Cecidomyiidae, Diptera). Locality: Vale das Borboletas. Date: September/2011, December/2011. Previous records: Serra de São José, MG (Maia & Fernandes 2004), and Bertioga, SP (Maia et al. 2008).

Stem swelling, fusiform, brown, glabrous, one-chambered (Figure 22). Galler: *Lopesia caulinaris* Maia, 2003 (Cecidomyiidae, Diptera). Localities: Gruta do Sobradinho, Vale das Borboletas. Date: September/2011, December/2011, March/2012, June/2012. Previous records: Serra de São José (Maia & Fernandes 2004), and Bertioga, SP (Maia et al. 2008).

Bud gall, fusiform, brown, glabrous, one or multi-chambered (Figure 23). Galler: *Contarinia gemmae* Maia, 2003 (Cecidomyiidae, Diptera). Other dwellers: predators (Pseudoscorpion) and parasitoids (Hymenoptera). Localities: Gruta do Sobradinho, Vale das Borboletas. Date: September/2011, December/2011, March/2012. Previous records: Bertioga, SP (Maia et al. 2008).

Leaf gall, globoid, glabrous, one-chambered (Figure 24). Galler: *Lopesia conspicua* Maia, 2003 (Cecidomyiidae, Diptera). Localities: Vale das Borboletas, Gruta do Sobradinho. Date: September/2011, December/2011, June/2012.

Marginal leaf roll, green, glabrous, one-chambered (Figure 25). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Localities: Gruta do Sobradinho, Vale das Borboletas. Date: December/2011, June/2012. Previous records: Serra de São José (Maia & Fernandes 2004).

Celastraceae (n=2)

Maytenus sp. (n=1)

Leaf gall, globoid, red, glabrous, one-chambered (Figure 26). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Vale das Borboletas. Date: September/2001, December/2011, March/2012, June/2012.

Previous records: Galls on *Maytenus* spp. have been recorded by Maia (2001) from Carapebus and Maricá (RJ), Oliveira & Maia (2005) from Grumari (Rio de Janeiro, RJ), and Maia et al. (2008) from Bertioga (SP)

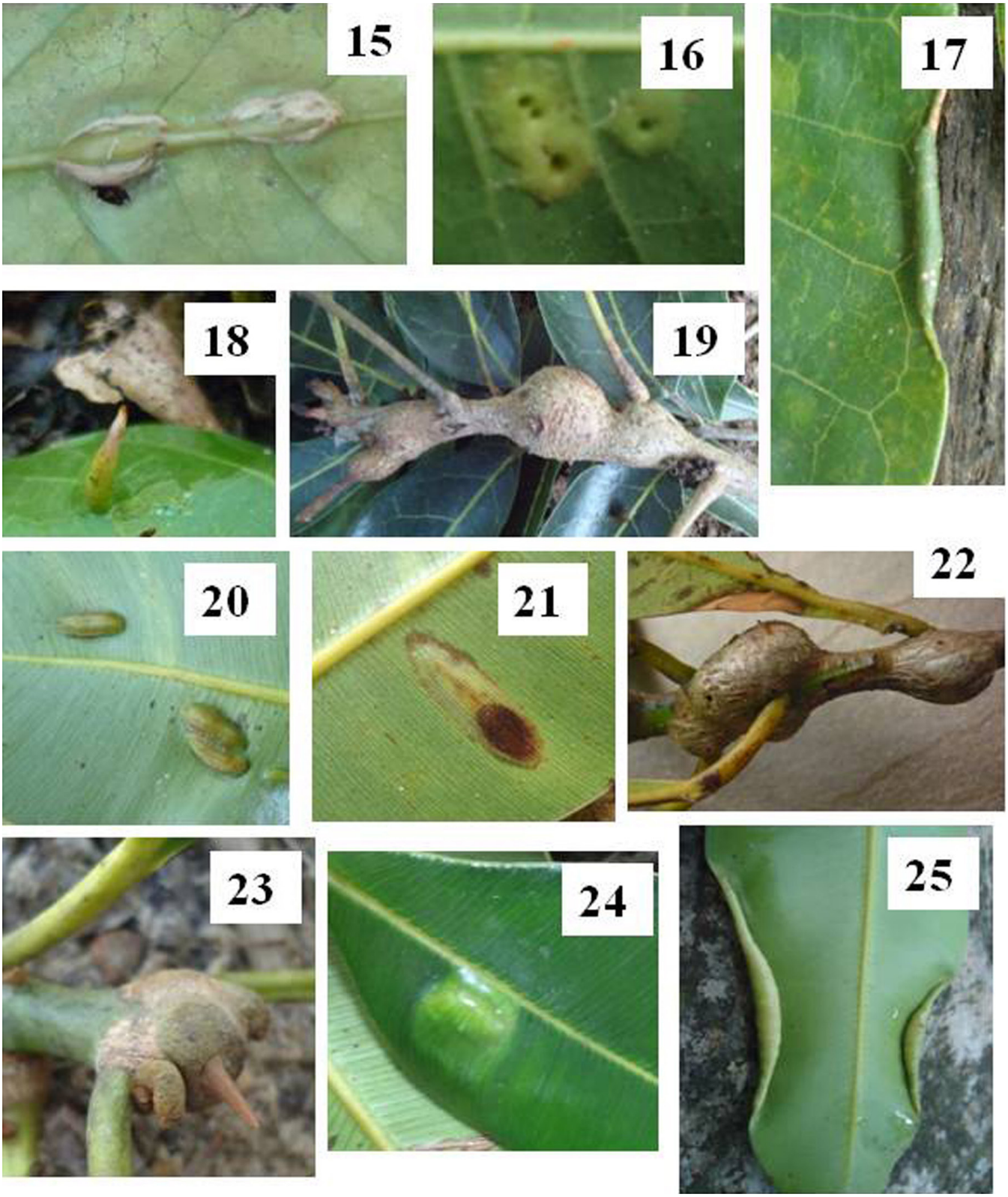
Hippocratea sp. (n=1)

Leaf gall, circular, brown, glabrous, one-chambered (Figure 27). Galler: not determined. Locality: Vale das Borboletas. Date: September/2011.

Clusiaceae (n=1)

Kielmeyera sp. (n=1)

Leaf gall, circular, yellowish, glabrous, one-chambered (Figure 28). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Ladeira do Amendoim. Date: December/2011, March/2012.



Figures 15-25. Insect galls from São Tomé das Letras: 15. Vein swelling on Bignoniaceae not determined; 16-19. Galls on *Protium heptaphyllum*: 16. Circular leaf gall, 17. Marginal roll, 18. Cylindrical leaf gall, 19. Stem swelling; 20-25 Galls on *Calophyllum brasiliense*: 20. Linear leaf gall, 21. Elliptical leaf gall, 22. Stem gall, 23. Bud gall; 24. Globoid gall, 25. Marginal roll..

Dilleniaceae (n=2)

Davilla brasiliana DC. (n=2)

Leaf gall, circular, yellowish, glabrous, one-chambered (Figure 29). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Ladeira do Amendoim. Date: March/2012.

Bud gall, imbricated, green or brown, glabrous (Figure 30). Galler: *Asphondylia* sp. (Diptera, Cecidomyiidae). Date: September/2011, December/2011, June/2012. Localities: Cachoeira da Lua, Gruta do Sobradinho, Eubiose. Previous records: Serra de São José, MG (Maia & Fernandes 2004).

Other galls on *Davilla* spp. have been described by Fernandes et al. (1997), Fernandes et al. (2001), and Maia et al. (in press) from Vale do Jequitinhonha (MG), Vale do Rio Doce (MG), and Santa Teresa (ES).

Ebenaceae (n=1)

Diospyros sp. (n=1)

Stem swelling, globoid, brown, glabrous, one-chambered (Figure 31). Galler: not determined. Locality: Eubiose. Date: June/2012.

Erythroxylaceae (n=5)

Erythroxylum cf. *suberosum* A. St.-Hil. (n=5)

Leaf gall, red, hairy (Figure 32). Galler: *Myrciaryiamia admirabilis* Maia, 2007 (Cecidomyiidae, Diptera). Localities: Cachoeira da Lua, Gruta do Sobradinho, Vale das Borboletas. Date: December/2011, March/2012, June/2012.

Previous records: Serra de São José, MG (Maia & Fernandes 2004), Santa Rita do Passa Quatro, SP (Urso-Guimarães & Scareli-Santos 2006) and Ingaí, MG (Malves & Frieiro-Costa 2012).

Apical bud, globoid, brown, glabrous, multi-chambered (Figure 33). Galler: Hymenoptera. Locality: Ladeira do Amendoim. Date: December/2011, March/2012.

Marginal leaf roll, green, glabrous, one-chambered (Figure 34). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Localities: Gruta do Sobradinho, Ladeira do Amendoim. Date: June/2012.

Leaf gall globoid, green, glabrous, one-chambered (Figure 35). Galler: not determined. Locality: Ladeira do Amendoim. Date: December/2011, March/2012, June/2012.

Leaf roll, green, glabrous, one-chambered. Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Other dwellers: inquiline (Lepidoptera). Localities: Cachoeira da Lua, Gruta do Sobradinho. Date: December/2011.

Other galls on *Erythroxylum* spp. have been described by Fernandes et al. (1988) from Belo Horizonte (MG), Fernandes et al. (1997) from Vale do Jequitinhonha (MG), Fernandes et al. (2001) from Vale do Rio Doce (MG), Maia (2001) from Carapebus and Maricá (RJ), Julião et al. (2002) from Pantanal sul mato-grossense (MS), Urso-Guimarães et al. (2003) from Delfinópolis (MG), Maia & Fernandes (2004) from Serra de São José (MG), Oliveira & Maia (2005) from Grumari (Rio de Janeiro, RJ), Maia et al. (2008) from Bertioga (SP), Maia & Oliveira (2010) from Ilha Grande (Angra dos Reis, RJ), Maia & Souza (in press) from Ilha do Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ), and Maia et al. (in press) from Santa Teresa (ES).

Euphorbiaceae (n=4)

Croton sp. (n=3)

Leaf gall, globoid, yellowish, hairy, one-chambered (Figure 36). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Localities: Cachoeira da Lua, Vale das Borboletas, Eubiose. Date: September/2011, December/2011, June/2012. Previous records: Malves & Frieiro-Costa (2012) recorded the same gall from Ingaí, MG.

Leaf gall, ovoid, yellowish or brownish, with few short trichomes (Figure 37), glabrous, one-chambered. Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Other dwellers: parasitoids (Hymenoptera). Locality: Cachoeira da Lua. Date: December/2011. Previous records: Malves & Frieiro-Costa (2012) recorded the same gall from Ingaí, MG.

Leaf gall, discoid, green, glabrous, one-chambered. Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Eubiose. Date: June/2012.

Several galls on *Croton* sp. have been recorded by Fernandes et al. (2001), Urso-Guimarães et al. (2003), Maia & Fernandes (2004), Carneiro et al. (2009), Malves & Frieiro-Costa (2012), Maia & Souza (in press), Maia et al. (in press), and Maia (2012) from Vale do Rio Doce (MG), Delfinópolis (MG), Serra de São José (MG), Cadeia do Espinhaço (MG), Ingaí (MG), Ilha do Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ), Santa Teresa (ES), and Itamonte (MG).

Pera sp. (n=1)

Leaf gall, circular, green, glabrous, one-chambered (Figure 38). Galler: not determined. Locality: Vale das Borboletas. Cachoeira da Lua. Date: September/2011, December/2011.

Previous records: Galls on *Pera* spp. have been described by Fernandes et al. (2001) from Vale do Rio Doce (MG), and Maia et al. (2008) from Bertioga (SP).

Fabaceae (n= 20)

Andira sp. (n=3)

Leaf gall, vermiform, green, one-chambered (Figure 39). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Other dwellers: parasitoids (Hymenoptera). Localities: Vale das Borboletas, Gruta do Sobradinho. Date: September/2011, March/2012. Previous records: Serra de São José, MG (Maia & Fernandes 2004), and Luiz Antonio, SP (Saito & Urso-Guimarães 2012).

Leaf gall, globoid, yellow or reddish, glabrous, one-chambered (Figure 40). Galler: not determined. Locality: Cachoeira da Lua. Date: March/2012.

Marginal leaf roll, green, glabrous, one-chambered (Figure 41). Galler: not determined. Locality: Cachoeira da Lua. Date: March/2012.

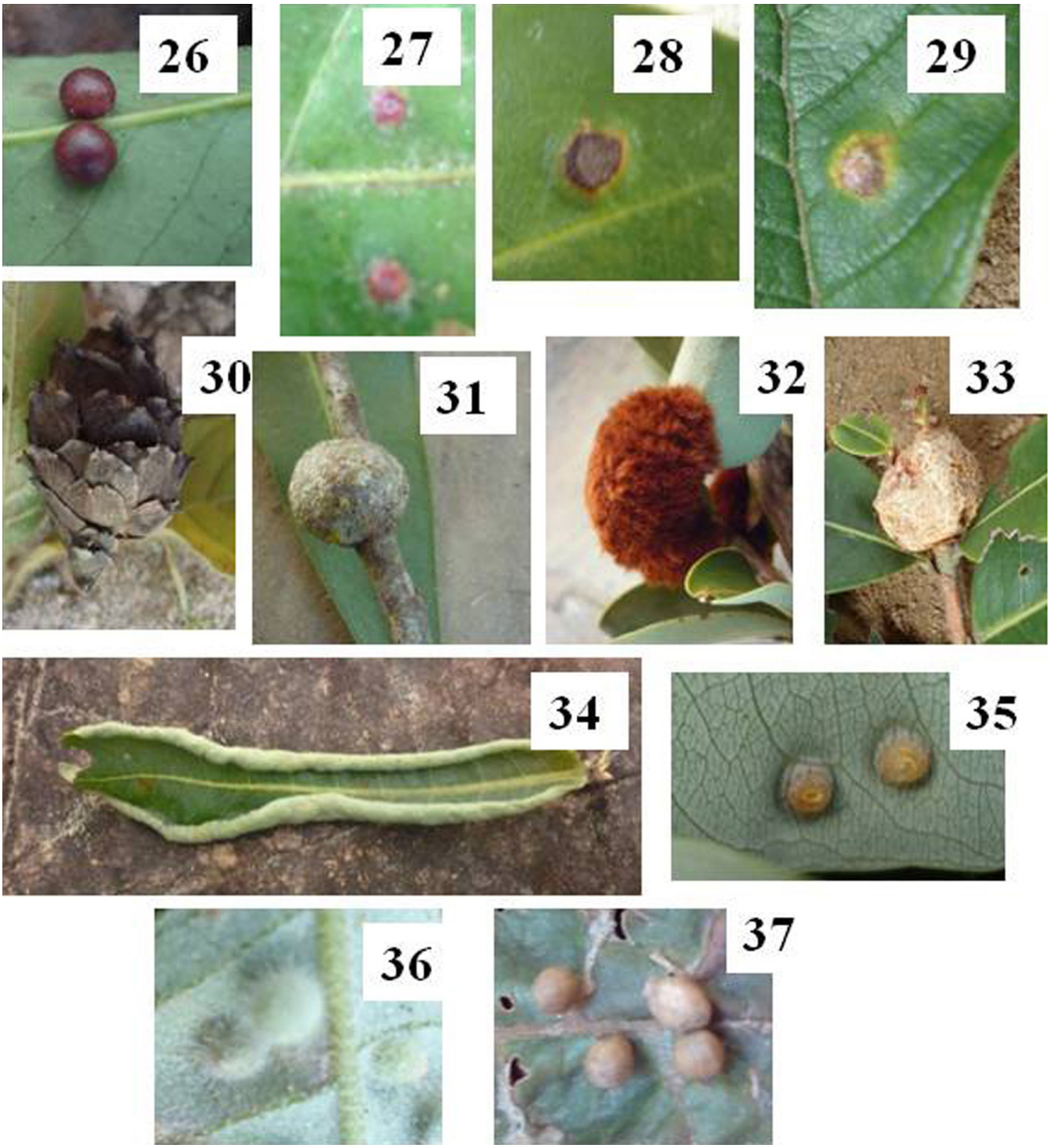
Previous records: Fernandes et al. (1988), Fernandes et al. (2001), Julião et al. (2002), Maia et al. (2008), and Maia et al. (in press) recorded galls on *Andira* spp. from Belo Horizonte (MG), Vale do Rio Doce (MG), Pantanal sul mato-grossense (MS), Bertioga (SP), and Santa Teresa (ES), respectively.

Copaifera cf. langsdorfii Desf. (n=10)

Midvein swelling, fusiform, brown, woody, glabrous, one-chambered (Figure 42). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Localities: Vale das Borboletas, Cachoeira da Lua, Gruta do Sobradinho. Date: March/2011, September/2011, June/2012. Previous records: Belo Horizonte (Fernandes et al. 1988), and Vale do Jequitinhonha, MG (Fernandes et al. 1997).

Bud or leaf gall, horn-shaped, green or reddish, glabrous, one-chambered (Figure 43). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Localities: Cachoeira da Lua, Gruta do Sobradinho. Date: March/2012, June/2012. Previous records: Belo Horizonte (Fernandes et al. 1988) and Serra de São José, MG (Maia & Fernandes 2004).

Leaf gall, globoid, green, reddish or yellowish, glabrous, one-chambered (Figure 44). Galler: not determined. Localities: Ladeira do Amendoim, Vale das Borboletas, Gruta do Sobradinho, Cachoeira da Lua. Date: June/2012. Previous records: Belo Horizonte (Fernandes et al. 1988), and Serra de São José, MG (Maia & Fernandes 2004).



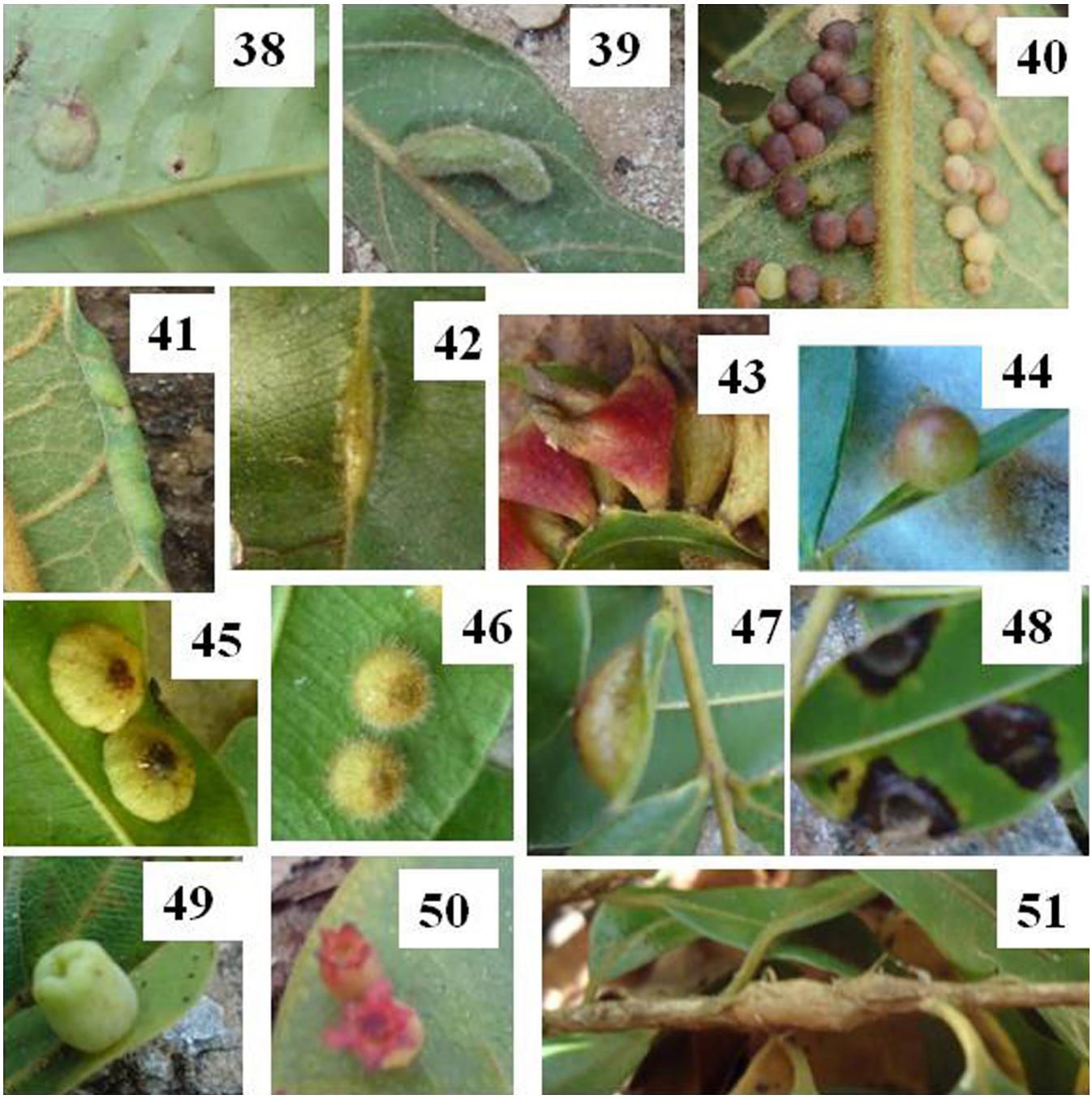
Figures 26-37. Insect galls from São Tomé das Letras: 26. Leaf gall on *Maytenus* sp.; 27. Leaf gall on *Hippocratea* sp.; 28. Leaf gall on *Kielmeyera* sp.; 29-30. Galls on *Davilla brasiliensis*: 29. Leaf gall, 30. Bud gall; 31. Stem swelling on *Diospyros* sp.; 32-35. Galls on *Erythroxylum* cf. *suberosum*: 32. Leaf gall, 33. Apical bud gall, 34. Marginal leaf roll, 35. Leaf gall; 36-37. Leaf galls on *Croton* sp.

Leaf gall, discoid, yellowish, green or brownish, glabrous, one-chambered (Figure 45). Galler: not determined. Localities: Cachoeira da Lua, Vale das Borboletas, Harmonia. Date: March/2012, June/2012. Previous records: Vale do Jequitinhonha (Fernandes et al. 1997), and Serra de São José, MG (Maia & Fernandes 2004).

Leaf gall, globoid, yellowish, hairy, one-chambered (Figure 46). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Localities: Vale das Borboletas, Cachoeira da Lua. Date: December/2011, June/2012.

Leaf fold, yellowish or greenish, glabrous, one-chambered (Figure 47). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Cachoeira da Lua. Date: March/2012. Previous records: Serra do Cipó, MG (Coelho et al. 2009).

Leaf gall, spot-like, black, glabrous, one-chambered (Figure 48). Galler: not determined. Locality: Cachoeira da Lua. Date: March/2012.



Figures 38-51. Insect galls from São Tomé das letras (MG): 38. Leaf gall on *Pera* sp.; 39-41. Galls on *Andira* sp.; 39. Vermiform gall; 40. Globoid gall; 41. Marginal roll; 42-51. Galls on *Copaifera cf. langsdorfii*; 42. Midvein swelling; 43. Horn-shaped gall; 44. Globoid gall (glabrous); 45. Discoid gall; 46. Globoid gall (hairy); 47. Leaf fold; 48. Spot-like gall; 49. Cylindrical gall; 50. Cylindrical gall; 51. Stem swelling.

Leaf gall, yellow or greenish, conical or cylindrical, glabrous, one-chambered (Figure 49). Galler: not determined. Localities: Vale das Borboletas, Cachoeira da Lua. Date: March/2012.

Leaf gall, cylindrical, reddish or yellowish, glabrous, one-chambered (Figure 50). Galler: not determined. Dweller: Thysanoptera. Locality: Gruta do Sobradinho. Date: September/2011.

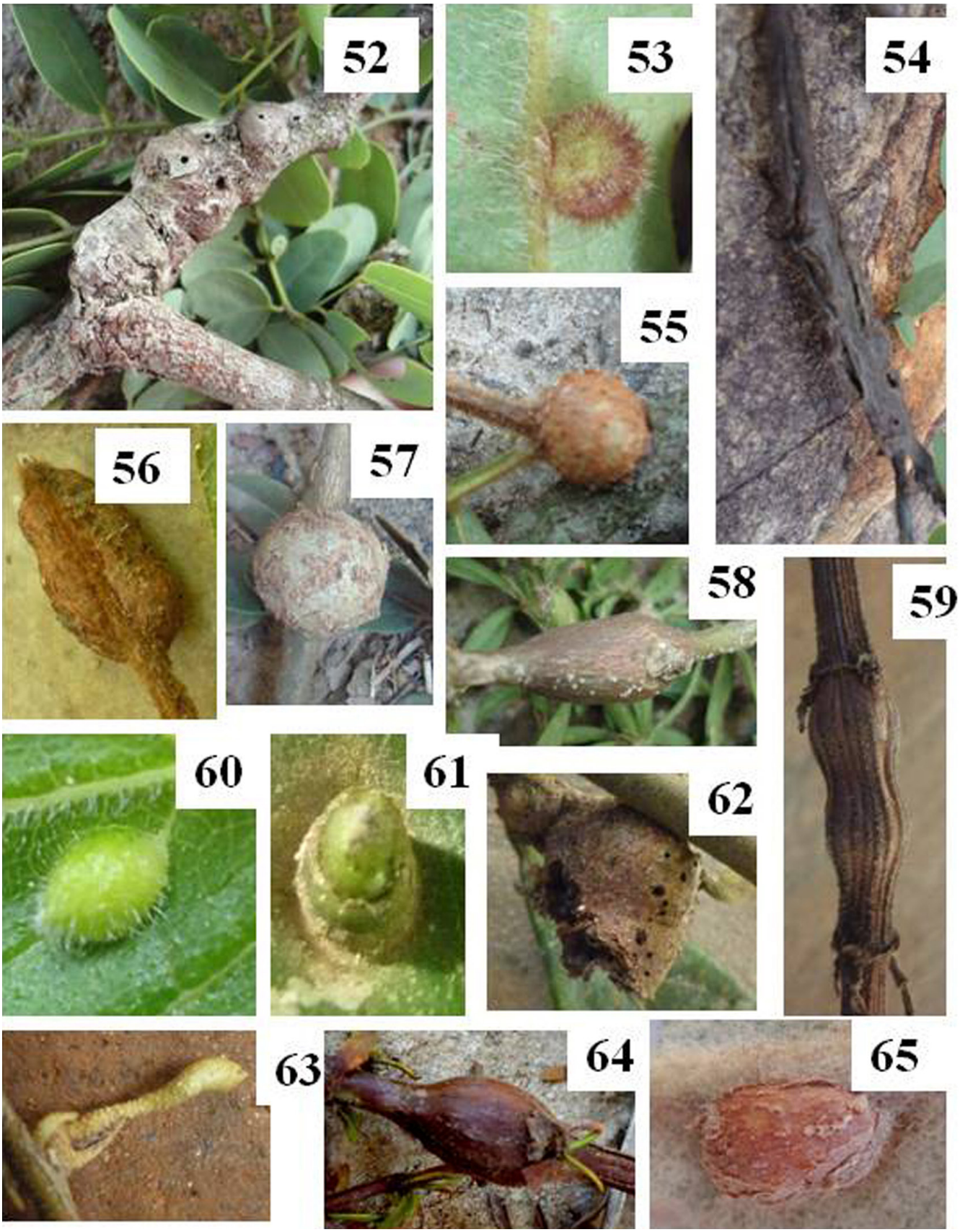
Stem swelling, fusiform, brown, glabrous (Figure 51). Galler: not determined. Locality: Gruta do sobradinho. Date: September/2011.

Fernandes et al. (1988, 1997), Urso-Guimarães & Scareli-Santos (2006), and Maia & Souza (in press) described other galls on this host plant from Belo Horizonte (MG), Vale do Jequitinhonha (MG), Santa Rita do Passa-Quatro (SP), and Ilha do Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ), respectively.

Dalbergia foliosa (Benth.) A. M. Carvalho (n=3)

Stem swelling, fusiform, brown, glabrous, multi-chambered (Figure 52). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Localities: Ladeira do Amendoim, Cachoeira da Lua, Eubiose. Date: December/2011, March/2012, June/2012.

Leaf gall, globoid, yellowish or greenish, hairy, glabrous, one-chambered (Figure 53). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Other dwellers: parasitoids (Hymenoptera). Locality: Cachoeira da Lua. Date: December/2011, March/2012.



Figures 52-65. Insect galls of São Tomé das Letras (MG): 52-54. On *Dalbergia foliosa*; 52. Stem gall; 53. Leaf gall; 54. Stem gall (elongate); 55. Bud gall on *Inga crassifolia*; 56. Bud or stem gall on *Inga edulis*; 57. Stem swelling on *Machaerium* sp.; 58. Stem swelling on *Stylosanthes gracilis*; 59. Stem swelling on *Hyptis recurvata*; 60. Leaf or bud gall on *Ocimum* sp.; 61. Leaf gall on *Ocotea cernua*; 62. Bud gall on *Ocotea* sp.; 63. Aerial root swelling on *Struthanthus* sp.; 64. Stem swelling on *Cuphea* sp.; 65. Vein swelling on *Byrsonima verbascifolia* var. *intermedia*.

Stem swelling, fusiform, elongate, dark brown, glabrous, multi-chambered (Figure 54). Galler: Lepidoptera. Other dwellers: parasitoids (Hymenoptera). Localities: Cachoeira da Lua, Gruta do Sobradinho. Date: December/2011.

Previous records: Maia (2001), Fernandes et al. (2001), Maia et al. (2008); Carneiro et al. (2009), Maia & Oliveira (2010), and Maia et al. (in press) described some galls on *Dalbergia* spp. from Carapebus (RJ), Vale do Rio Doce (MG), Bertioga (SP), Cadeia do Espinhaço (MG), Ilha Grande (Angra dos Reis, RJ), and Santa Teresa (ES), respectively.

Inga crassifolia Klotzsch ex Benth. (n=1)

Bud gall, globoid, brown, glabrous, one-chambered (Figure 55). Galler: not determined. Locality: Vale das Borboletas. Date: December/2011.

Inga edulis Mart. (n=1)

Bud or stem gall, fusiform, brown, glabrous, one-chambered (Figure 56). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Vale das Borboletas. Date: March/2012, June/2012. Previous records: Urso-Guimarães et al. (2003) recorded a leaf gall on this same host plant from Delfinópolis, MG.

Other galls on *Inga* spp. have been described by Fernandes et al. (1988) from Belo Horizonte (MG), Maia (2001) from Maricá (RJ), Julião et al. (2002) from Pantanal sul mato-grossense (MS); Maia & Fernandes (2004) from Serra de São José (MG), Oliveira & Maia (2005) from Grumari (Rio de Janeiro, RJ), Fernandes & Negreiros (2006) from Aimorés (MG), Maia et al. (2008) from Bertioga (SP), Maia & Oliveira (2010) from Ilha Grande (Angra dos Reis, RJ); Santos et al. (2010) from Goiânia (GO), Maia (2011) from Porto de Trombetas (Pará), Maia et al. (in press) from Santa Teresa (ES); and Maia (2012) from Itamonte (MG).

Machaerium sp. (n=1)

Stem swelling, globoid, brown, glabrous, one-chambered (Figure 57). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Cachoeira da Lua. Date: September/2011.

Previous records: Fernandes et al. (1988), Fernandes et al. (2001), Fernandes & Negreiros (2006), Maia et al. (2008), Malves & Frieiro-Costa (2012), and Maia et al. (in press) recorded stem galls on *Machaerium* spp. from Belo Horizonte (MG), Vale do Rio Doce (MG), Aimorés (MG), Bertioga (SP), Ingaí (MG), and Santa Teresa (ES).

Stylosanthes gracilis Kunth. (n=1)

Stem swelling, fusiform, brownish or reddish, glabrous, one-chambered (Figure 58). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Localities: Cachoeira da Lua, Gruta do Sobradinho. Date: March/2012.

Previous records: Itamonte, MG (Maia 2012). Other records: galls on *Stylosanthes* spp. were described by Coelho et al. (2009) from Serra do Cipó, MG.

Lamiaceae (n=2)

Hyptis recurvata Poit. (n=1)

Stem swelling, fusiform, brown, glabrous, one-chambered (Figure 59). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Localities: Gruta do Sobradinho, Eubiose. Date: June/2012.

Previous records: Galls on *Hyptis* spp. were described by Maia et al. (2008) from Bertioga (SP), Carneiro et al. (2009) from Cadeia do Espinhaço (MG), Coelho et al. (2009) from Serra do Cipó (MG), Santos et al. (2011) from Pernambuco, and Maia (2012) from Itamonte (MG).

Ocimum sp. (n=1)

Leaf or bud gall, globoid, greenish, hairy (Figure 60). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: ale das Borboletas. Date: December/2011.

Lauraceae (n=2)

Ocotea cernua (Nees) Mez. (n=1)

Leaf gall, conical, green, glabrous, one-chambered (Figure 61). Galler: not determined. Locality: Cachoeira da Lua. Date: June/2012.

Ocotea sp. (n=1)

Apical bud gall, ovoid, brown, glabrous, one-chambered (Figure 62). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Eubiose. Date: June/2012.

Previous records: Maia (2001), Fernandes et al. (2001), Julião et al. (2002), Maia et al. (2008), Carneiro et al. (2009), Bregonci et al. (2010), Saito & Urso-Guimarães (2012), Maia et al. (in press); and Maia (2012) recorded other galls on *Ocotea* spp. from Carapebus and Maricá (RJ), Vale do Rio Doce (MG), Pantanal sul mato-grossense (MS), Bertioga (SP), Cadeia do Espinhaço (MG), Guarapari (ES), Luiz Antonio (SP), Santa Teresa (ES), and Itamonte (MG), respectively.

Loranthaceae (n=1)

Struthanthus sp. (n=1)

Aerial root swelling, fusiform, brown, glabrous, one-chambered (Figure 63). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Eubiose. Date: June/2012.

Lythraceae (n=1)

Cuphea sp. (n=1)

Stem swelling, fusiform, brown, glabrous, one-chambered (Figure 64). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Localities: Cachoeira da Lua, Gruta do Sobradinho. Date: September/2011. Previous records: Itamonte, MG (Maia 2012). Other records: Carneiro et al. (2009) recorded a gall on *Cuphea ericoides* Cham. & Schlech. from Cadeia do Espinhaço, MG.

Malpighiaceae (n=5)

Byrsonima verbascifolia (L.) Rich. var. *intermedia* A. Juss. (n=1)

Vein swelling, globoid, brown, woody, glabrous, one-chambered (Figure 65). Galler: not determined. Dwellers: Hymenoptera. Localities: Ladeira do Amendoim, Cachoeira da Lua, Gruta do Sobradinho. September/2011.

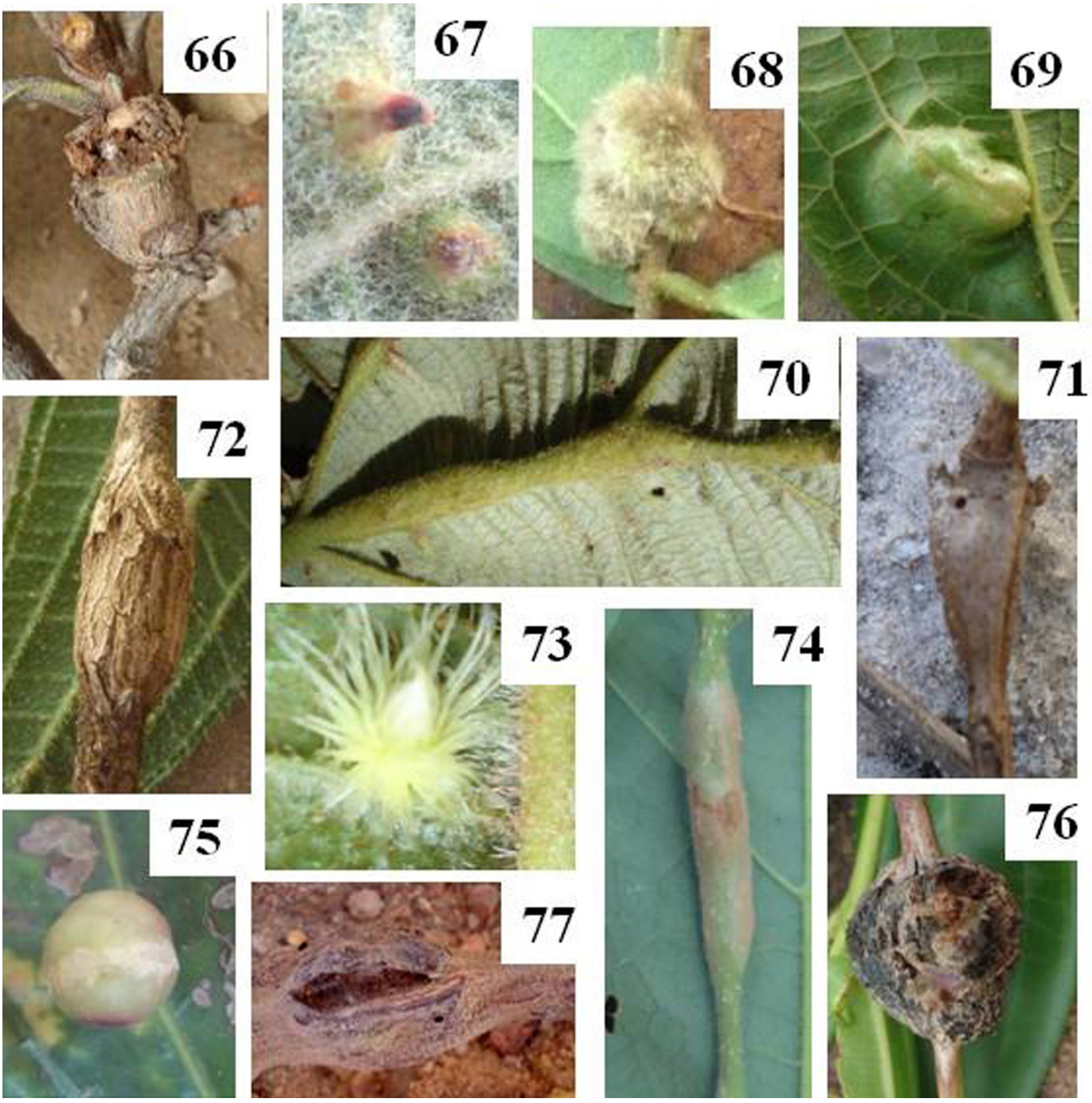
Byrsonima verbascifolia (L.) Rich. var. *villosa* Griseb (n=1)

Stem gall, globoid, brown, glabrous, one-chambered (Figure 66). Galler: not determined. Localities: Ladeira do Amendoim, Cachoeira da Lua, Gruta do Sobradinho. Date: March/2012.

Byrsonima verbascifolia (L.) Rich. (n=1)

Leaf gall, conical, brown, micropubescent, glabrous, one-chambered (Figure 67). Galler: Cecidomiidae (Diptera). Other dwellers: parasitoids (Hymenoptera). Localities: Gruta do Sobradinho, Ladeira do Amendoim, Harmonia. Date: September/2011, December/2011, March/2012. Previous records: Serra de São José, MG (Maia & Fernandes 2004).

Previous records: Fernandes et al. (1997), Fernandes et al. (2001), Maia (2001), Julião et al. (2002), Urso-Guimarães et al. (2003), Maia & Fernandes (2004), Oliveira & Maia (2005), Urso-Guimarães & Scareli-Santos (2006), Carneiro et al. (2009), Maia & Oliveira (2010), Bregonci et al. (2010), Santos et al. (2011), Saito & Urso-Guimarães (2012), and Maia et al. (in press) recorded several galls on *Byrsonima*



Figures 66-77. Insect galls of São Tomé das Letras (MG): 66. Stem gall on *Byrsonima verbascifolia* var. *villosa*; 67. Leaf gall on *B. verbascifolia*; 68. Bud gall on *Mascagnia* sp.; 69. Vein swelling on *Mendocia* sp.; 70. Midvein swelling on *Luehea grandiflora*; 71. Stem swelling on *Melochia* sp.; 72. Stem swelling on *Aciotis* cf.*indecora*; 73. Leaf gall on *Clidemia* sp.1; 74. Stem swelling on *Clidemia* sp.2; 75. Leaf gall on *Miconia ligustroides*; 76. Stem swelling on *Miconia* cf. *theaezans*; 77. Stem swelling on *Miconia* sp.1.

spp. from Vale do Jequitinhonha (MG), Vale do Rio Doce (MG), Carapebus and Maricá (RJ), Pantanal sul mato-grossense (MS), Delfinópolis (MG), Serra de São José (MG), Grumari (Rio de Janeiro, RJ), Santa Rita do Passa-Quatro (MG), Cadeia do Espinhaço (MG), Ilha Grande (Angra dos Reis, RJ), Guarapari (ES), Pernambuco, Luiz Antonio (SP), and Santa Teresa (ES), respectively.

Mascagnia sp. (n=1)

Bud gall, ovoid, yellow, hairy, one-chambered (Figure 68) Galler: not determined. Localities: Vale das Borboletas, Eubiose. Date: September/2011, June/2012.

Mendocia sp. (n=1)

Vein swelling, globoid, greenish, glabrous, one-chambered (Figure 69). Galler: not determined. Locality: Eubiose. Date: June/2012.

Malvaceae (n=3)

Luehea grandiflora Mart. (n=1)

Midvein or petiole swelling, bulbous, greenish, glabrous, one-chambered (Figure 70). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Cachoeira da Lua. Date: March/2012.

Melochia sp. (n=1)

Stem swelling, fusiform, brown, glabrous, one-chambered (Figure 71). Galler: not determined. Locality: Gruta do Sobradinho. Date: December/2011.

Waltheria indica L. (n=1)

Leaf gall, globoid, yellow, hairy, glabrous, one-chambered. Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Cachoeira da Lua. Date: June/2012.

Previous records: Santos et al. (2011) described other leaf gall on this plant from Pernambuco.

Melastomataceae (n=18)

Aciotis cf. *indecora* (Bonpl) Triana (n=2)

Stem swelling, fusiform, brown, glabrous, one-chambered (Figure 72). Galler: not determined. Locality: Eubiose. Date: June/2012. Previous records: Itamonte, MG (Maia 2012).

Vein swelling, fusiform, green, glabrous, one-chambered. Galler: not determined. Locality: Eubiose. Date: June/2012. Previous records: Itamonte, MG (Maia 2012).

Clidemia sp. 1 (n=2)

Leaf gall, globoid, red or yellow, hairy, glabrous, one-chambered (Figure 73). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Vale das Borboletas. Date: December/2011.

Bud gall, globoid, rugose, glabrous, one-chambered. Galler: not determined. Locality: Vale das Borboletas. Date: December/2011.

Clidemia sp. 2 (n=1)

Stem swelling, fusiform, glabrous, one-chambered (Figure 74). Galler: not determined. Locality: Cachoeira da Lua. Date: March/2012.

Previous records: Fernandes et al. (2001), Maia et al. (2008), Maia et al. (in press), and Maia (2012) recorded galls on *Clidemia* spp. from Vale do Rio Doce (MG), Bertioga (SP), Santa Teresa (ES), and Itamonte (MG), respectively.

Miconia ligustroides (DC.) Naudin (n=1)

Leaf gall, globoid, yellow, glabrous, one-chambered (Figure 75). Galler: not determined. Locality: Cachoeira da Lua. Date: March/2012.

Miconia cf. *theaezans* Cogn. (n=1)

Stem swelling, fusiform, brown with black spot, glabrous, one-chambered (Figure 76). Galler: not determined. Localities: Ladeira do Amendoim, Vale das Borboletas, Cachoeira da Lua, Gruta do Sobradinho, Harmonia. Date: December/2011, March/2012.

Miconia sp.1 (n=3)

Bud or stem swelling, globoid, brown, glabrous, one-chambered (Figure 77). Galler: not determined. Locality: Ladeira do Amendoim. Date: September/2011.

Bud or leaf gall, globoid, brownish, glabrous, one-chambered (Figure 78). Galler: not determined. Locality: Eubiose. Date: June/2012.

Leaf gall, globoid, reddish, micropubescent, glabrous, one-chambered (Figure 79). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Eubiose. Date: June/2012.

Miconia sp.2 (n=1)

Bud gall, globoid, green with red trichomes, one-chambered (Figure 80). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Cachoeira da Lua. Date: March/2012.

Miconia sp. 3 (n=2)

Vein swelling, fusiform, green, glabrous, one-chambered (Figure 81). Galler: not determined. Locality: Vale das Borboletas. Date: June/2012.

Leaf gall, globoid, whitish, glabrous, one-chambered. Galler: not determined. Locality: Vale das Borboletas. Date: June/2012.

Previous records: Fernandes et al. (1997), Fernandes et al. (2001), Maia (2001), Maia & Fernandes (2004), Urso-Guimarães & Scareli-Santos (2006), Maia et al. (2008), Carneiro et al. (2009), Maia (2011), Malves & Frieiro-Costa (2012), Saito & Urso-Guimarães (2012), Maia et al. (in press), and Maia (2012) recorded several galls on *Miconia* spp. from Vale do Jequitinhonha (MG), Vale do Rio Doce (MG), Carapebus (RJ), Serra de São José (MG), Santa Rita do Passa-Quatro (SP), Bertioga (SP), Cadeia do Espinhaço (MG), Porto de Trombetas (Pará), Ingaí (MG), Luiz Antonio (SP), Santa Teresa (ES), and Itamonte (MG), respectively.

Mouriri sp. (n=1)

Petiole swelling, bulbous, brown, glabrous, one-chambered (Figure 82). Galler: not determined. Locality: Gruta do Sobradinho. Date: March/2012.

Tibouchina granulosa (Desr.) Cogn (n=1)

Vein swelling, fusiform, green or brownish, glabrous, one-chambered (Figure 83). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Cachoeira da Lua. Date: September/2011.

Tibouchina cf. *stenocarpa* (DC.) Cogn. (n=1)

Leaf gall, burn-shaped, green, one-chambered (Figure 84). Galler: Lepidoptera. Locality: Cachoeira da Lua. Date: March/2012, June/2012. Previous records: Itamonte, MG (Maia 2012).

Previous records: Fernandes et al. (2001), Maia & Fernandes (2004), Maia et al. (2008), Carneiro et al. (2009), and Maia et al. (in press) recorded several galls on *Tibouchina* spp. from Vale do Rio Doce (MG), Serra de São José (MG), Bertioga (SP), Cadeia do Espinhaço (MG), and Santa Teresa (ES), respectively.

Melastomataceae not determined 1 (n=1)

Stem swelling, globoid, brown, glabrous, one-chambered (Figure 85). Galler: not determined. Locality: Ladeira do Amendoim. Date: September/2011.

Melastomataceae not determined 2 (n=1)

Bud gall, globoid, green, glabrous, one-chambered (Figure 86). Galler: not determined. Locality: Ladeira do Amendoim. Date: June/2012.

Monimiaceae (n=1)

Moriri sp. (n=1)

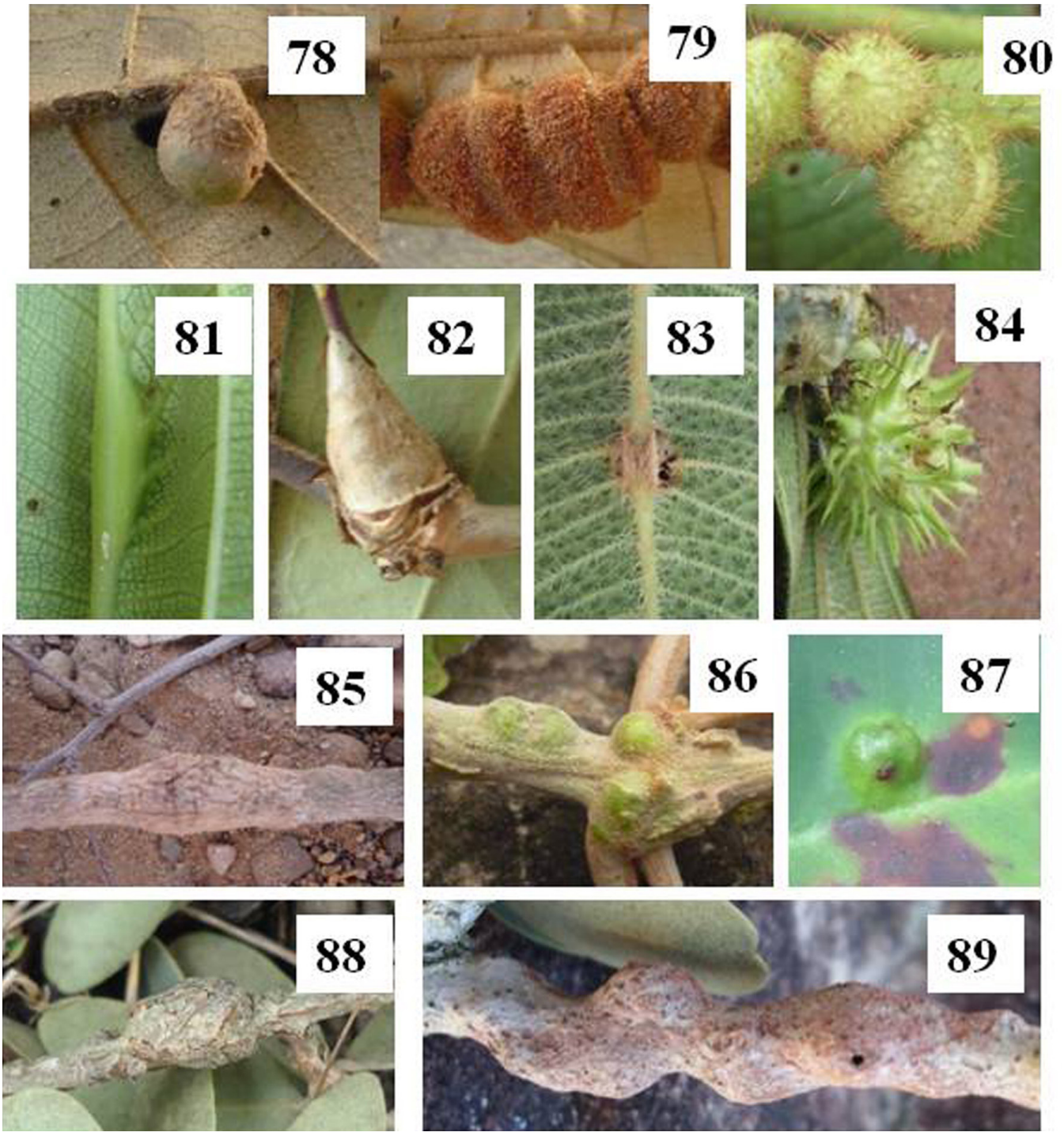
Leaf gall, globoid, brown, hairy, one-chambered (Figure 87). Galler: not determined. Locality: Eubiose. Date: June/2012. Previous records: Itamonte, MG (Maia et al., in press).

Moraceae (n=5)

Brosimum sp. (n=2)

Stem swelling, brown, ovoid, glabrous, multi-chambered (Figure 88). Galler: not determined. Dwellers: Hymenoptera. Locality: Ladeira do Amendoim. Date: December/2011.

Stem swelling, globoid, brown, glabrous, one-chambered (Figure 89). Galler: not determined. Locality: Gruta do Sobradinho. Date: December/2011.



Figures 78-89. Insect galls of São Tomé das Letras (MG): 78. Bud or leaf gall on *Miconia* sp.1; 79. Leaf gall on *Miconia* sp.1; 80. Bud gall on *Miconia* sp.2; 81. Vein swelling on *Miconia* sp.3; 82. Petiole swelling on *Mouriri* sp.; 83. Vein swelling on *Tibouchina granulosa*; 84. Leaf gall on *Tibouchina* cf. *stenocarpa*; 85. Stem swelling on Melastomataceae not determined 1; 86. Bud gall on Melastomataceae not determined 2; 87. Leaf gall on *Moriri* sp.; 88. Stem swelling on *Brosimum* sp.; 89. Stem swelling on *Brosimum* sp.

Pseudolmedia macrophylla Trécul (n=3)

Leaf gall, globoid, brown, hairy, one-chambered (Figure 90). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Other dwellers: inquilines (Thysanoptera). Locality: Gruta do Sobradinho. Date: September/2011, March/2012.

Leaf gall, globoid, whitish, hairy, one-chambered (Figure 91). Galler: not determined. Locality: Gruta do Sobradinho. Date: September/2011.

Leaf gall, globoid, green-yellowish, glabrous, one-chambered (Figure 92). Galler: Hemiptera. Locality: Gruta do Sobradinho. Date: September/2011, March/2012.

Myrsinaceae (n=2)

Rapanea cf. *parvifolia* (A. DC.) Mez (n=1)

Leaf gall, circular, green, glabrous, one-chambered (Figure 93). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Ladeira do Amendoim,

Cachoeira da Lua, Gruta do Sobradinho. Date: December/2011, March/2012, June/2012.

Rapanea sp. (n=1)

Stem swelling, fusiform, brown, glabrous, one-chambered (Figure 94). Galler: Lepidoptera. Locality: Gruta do Sobradinho. Date: September/2011.

Previous records: Maia (2001), Maia & Fernandes (2004), Maia et al. (2008), and Maia & Oliveira (2010) recorded galls on *Rapanea* spp. from Maricá (RJ), Serra de São José (MG), Bertioga (SP), and Ilha Grande (Angra dos Reis, RJ).

Myrtaceae (n=17)

Aulomyrcia tomentosa (Aubl.) DC. var. *longipes* (n=1)

Bud gall, bulbous, green, micropubescent, one-chambered (Figure 95). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Cachoeira da Lua. Date: March/2012.

Campomanesia pubescens (DC.) Berg. (n=1)

Stem gall, bulbous, reddish, glabrous, one-chambered. Galler: not determined. Locality: Vale das Borboletas. Date: December/2011, March/2012.

Eugenia biflora L. (n=1)

Stem swelling, fusiform, brown, glabrous, one-chambered. Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Ladeira do Amendoim. Date: June/2012.

Eugenia punicifolia (Kunth.) DC. (n=1)

Stem swelling, fusiform, brown, glabrous, multi-chambered (Figure 96). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Ladeira do Amendoim. Date: March/2012.

Eugenia sp. (n=1)

Bud gall apical, globoid, brown, glabrous, multi-chambered (Figure 97). Galler: not determined. Locality: Gruta do Sobradinho. Date: December/2011.

Previous records: Fernandes et al. (1988), Fernandes et al. (1997), Fernandes et al. (2001), Maia (2001), Julião et al. (2002), Maia & Fernandes (2004), Oliveira & Maia (2005), Urso-Guimarães & Scareli-Santos (2006), Maia et al. (2008), Carneiro et al. (2009), Coelho et al. (2009), Maia & Oliveira (2010); Santos et al. (2011), Malves & Frieiro-Costa (2012), Saito & Urso-Guimarães (2012), Maia & Souza (in press), Maia et al. (in press), and Maia (2012) recorded several galls on *Eugenia* spp. from Belo Horizonte (MG), Vale do Jequitinhonha (MG), Vale do Rio Doce (MG), Carapebus and Maricá (RJ), Pantanal sul mato-grossense (MS), Serra de São José (MG), Grumari (Rio de Janeiro, RJ), Santa Rita do Passa-Quatro (SP), Bertioga (SP), Cadeia do Espinhaço (MG), Serra do Cipó (MG), Ilha Grande (Angra dos Reis, RJ), Pernambuco, Ingaí (MG), Luiz Antonio (SP), Ilha do Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ), Santa Teresa (ES), and Itamonte (MG), respectively.

Myrcia splendens (Sw.) DC. (n=2)

Stem swelling, fusiform, brown, glabrous, multi-chambered (Figure 98). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Cachoeira da Lua. Date: December/2011. Previous records: Serra do Cipó, MG (Coelho et al. 2009).

Bud gall, globoid, spongy, brown, glabrous, multi-chambered. Galler: not determined. Dwellers: Hymenoptera. Locality: Cachoeira da Lua. Date: December/2011.

Myrcia sylvatica (G. Mey) DC. (n=7)

Leaf or bud gall, red, rugose, glabrous (Figure 99). Galler: Thysanoptera. Localities: Ladeira do Amendoim, Cachoeira da Lua, Gruta do Sobradinho. Date: December/2011, September/2011, March/2012, June/2012.

Marginal leaf roll, green, glabrous, one-chambered (Figure 100). Galler: Thysanoptera. Localities: Ladeira do Amendoim, Cachoeira da Lua, Gruta do Sobradinho, Harmonia, Eubiose. Date: September/2011, December/2011, March/2012, June/2012.

Leaf roll, green, glabrous, one-chambered (Figure 101). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Localities: Cachoeira da Lua, Vale das Borboletas, Eubiose. Date: December/2011, June/2012.

Stem swelling, fusiform, brown, multi-chambered (Figure 102). Galler: not determined. Dwellers: Hymenoptera. Locality: Cachoeira da Lua, Vale das Borboletas, Gruta do Sobradinho, Harmonia, Eubiose. Date: September/2011, March/2012. June/2012.

Leaf gall, globoid, green, glabrous, one-chambered (Figure 103). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Dwellers: Hymenoptera. Localities: Cachoeira da Lua, Harmonia, Eubiose. Date: December/2011, March/2012, June/2012.

Bud gall, conical, green-yellowish, glabrous, one-chambered (Figure 104). Galler: Cecidomyiidae (Diptera).Locality: Vale das Borboletas. Date: September/2011, June/2012.

Bud gall, horn-shaped, green, spongy, glabrous, multi-chambered (Figure 105). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Parasitoids (Hymenoptera), successors (Formicidae: adults, pupae and larvae). Localities: Cachoeira da Lua, Gruta do Sobradinho, Harmonia, Eubiose. Date: September/2011, December/2011, March/2012, June/2012.

Myrcia sp. (n=1)

Bud gall, ovoid, green, glabrous, multi-chambered (Figure 106). Galler: not determined. Locality: Vale das Borboletas. Date: December/2011.

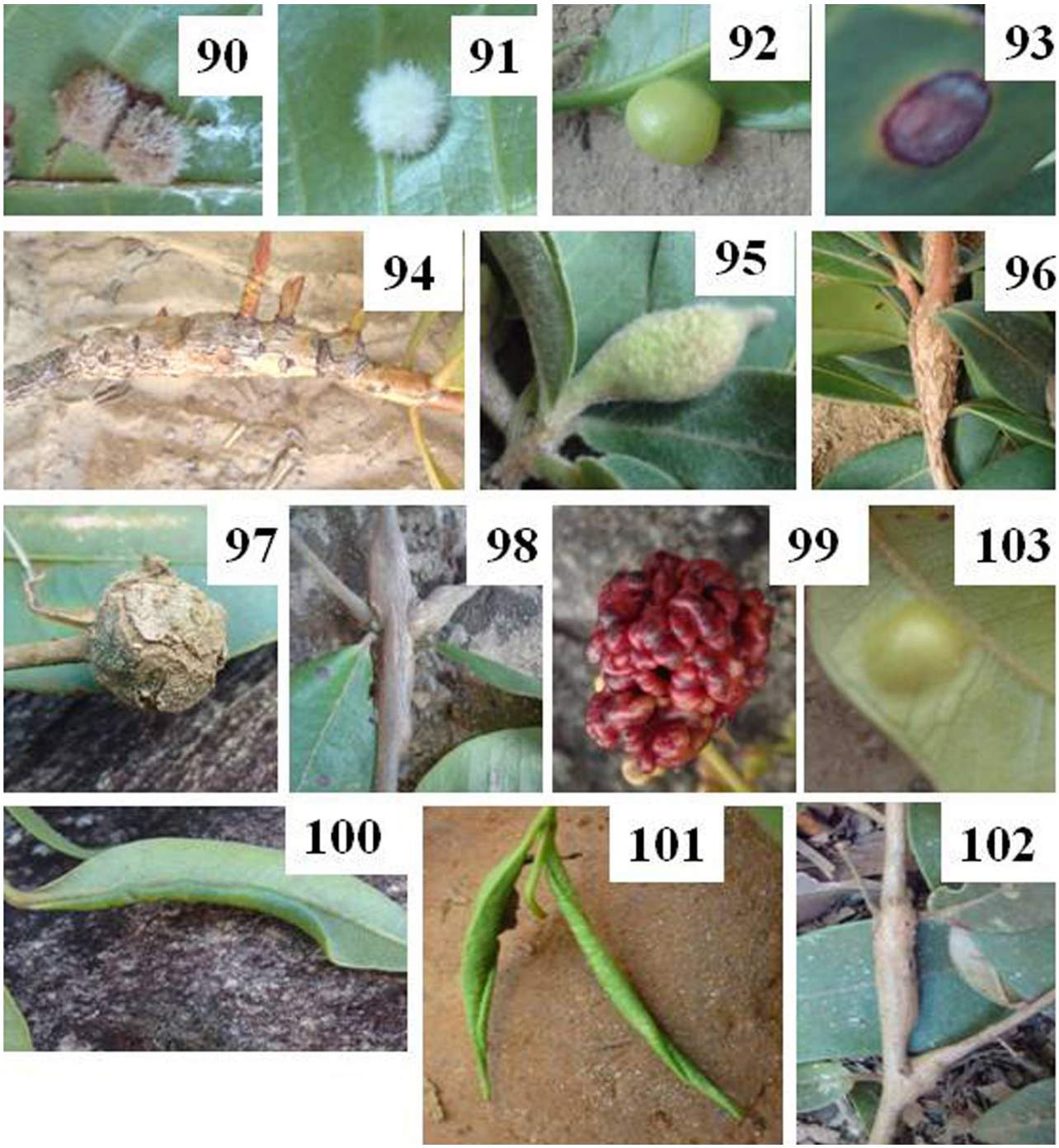
Previous records: Fernandes et al. (1988), Fernandes et al. (1997), Fernandes et al. (2001), Maia (2001), Maia & Fernandes (2004), Urso-Guimarães & Scareli-Santos (2006), Maia et al. (2008), Carneiro et al. (2009); Coelho et al. (2009), Santos et al. (2010), Malves & Frieiro-Costa (2012), Saito & Urso-Guimarães (2012), Maia et al. (in press), and Maia (2012) recorded several galls on *Myrcia* spp. from Belo Horizonte (MG), Vale do Jequitinhonha (MG), Vale do Rio Doce (MG), Carapebus and Maricá (RJ), Serra de São José (MG), Santa Rita do Passa-Quatro (SP), Bertioga (SP), Cadeia do Espinhaço (MG), Serra do Cipó (MG), Goiânia (GO), Ingaí (MG), Luiz Antonio (SP), Santa Teresa (ES), and Itamonte (MG), respectively.

Myrciaria floribunda (H. West ex Willd) O. Berg (n=2)

Stem swelling, fusiform, glabrous, one-chambered. Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Localities: Vale das Borboletas, Eubiose. Date: June/2012.

Leaf gall, conical, green, glabrous, one-chambered (Figure 107). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Ladeira do Amendoim. Date: June/2012. Previous records: Santa Teresa, ES (Maia et al., in press).

Fernandes et al. (1997, 2001), Maia (2001), Maia & Fernandes (2004), Maia & Oliveira (2010), Bregonci et al. (2010), Maia et al. (in press), and Maia (2012) described some galls on *Myrciaria* spp. from Vale do Jequitinhonha (MG), Vale do Rio Doce (MG), Carapebus and Maricá (RJ), Serra de São José (MG), Ilha Grande (Angra dos Reis, RJ), Guarapari (ES), Santa Teresa (ES), and Itamonte (MG), respectively.



Figures 90-103. Insect galls of São Tomé das Letras: 90-92. Leaf galls on *Pseudolmedia macrophylla*, 90. Brown; 91. Whitish; 92. Green; 93. Leag gall on *Rapanea* cf. *parvifolia*; 94. Stem gall on *Rapanea* sp.; 95. Bud gall on *Aulomyrcia tomentosa* var. *longipes*; 96. Stem swelling on *Eugenia punicifolia*; 97. Bud gall on *Eugenia* sp.; 98. Stem swelling on *Myrcia splendens*; 99-103. Galls on *Myrcia sylvatica*: 99. Leaf or bud gall; 100. Leaf roll; 101. Marginal leaf roll; 102. Stem swelling; 103. Leaf gall.

Nyctaginaceae (n=3)

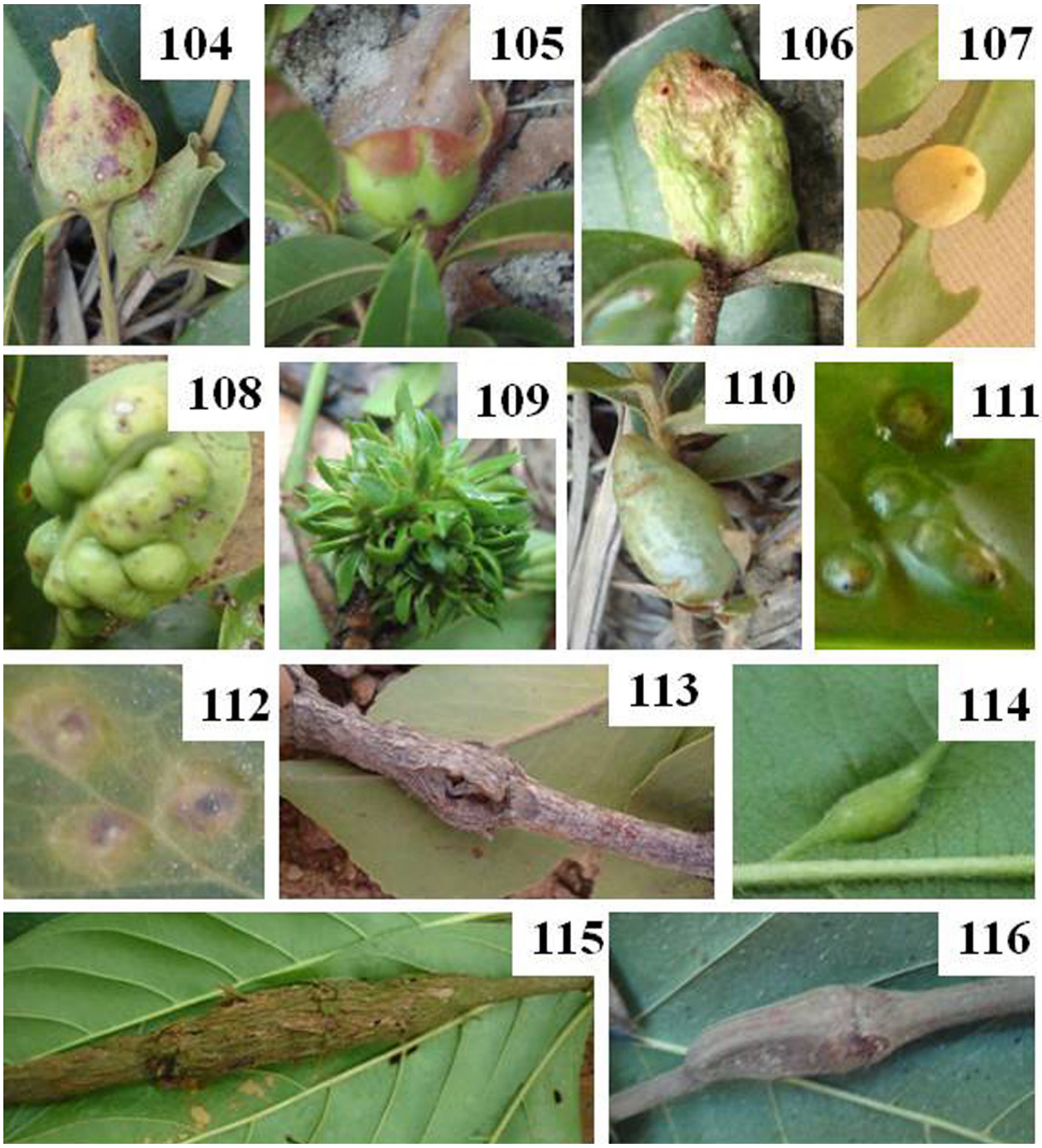
Guapira sp. (n=1)

Leaf gall, globoid, green, glabrous, one-chambered (Figure 108). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Ladeira do Amendoim. Date: December/2011, March/2012.

Previous records: Galls on *Guapira* spp. have been described by Maia (2001) from Carapebus and Maricá (RJ), Oliveira & Maia (2005) from Grumari (Rio de Janeiro, RJ), Maia et al. (2008) from Bertioga (SP), Carneiro et al. (2009) from Cadeia do Espinhaço (MG), Maia & Oliveira (2010) from Ilha Grande (Angra dos Reis, RJ), Bregonci et al. (2010) from Guarapari (ES), Maia & Souza (in press) from Ilha do Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ), and Maia et al. (in press) from Santa Teresa (ES).

Neea sp. (n=2)

Rosette bud gall, green, glabrous (Figure 109). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Vale das Borboletas. Date: December/2011, June/2012.



Figures 104-116. Insect galls of São Tomé das Letras (MG): 104-105. Galls on *Myrcia sylvatica*: 104. Bud gall (conical), 105. Bud gall (horn-shaped); 106. Bud gall on *Myrcia* sp.; 107. Leaf gall on *Myrciaria floribunda*; 108. Leaf gall on *Guapira* sp.; 109. Rosette bud gall on *Neea* sp.; 110. Bud gall on *Turnera* sp.; 111. Leaf gall on *Piper* sp.; 112-113. Galls on *Roupala montana* var. *montana*: 112. Leaf gall, 113. Stem swelling; 114-115. Galls on *Amaioua intermedia* var. *brasiliana*: 114. Vein swelling, 115. Stem swelling; 116. Stem swelling on *Coussarea* sp.

Leaf gall, globoid, red, hairy, one-chambered. Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Vale das Borboletas. Date: December/2011.

Previous records: Julião et al. (2002), and Maia (2012) recorded galls on *Neea* spp. from Pantanal sul mato-grossense (MS), and Itamonte (MG).

Passifloraceae (n=1)

Turnera sp. (n=1)

Bud gall, bursiform, green, glabrous, one-chambered (Figure 110). Galler: Hemiptera. Locality: Cachoeira da Lua. Date: September/2011.

Previous records: Maia (2011) described a leaf gall on *Turnera* sp. from Porto de Trombetas (Pará).

Piperaceae (n=1)

Piper sp. (n=1)

Leaf gall, circular, green, glabrous, one-chambered (Figure 111). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Vale das Borboletas. Date: September/2011, June/2012.

Previous records: Fernandes et al. (2001), Maia (2001), Maia & Fernandes (2004), Oliveira & Maia (2005), Maia et al. (2008), Santos et al. (2010), Maia et al. (in press), and Maia (2012) recorded

galls on *Piper* spp. from Vale do Rio Doce (MG), Carapebus (RJ), Serra de São José (MG), Grumari (Rio de Janeiro, RJ), Bertioga (SP), Goiânia (GO), Santa Teresa (ES), and Itamonte (MG), respectively.

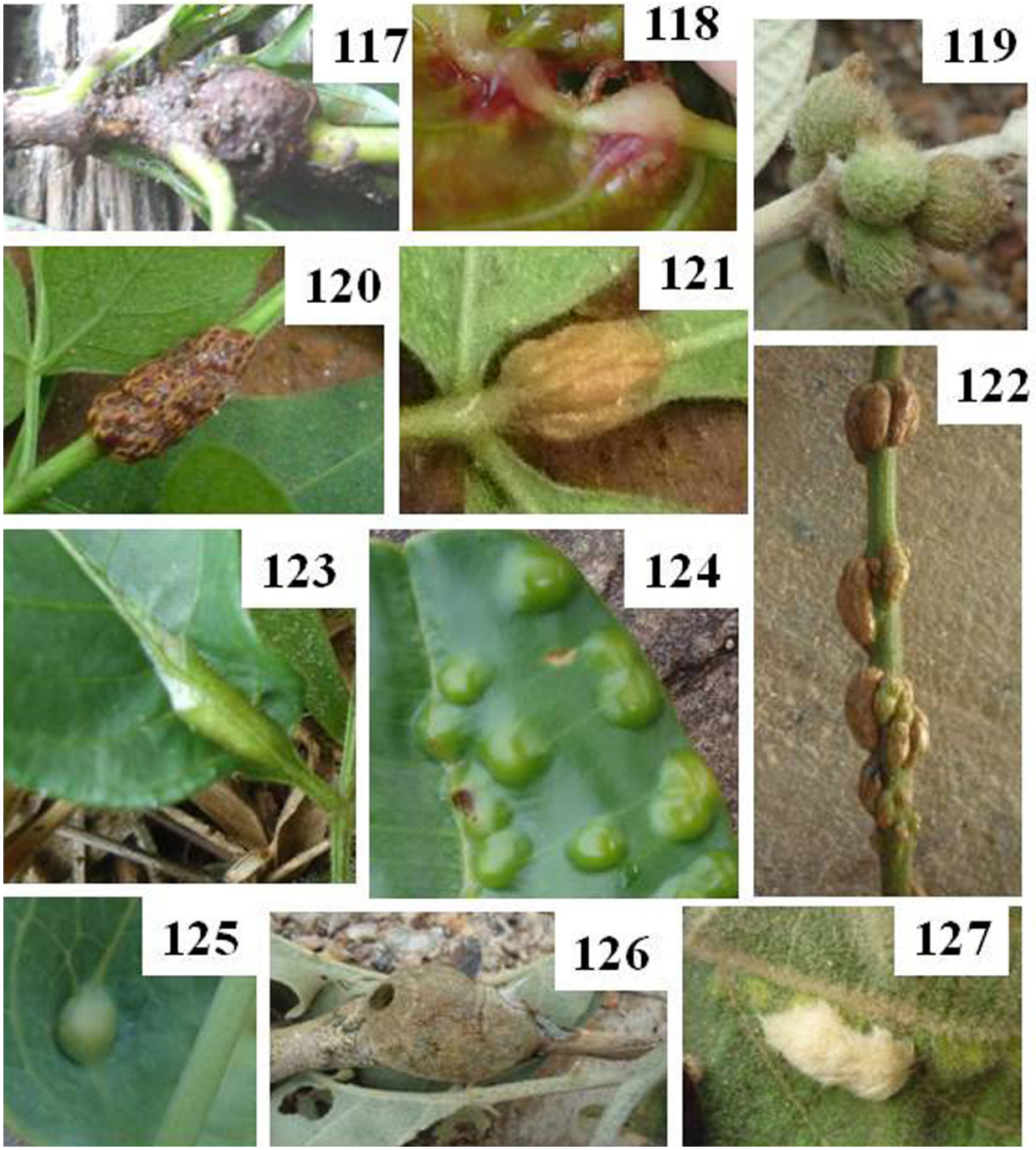
Proteaceae (n=2)

Roupala montana Aubl. var. *montana* (n=2)

Leaf gall, circular, yellow, glabrous, one-chambered (Figure 112). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Other dwellers: parasitoids (Hymenoptera). Locality: Ladeira do Amendoim. Date: September/2011, December/2011, March/2012, June/2012. Previous records: Luiz Antonio, SP (Saito & Urso-Guimarães 2012).

Stem swelling, globoid, brown, glabrous, one-chambered (Figure 113). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Ladeira do Amendoim. Date: September/2011. Previous records: Luiz Antonio, SP (Saito & Urso-Guimarães 2012).

Fernandes et al. (2001), and Maia (2012) described some galls on *Roupala* spp. from Vale do Rio Doce (MG), and Itamonte (MG), respectively.



Figures 117-127. Insect galls of São Tomé das Letras (MG): 117. Stem swelling on *Faramea* sp.; 118. Leaf gall on *Palicourea rigida*; 119. Bud gall on *Sabicea brasiliensis*; 120-121. Galls on *Serjania communis*: 120. Stem swelling, 121. Petiole swelling; 122. Stem swelling on *Serjania meridionalis*; 123. Leaf gall on *Serjania* sp.; 124. Leaf gall, globoid on *Manilkara* sp.; 125. Vein swelling on *Smilax cissoides*; 126. Stem swelling on *Solanum lycocarpum*; 127. Leaf gall on *Solanum* sp.

Rubiaceae (n=6)

Amaioua intermedia var. *brasiliana* (A. Rich. ex DC.) (n=2)

Vein swelling, fusiform, green, glabrous, one-chambered (Figure 114). Galler: not determined. Locality: Eubiose. Date: June/2012.

Stem swelling, fusiform, brown, glabrous, multi-chambered (Figure 115). Galler: not determined. Locality: Eubiose. Date: June/2012.

Coussarea sp. (n=1)

Stem swelling, fusiform, brown, glabrous, one-chambered (Figure 116). Galler: not determined. Locality: Vale das Borboletas. Date: September/2011.

Faramea sp. (n=1)

Stem swelling, globoid, brown, glabrous, one-chambered (Figure 117). Galler: not determined.Locality: Vale das Borboletas. Date: December/2011.

Palicourea rigida Kunth. (n=1)

Leaf gall, globoid, red, glabrous, one-chambered (Figure 118). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Ladeira do Amendoim. Date: December/2011.

Previous records: Cadeia do Espinhaço (Carneiro et al. 2009). Other records: Fernandes et al. (1997) described other gall on this plant from Vale do Jequitinhonha (MG), Maia (2011), Maia et al. (in press), and Maia (2012) described galls on *Palicourea* spp. from Porto de Trombetas (Pará), Santa Teresa (ES), and Itamonte (MG), respectively.

Sabicea brasiliensis Wemham (n=1)

Bud gall, green, globoid with a short apical projection, pubescent, one-chambered (Figure 119). Galler: not determined. Locality: Cachoeira da Lua. Date: March/2012.

Sapindaceae (n=5)

Serjania communis Cambess. (n=2)

Stem swelling, fusiform, brown, glabrous, one-chambered (Figure 120). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Eubiose. Date: June/2012.

Petiole swelling, fusiform, brown, glabrous, one-chambered (Figure 121). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Eubiose. Date: June/2012.

Serjania glutinosa Radlk. (n=1)

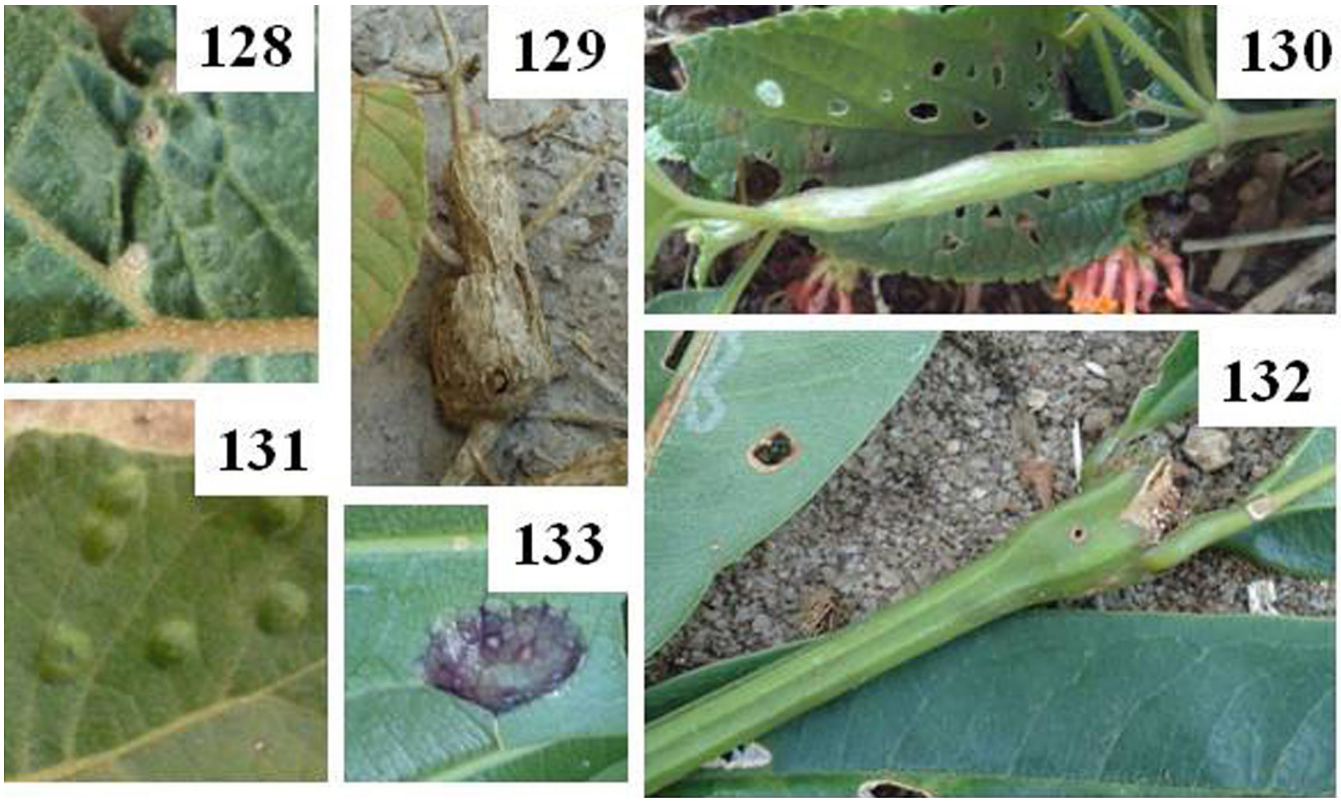
Midvein swelling, fusiform, yellowish, one-chambered. Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Ladeira do Amendoim. Date: March/2012.

Serjania meridionalis Cambess (n=1)

Stem swelling, fusiform, brown, glabrous, one-chambered (Figure 122). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Eubiose. Date: June/2012.

Serjania sp. (n=1)

Leaf gall, circular, green, glabrous, one-chambered (Figure 123). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Vale das Borboletas. Date: March/2012.



Figures 128-133. Insect galls of São Tomé das Letras (MG): 128. Leaf gall on *Buettneria* sp.; 129. Stem gall on Sterculiaceae not determined; 130. Stem swelling on *Lantana camara*; 131. Leaf gall on cf. *Salvertia convallariodora*; 132-133. Galls on *Vochysia* cf. *maxima*: 132. Stem swelling, 133. Leaf gall.

Previous records: Fernandes et al. (1997), Fernandes et al. (2001), Julião et al. (2002), Coelho et al. (2009), Santos et al. (2010, 2011), Maia et al. (in press), and Maia (2012) recorded several galls on *Serjania* spp. from Vale do Jequitinhonha (MG), Vale do Rio Doce (MG), Pantanal sul mato-grossense (MS), Serra do Cipó (MG), Goiânia (GO), Pernambuco, Santa Teresa (ES), and Itamonte (MG), respectively.

Sapotaceae (n=1)

Manilkara sp. (n=1)

Leaf gall, globoid, green, glabrous, one-chambered (Figure 124). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Ladeira do Amendoim. Date: December/2011, March/2012.

Previous records: Galls on *Manilkara* spp. have been recorded by Oliveira & Maia (2005) from Grumari (Rio de Janeiro, RJ), Maia & Oliveira (2010) from Ilha Grande (Angra dos Reis, RJ), Bregonci et al. (2010) from Guarapari (ES), and Santos et al. (2011) from Pernambuco.

Siparunaceae (n=1)

Siparuna guianensis Aubl. (n=1)

Leaf gall, circular, green, glabrous, one-chambered. Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Vale das Borboletas. Date: September/2011.

Previous records: Santos et al. (2010) described this gall from Goiânia (GO), Saito & Urso-Guimarães (2012) recorded other galls on this host plant from Luiz Antonio (SP), Maia (2011) and Maia et al. (in press) described galls on *Siparuna* spp. from Porto de Trombetas (Pará), and Santa Teresa (ES), respectively.

Smilacaceae (n=1)

Smilax cissoides Mart. ex Griseb (n=1)

Vein swelling, globoid, green, glabrous, one-chambered (Figure 125). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Gruta do Sobradinho. Date: December/2011.

Previous records: Maia (2001), Julião et al. (2002), Urso-Guimarães et al. (2003), Oliveira & Maia (2005), Urso-Guimarães & Scareli-Santos (2006), Maia et al. (2008), Carneiro et al. (2009), Coelho et al. (2009), Maia & Oliveira (2010), Bregonci et al. (2010), Malves & Frieiro-Costa (2012), and Maia et al. (in press) recorded leaf galls on *Smilax* spp. from Carapebus and Maricá (RJ), Pantanal sul mato-grossense (MS), Delfinópolis (MG), Grumari (Rio de Janeiro, RJ), Santa Rita do Passa-Quatro (SP), Bertioga (SP), Cadeia do Espinhaço (MG), Serra do Cipó (MG), Ilha Grande (Angra dos Reis, RJ), Guarapari (ES), Ingaí (MG), and Santa Teresa, respectively.

Solanaceae (n=3)

Solanum lycocarpum A. St-Hil (n=1)

Stem swelling, globoid, brown, glabrous, one-chambered (Figure 126). Galler: *Collabismus clitellae* Boheman (Curculionidae, Coleoptera). Locality: Gruta do Sobradinho. Date: December/2011. Previous records: Ingaí, MG (Malves & Frieiro-Costa 2012).

Solanum sp.1 (n=1)

Leaf gall, globoid, yellowish, hairy, one-chambered (Figure 127). Galler: not determined. Dwellers: Hymenoptera. Localities: Ladeira do Amendoim, Vale das Borboletas, Cachoeira da Lua. Date: December/2011, March/2012, June/2012.

Solanum sp. 2 (n=1)

Midvein swelling, fusiform, green, glabrous, one-chambered. Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Cachoeira da Lua. Date: March/2012.

Previous records: Several galls on *Solanum* spp. have been recorded by Fernandes et al. (2001) from Vale do Rio Doce, Maia (2001) from Carapebus and Maricá (RJ), Oliveira & Maia (2005) from Grumari (Rio de Janeiro, RJ), Fernandes & Negreiros (2006) from Aimorés (MG), Maia et al. (2008) from Bertioga (SP), Santos et al. (2011) from Pernambuco, Maia et al. (in press) from Santa Teresa (ES), and Maia (2012) from Itamonte (MG).

Sterculiaceae (n=2)

Buettneria sp. (n=1)

Leaf gall, globoid, yellowish or greenish, micropubescent, one-chambered (Figure 128). Galler: not determined. Locality: Cachoeira da Lua. Date: December/2011.

Sterculiaceae not determined (n=1)

Stem gall, fusiform, brown, woody, glabrous, one-chambered (Figure 129). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Dwellers: Hymenoptera. Locality: Gruta do Sobradinho. Date: September/2011.

Verbenaceae (n=2)

Lantana camara L. (n=1)

Stem swelling, fusiform, glabrous, one-chambered (Figure 130). Galler: Lepidoptera. Locality: Cachoeira da Lua. Date: March/2012.

Previous records: Fernandes et al. (2001), Maia (2001), Fernandes & Negreiros (2006), Santos et al. (2011), and Maia & Souza (in press) recorded other galls on this host plant from Vale do Rio Doce (MG), Maricá (RJ), Aimorés (MG), Pernmabuco, and Ilha do Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ), respectively.

Lantana sp. (n=1)

Stem swelling, fusiform, brown, glabrous, one-chambered. Galler: Lepidoptera. Locality: Gruta do Sobradinho. Date: March/2012.

Previous records: Fernandes et al. (1997), Fernandes et al. (2001), Maia & Fernandes (2004), Maia et al. (2008), Coelho et al. (2009), Carneiro et al. (2009), Maia & Souza (in press), and Maia et al. (in press) recorded other galls on *Lantana* spp. from Vale do Jequitinhonha (MG), Vale do Rio Doce (MG), Bertioga (SP), Serra de São José (MG), Serra do Cipó (MG), Cadeia do Espinhaço (MG), Ilha do Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ), and Santa Teresa (ES), respectively.

Vochysiaceae (n=4)

cf. *Salvertia convallariodora* A. St.-Hil (n=1)

Leaf gall, circular, green, glabrous, one-chambered (Figure 131). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Ladeira do Amendoim. Date: June/2012.

Vochysia cf. *maxima* Ducke (n=3)

Marginal leaf roll, green, glabrous, one-chambered. Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Harmonia. Date: March/2012.

Stem swelling, fusiform, green, glabrous, one-chambered (Figure 132). Galler: not determined. Locality: Harmonia. Date: March/2012.

Leaf gall, circular, black, glabrous, one-chambered (Figure 133). Galler: Cecidomyiidae (Diptera). Locality: Harmonia. Date: March/2012.

Previous records: Fernandes et al. (1997), and Maia (2012) described other galls on *Vochysia* spp. from Vale do Jequitinhonha (MG) and Itamonte (MG), respectively.

Discussion

Several inventories of insect galls from Minas Gerais have been published (Fernandes et al. 1988, Fernandes et al. 1997, Fernandes et al. 2001, Urso-Guimarães et al. 2003, Maia & Fernandes 2004, Fernandes & Negreiros 2006, Carneiro et al. 2009, Coelho et al. 2009, Malves & Frieiro-Costa 2012, Maia 2012). According to these inventories, the gall richness varies from 22 to 273 (Table 2), and the medium number of gall morphotypes per plant species from 1.15 to 1.96. São Tomé das Letras, with 152 gall morphotypes and a medium of 1.64 is the fourth richest investigated area of Minas Gerais.

Fabaceae, Melastomataceae, Myrtaceae, and Asteraceae were the plant families with the greatest richness of galls. All of them have been already indicated in other insect gall inventories as rich taxa in number of gall morphotypes (Table 3). So, the present study corroborates the previous knowledge about super host families (Veldtman & McGeoch 2003), and the plant richness hypothesis (Fernandes 1992).

The super host genera were *Copaifera* L. (Fabaceae), *Myrcia* DC. ex. Guill. (Myrtaceae), and *Miconia* Ruiz & Pav. (Melastomataceae). These three genera were already indicated in other gall inventories as super host (Campus Pampulha – Fernandes et al. (1988), Serra do Cipó – Coelho et al. (2009), Serra de São José – Maia & Fernandes (2004), and Itamonte – Maia (2012)). Other cited genera were *Bauhinia*, *Baccharis*, *Celtis*, and *Serjania* (Serra do Cipó – Coelho et al. (2009), and Espinhaço – Carneiro et al. (2009)). Once more, this study corroborates the previous knowledge about super host genera.

The super host species were *Copaifera langsdorfii* Desf. (Fabaceae), *Myrcia sylvatica* (G. Mey) DC. (Myrtaceae), and *Calophyllum brasiliense* Cambéss (Calophyllaceae). *Copaifera langsdorfii* was already indicated in Campus Pampulha – Fernandes et al. (1988), and Serra de São José – Maia & Fernandes (2004) as super host species. *Bacccharis pseudomyriocephala* (Espinhaço – Carneiro et al. (2009)), *B. dracunculifolia* (Serra do Cipó – Coelho et al. (2009)), *Celtis brasiliensis* (Serra do Cipó – Coelho et al. (2009)), and *Protium heptaphyllum* (Serra de São José – Maia & Fernandes (2004)) are other indicated super hosts. *Myrcia sylvatica*, and *Calophyllum brasiliense* are indicated for the first time.

Leaves were the most galled plant organ, followed by stems, and buds. The same results were found in all other gall inventories of Minas Gerais, excepting by Espinhaço Range, where stems were the most galled plant organ (Carneiro et al. 2009). Stems were also indicated as the most galled plant organ in Vale do Rio Doce by Fernandes et al. (2001), but this result is not corrected. The authors considered vein and petiole as other plant organs, but technically they are part of the leaf, so if the values of vein and petiole are added, the total is 58%, perpassing the stem. Leaves are the most galled plant organ throughout the world. It is a widespread pattern pointed by Felt (1940) and confirmed in this study.

The inducers are represented by Diptera, Lepidoptera, Hemiptera, Thysanoptera, Coleoptera, and Hymenoptera. These are the insect orders which comprise galling species. Cecidomyiidae (Diptera) were the most frequent and diversified gallers. This is true for all other gall inventories of Minas Gerais, where Cecidomyiidae have

Table 2. Distribution of the insect gall morphotypes, number of host plant species and medium number of gall morphotypes per plant species in some localities of Minas Gerais (Brazil).

Locality	Nr. insect gall morphotypes	Nr. host plant species	Medium number of gall morphotypes/ plant species	Reference
Vale do Rio Doce	273	139	1.96	Fernandes et al. (2001)
Espinhaço Range	241	142	1.69	Carneiro et al. (2009)
Vale do Jequitinhonha	236	134	1.76	Fernandes et al. (1997)
São Tomé das Letras	152	94	1.62	Present study
Itamonte	101	64	1.58	Maia (2012)
Serra de São José	137	73	1.87	Maia & Fernandes (2004)
Serra do Cipó	91	51	1.78	Coelho et al. (2009)
Boqueirão (Ingaí)	57	43	1.32	Malves & Frieiro-Costa (2012)
Pampulha (Belo Horizonte)	37	22	1.68	Fernandes et al. (1988)
Fazenda Bulcão (Aimorés)	29	24	1.21	Fernandes & Negreiros (2006)
Delfinópolis	22	19	1.15	Urso-Guimarães et al. (2003)

Table 3. Distribution of the most galled host plant families per localities of Minas Gerais (Brazil).

Localities of Minas Gerais	Plant families		References
	1st	2nd	
Pampulha (Belo Horizonte)	Fabaceae	Boraginaceae	Fernandes et al. (1988)
Vale do Jequitinhonha	Fabaceae	Malpighiaceae	Fernandes et al. (1997)
Boqueirão (Ingaí)	Asteraceae	Myrtaceae	Malves & Frieiro-Costa (2012)
Delfinópolis	Fabaceae	Rubiaceae	Urso-Guimarães et al. (2003)
Fazenda Bulcão (Aimorés)	Fabaceae	Euphorbiaceae	Fernandes & Negreiros (2006)
Espinhaço Range	Asteraceae	Melastomataceae	Carneiro et al. (2009)
Serra do Cipó	Fabaceae	Myrtaceae	Coelho et al. (2009)
Vale do Rio Doce	Asteraceae	Myrtaceae	Fernandes et al. (2001)
Serra de São José	Fabaceae	Myrtaceae	Maia & Fernandes (2004)
Itamonte	Asteraceae	Myrtaceae	Maia (2012)
São Tomé das Letras	Fabaceae	Melastomataceae	Present study

been responsible for 93% to 73% of the insect galls. Cecidomyiidae is the most speciose galling taxa of the world with more than 6,000 species (Gagné 2010).

Globoid and fusiform galls predominated. Similar results were found in other Brazilian inventories, such as Espinhaço Range, MG (Carneiro et al. 2009), Pernambuco (Santos et al. 2001), Guarapari, ES (Bregonci et al. 2010), and Itamonte, MG (Maia 2012), suggesting that these are the most common gall shapes in Brazil.

The majority of the galls was glabrous (86.18%) and one-chambered (90.8%) as in all other Brazilian galls inventories, excepting by Delfinópolis (MG), where hairy galls are more frequent than glabrous (Urso-Guimarães et al. 2003), but the difference is not significant.

The associated fauna included parasitoids (Hymenoptera), inquilines (Lepidoptera and Thysanoptera), successors (Formicidae, Hymenoptera), and predators (pseudoscorpions). The presence of parasitoids is very frequent in Brazilian surveys, being Hymenoptera the most important natural enemies of the gall midges (Maia 2001; Maia & Azevedo 2009). The parasitoids frequence varies from 4% to 71% of the total of gall morphotypes (Table 4). The highest value was recorded to Pirenópolis, GO (Araujo et al. 2007), and the lowest to Porto de Trombetas (Maia 2012). São Tomé das Letras presented one of the lowest values. According to Fernandes & Price (1992), parasitism is higher in mesic than in xeric habitats, because of longer maturation and hardening of the gall. This prediction is not confirmed in the present study.

Data on inquilines, successors, and predators are scarce in Brazilian gall inventories. In the present study, inquilines were rare, occurring in two gall morphotypes (1.3%), being represented by Lepidoptera and Thysanoptera. In other Brazilian inventories, the frequency varies from 0% to 24.4% (Table 5), and other insects are cited as inquilines: Diptera, Lepidoptera, Coleoptera, Hemiptera, Psocoptera, and Thysanoptera. Comparing the results, the inquilines of São Tomé das Letras can be considered less frequent and little diversified.

Successors were recorded in two gall morphotypes in the present study (1.3%), being represented by ants (Hymenoptera). The frequency of successors in Brazilian surveys is very low. The highest recorded value was 7.9%, (Table 6). Successors can include Collembola, Psocoptera, and Thysanoptera also. The low frequency of successors is confirmed in this study. They are probably the less studied associated insects. In São Tomé das Letras, predators (pseudoscorpions) were recorded in a single gall morphotype (0.6%). Similarly to the successors, they are also rare. In Brazilian

Table 4. Distribution of the frequency of parasitoids (Hymenoptera) in some Brazilian gall inventories.

Localities	Frequency of parasitoids	Reference
Pirenópolis (GO)	71%	Araujo et al. (2007)
Carapebus and Maricá	60%	Maia (2001)
Bertioga (SP)	48%	Maia et al. (2008)
Serra de São José (MG)	34%	Maia & Fernandes (2004)
Gurapari (ES)	31%	Bregonci et al. (2010)
Luiz Antônio (SP)	23%	Saito & Urso-Guimarães (2012)
São Tomé das Letras (MG)	12%	Present study
Itamonte (MG)	6%	Maia (2012)
Porto Trombetas (PA)	4%	Maia (2011)

Table 5. Distribution of the frequency of inquilines in some Brazilian gall inventories.

Localities	Frequency of inquilines	Inquilines identification	Reference
Bertioga (SP)	24.4%	Diptera Lepidoptera Coleoptera Hemiptera Thysanoptera	Maia et al. (2008)
Delfinópolis (MG)	22.7%	Diptera Diplopoda Psocoptera Hemiptera	Urso-Guimarães et al. (2003)
Carapebus and Maricá (RJ)	17,6%	Diptera Hymenoptera Lepidoptera Coleoptera	Maia (2001)
Porto Trombetas (PA)	17%	Coleoptera Diptera Thysanoptera	Maia (2011)
Guarapari (ES)	10%	Coleoptera Lepidoptera Thysanoptera	Bregonci et al. (2010)
Serra de São José (MG)	4.7%	Diptera Coleoptera Lepidoptera Hemiptera	Maia & Fernandes (2004)
Santa Rita do Passa Quatro (SP)	2.8%	Diptera	Urso-Guimarães & Scareli-Santos (2006)
São Tomé das Letras (MG)	1.3%	Lepidoptera Thysanoptera	Present study

Table 6. Distribution of the frequency of successors in some Brazilian gall inventories.

Localities	Frequency of successor	Successors identification	Reference
Guarapari (ES)	7.9%	Mites Psocoptera	Bregonci et al. (2010)
Bertioga (SP)	4.7%	Collembola, Psocoptera, and Thysanoptera	Maia et al. (2008)
São Tomé das Letras (MG)	1.3%	Hymenoptera	Present study
Porto Trombetas (PA)	1.3%	Psocoptera	Maia (2011)
Carapebus and Maricá (RJ)	1.0%	Hymenoptera	Maia (2001)
Itamonte (MG)	1.0%	Hymenoptera	Maia (2012)

Table 7. Distribution of the frequency of predators in some Brazilian gall inventories.

Localities	Frequency of predators	Predators identification	Reference
Carapebus and Maricá (RJ)	4.0%	*Lestodiplosis* spp. (Diptera, Cecidomyiidae) *Novohorus* sp. (pseudoscorpions)	Maia (2001)
Guarapari (ES)	2.6%	Hymenoptera (ants)	Bregonci et al. (2010)
Bertioga (SP)	2.1%	Hymenoptera (ants) *Lestodiplosis* sp. (Diptera: Cecidomyiidae)	Maia et al. (2008)
Serra de São José (MG)	1.5%	*Friebrigella* sp. (Chloropidae: Diptera) *Lestodiplosis* sp. (Diptera: Cecidomyiidae)	Maia & Fernandes (2004)
Porto Trombetas (PA)	1.3%	Lestodiplosini (Diptera: Cecidomyiidae)	Maia (2011)
São Tomé das Letras (MG)	0.6%	Pseudoscorpions	Present study
Itamonte (MG)	0%		Maia (2012)

inventories, the highest frequency is 4% (Table 7), and they are represented by ants (Formicidae, Hymenoptera), *Lestodiplosis* spp. (Diptera, Cecidomyiidae), *Friebrigella* sp. (Chloropidae: Diptera), and pseudoscorpions. This is the first record of pseudoscorpions in galls on *Calophyllum brasiliense* Cambéss (Calophyllaceae). They were previously recorded in galls on Myrtaceae.

The geographic distribution of six gall midges, *Contarinia gemmae* Maia, 2003; *Dactylodiplosis heptaphylli* Maia, 2004; *Lopesia caulinaris* Maia, 2003; *Lopesia conspicua* Maia, 2003; *Lopesia elliptica* Maia, 2003; and *Lopesia linearis* Maia, 2003 are widened to Minas Gerais.

Three other gall midges, *Asphondylia serrata* Maia, 2004, *Lopesia similis* Maia, 2004, and *Myrciaryiamia admirabilis* Maia, 2007, and one Tephritidae, *Tomoplagia rudolphi* (Lutz & Lima, 1918) are recorded for the first time to São Tomé das Letras. These species were already known from other localities of Minas Gerais.

Conclusions

The present study corroborates the patterns of insect galls already known from Brazil, and for the first time indicates *Myrcia sylvatica*, and *Calophyllum brasiliense* as super host plants, and records the presence of pseudoscorpion in galls on *Calophyllum brasiliense*.

Acknowledgments

Thanks to CNPq for financial support (Proc.300237/2010-3) and to Dr. Bernardo Mascarenhas (Museu Nacional, UFRJ), Ms. Sueli Pereira (Museu Nacional, UFRJ) and Eduardo Barros (Museu Nacional, UFRJ) for field assistance.

References

ARAÚJO, W.S., GOMES-KLEIN, V.L. & SANTOS, B.B. 2007. Galhas Entomógenas Associadas à Vegetação do Parque Estadual da Serra dos Pireneus, Pirenópolis, Goiás, Brasil.Revista Brasileira de Biociências 5 (supl. 1): 45-47.

BREGONCI, J.M., POLYCARPO, P.V. & MAIA, V.C. 2010. Insect galls of the Parque Estadual Paulo César Vinha (Guarapari, ES, Brazil). Biota Neotrop. 10(1):265-274. http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032010000100023

CARNEIRO, M.A.A., BORGES, R.A.X., ARAÚJO, A.P.A. & FERNANDES, G.W. 2009. Insetos indutores de galls da porção sul da Cadeia do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil. Rev. Bras. Entomol. 53(4):570-592. http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262009000400007

COELHO, M.S., ALMADA, E.D., FERNANDES, G.W., CARNEIRO, M.A.A., SANTOS, R.M., QUINTINO, A.V. & SANCHEZ-AZOFEIFA, A. 2009. Gall inducing arthropods from a seasonally dry tropical forest in Serra do Cipó, Brazil. Rev. Bras. Entomol. 53(3):404-414. http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262009000300015

FELT, E.P. 1940. Plant Galls and Gall Makers. Comstock Publishing Co., Ithaca, 364p.

FERNANDES, G.W. 1992. Plant family size and age effects on insular gallforming species richness. Global Ecol. Biogeogr. 2:71-74.

FERNANDES, G.W. & NEGREIROS, D. 2006. A comunidade de insetos galhadores da RPPN Fazenda Bulcão, Aimorés, Minas Gerais, Brasil. Lundiana 7(2):111-120.

FERNANDES, G.W & PRICE, P. 1992. The adaptive significance of the insect gall distribution: survivorship of species in xeric and mesic habitats. Oecologia 90:14-20. http://dx.doi.org/10.1007/BF00317803

FERNANDES, G.W., TAMEIRÃO-NETO, E. & MARTINS, R.P. 1988. Ocorrência e caracterização de galhas entomógenas na vegetação do campus Pampulha da Universidade Federal de Minas Gerais. Rev. Bras. Zool. 5(1):11-29. http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81751988000100002

FERNANDES, G.W., ARAÚJO, R.C., ARAÚJO, S.C., LOMBARDI, J.A., PAULA, A.S., LOYOLA JÚNIOR, R. & CORNELISSEN, T.G. 1997. Insect galls from savanna and rocky fields of the Jequitinhonha valley, Minas Gerais, Brazil. Naturalia 22:221-244.

FERNANDES, G.W., JULIÃO, G.R., ARAÚJO, R.C., ARAÚJO, S.C., LOMBARDI, J.A., NEGREIROS, J.A., NEGREIROS, D. & CARNEIRO, M.A.A. 2001. Distribution and morphology of insect galls of the Rio Doce Valley, Brazil. Naturalia 26:211-244.

GAGNÉ, R.J.1989. The Plant-Feeding Gall Midges of North America. Ithaca, Cornell Univ. Press, 356 p.

GAGNÉ, R.J.,1994. The Gall Midges of the Neotropical Region. Ithaca: University Press. xiv, 352 p., 4 pls.

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. (last acess on I/2013).

JULIÃO, G.R., AMARAL, M.E.C. & FERNANDES, G.W. 2002. Galhas de insetos e suas plantas hospedeiras no pantanal sul mato-grossense. Naturalia 27:47-74.

MAIA, V.C. 2001. The gall midges (Diptera, Cecidomyiidae) from three restingas of Rio de Janeiro State, Brazil. Rev. Bras. Zool. 18(2):583-629. http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752001000200028

MAIA, V. C. 2011. Characterization of insect galls, gall makers, and associated fauna of Platô Bacaba (Porto de Trombetas, Pará, Brazil). Biota Neotrop. 11(4):37-53. http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032011000400003

MAIA, V. C. 2012. In press. Insect galls of Itamonte (Minas Gerais, Brazil): characterization and occurrence. Biota Netrop.

MAIA, V.C. & AZEVEDO, M.A.P. 2009. Micro-himenópteros associados com galhas de Cecidomyiidae (Diptera) em Restingas do Estado do Rio de Janeiro (Brasil). Biota Neotrop. 9(2):151-164. http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032009000200015

MAIA, V.C. & FERNANDES, G.W. 2004. Insect galls from Serra de São José (Tiradentes, MG, Brazil). Braz. J. Biol. 64(3):1-22.

MAIA, V.C. & OLIVEIRA, J.C. 2010. Galhas de insetos da Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul (Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ). Biota Neotrop. 10(4):227-237. http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032010000400028

MAIA, V.C. & SOUZA, M.C. In press. Insect galls of the xeric vegetation of Ilha do Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ, Brazil):characterization and occurrence. Biota neotrop.

MAIA, V.C., CARDOSO, L.J.T. & BRAGA, J.M.A. In press. Insect galls from Atlantic Forest areas of Santa Teresa, Espírito Santo, Brazil. Bol. Mus. Biol. Mello Leitão.

MAIA, V.C., MAGENTA, M.A.C. & MARTINS, S.E. 2008. Ocorrência e caracterização de galhas de insetos em áreas de restinga de Bertioga (São Paulo, Brasil). Biota Neotrop. 8(1):168-197. http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032008000100020

MALVES, K. & FRIEIRO-COSTA, F.A. 2012. List of plants with galls induced by insects from the UNILAVRAS/Boqueirão Biological Reserve, Ingaí, State of Minas Gerais, Brazil. Checklist 8(3):426-439.

MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., FONSECA, G.A.B. & KET, J. 2000. Biodiversity hot-spots for conservation priorities. Nature 403:853-858. http://dx.doi.org/10.1038/35002501

OLIVEIRA, J.C. & MAIA, V.C. 2005. Ocorrência e caracterização de galhas de insetos na restinga de Grumari (Rio de Janeiro, RJ, Brasil). Arq. Mus. Nac. 63(4):669-675.

SAITO, V.S. & URSO-GUIMARÃES, M.V. 2012. Characterization of galls, insect galls and associated fauna of Ecological Station of Jataí (Luiz Antônio, SP). Biota Neotrop 12(3):01-09. http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032012000300011

SANTOS, J.C., ALMEIDA-CORTEZ, J.S. & FERNADES, G.W, 2001. Diversity of gall-inducing insects in the high altitude wetland forests in Pernambuco, Northeastern Brazil . Braz. J. Biol.. 71 (1): 47-56.

SANTOS, J.C., ALMEIDA-CORTEZ, J.C. & FERNANDES, G.W. 2011. Richness of gall-inducing insects in the tropical dry forest (caatinga) of Pernambuco. Rev. Bras. Entomol. 55(1):45-54. http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262011000100009

SANTOS, B.B., FERREIRA, H.D. & ARAÚJO, W.S. 2010. Ocorrência e caraterização de galhas entomógenas em uma área de floresta estacional semi-decídua em Goiânia, Goiás, Brasil. Acta bot. bras. 24(1):243-249.

SHORTHOUSE, J.D. & ROHFRITSCH, O., eds. 1992. Biology of Insect induced Galls. Oxford University Press, Oxford.

SHORTHOUSE, J.D.; WOOL, D. & RAMAN, A. 2005. Gall-inducing insects - Nature's most sophisticated herbivores. Basic and Applied Ecology 6:407-411. http://dx.doi.org/10.1016/j.baae.2005.07.001

STONE, G. N. & SCHÖNROGGE, K. 2003. The adaptive significance of insect gall morphology. Trends Ecology and Evolution 18: 512-522.

URSO-GUIMARÃES, M.V., SCARELI-SANTOS, C. & BONIFÁCIO-SILVA, A.C. 2003. Occurrence and characterization of entomogen galls from natural vegetation areas in Delfinópolis, MG, Brazil. Braz. J. Biol. 63(4):705-715. http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842003000400018

URSO-GUIMARÃES, M.V. & SCARELI-SANTOS, C. 2006. Galls and gall makers in plants from the Pé-de-Gigante Cerrado Reserve, Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brazil. Braz. J. Biol. 66(1B):357-369. http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842006000200018

VELDTMAN, R. & McGEOCH, M.A. 2003. Gall-forming insect species richness along a non-scleromorphic vegetation rainfall gradient in South Africa: the importance of plant community composition. Austral Ecology 28:1-13. http://dx.doi.org/10.1046/j.1442-9993.2003.01234.x

Received 05/07/2013
Revised 11/22/2013
Accepted 11/29/2013

Use of carbon and nitrogen stable isotopes to study the feeding ecology of small coastal cetacean populations in southern Brazil

Fernando Augusto Sliva Hardt[1,6], Marta Jussara Cremer[1], Antonio José Tonello Junior[1], Antonio Bellante[2], Gaspare Buffa[2], Giuseppa Buscaino[2], Salvatore Mazzola[2], André Silva Barreto[3], Luiz Antonio Martinelli[4] & Giovanni Maria Zuppi[5]

[1]Laboratório de Nectologia, Departamento de Ciências Biológicas, Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, CP 110, CEP 89240-000, São Francisco do Sul, SC, Brazil. www.univille.edu.br
[2]Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per l'Ambiente Marino Costiero, Via del Faro, 4, 91021, Capo Granitola (TP), Italy. www.iamc.cnr.it
[3]Laboratório de Oceanografia Biológica, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI, Rua Uruguai, 458, CEP 88302-202, Itajaí, SC, Brazil. www.univali.br/cttmar
[4]Laboratório de Ecologia Isotópica, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Av. Centenário, 303, CEP 13416-000, Piracicaba, SP, Brazil. http://www.cena.usp.br
[5]Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria, Area della Ricerca di Roma RM 1, Via Salaria km 29,300 C.P. 10 00016 Monterotondo Stazione, Rome, Italy. www.igag.cnr.it
[6]Corresponding author: Fernando Augusto Sliva Hardt, e-mail: fehardt@yahoo.com.br

HARDT, F.A.S., CREMER, M.J., TONELLO JUNIOR, A.J., BELLANTE, A., BUFFA, G., BUSCAINO, G, MAZZOLA, S., BARRETO, A.S., MARTINELLI, L.A. & ZUPPI, G.M. **Use of carbon and nitrogen stable isotopes to study the feeding ecology of small coastal cetacean populations in southern Brazil.** Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/en/abstract?article+bn01413042013

Abstract: Samples from individuals of the populations of *Sotalia guianensis* (Guiana) and *Pontoporia blainvillei* (Franciscana) dolphins living in the Babitonga Bay estuary (26° 28' S/48° 50' W), and samples from individuals of a second population of *P. blainvillei* from a nearshore area (26° 38' S/48° 41' W), were collected and analyzed along with their prey between 2000 and 2006, to determine the carbon and nitrogen stable isotope ratios and to verify differences in their feeding ecology. No differences were found in the median $\delta^{15}N$ values of Guiana (15.2‰) and Franciscana (15.9‰) dolphins living in Babitonga Bay, nor of nearshore Franciscana (15.0‰) individuals, suggesting no variation in the trophic level of these populations. However, the lack of more information on the isotopic compositions of their putative prey in the nearshore areas prevents the ability to draw definitive conclusions on this issue. The estuarine Franciscana and Guiana dolphin populations presented mean $\delta^{13}C$ values of approximately –15.7‰, which were not statistically different from nearshore Franciscana individuals (–14.8‰). Based on stomach content analyses of these species from a previous study, it was reported that there was little overlap in the diet of estuarine Franciscanas and Guiana dolphins. However, based on the similarity of the $\delta^{13}C$ values between these two species and of their putative prey, it appears that in fact there is an overlap in the diet of these two species. Based solely on stable isotope analysis, it was not possible to differentiate between estuarine and nearshore Franciscana populations, making it difficult to conclude whether captured nearshore specimens were indeed yearlong residents of these areas. Finally, this study suggests that Franciscana and Guiana dolphin populations are sharing the same resources, mostly *L. brevis*, *D. rhombeus*, and *S. rastrifer*. Therefore, the combination of resource sharing and commercial exploitation of their prey makes these two cetacean species vulnerable.
Keywords: *Pontoporia blainvillei, Sotalia guianensis, Babitonga Bay, feeding ecology, trophic level.*

HARDT, F.A.S., CREMER, M.J., TONELLO JUNIOR, A.J., BELLANTE, A., BUFFA, G., BUSCAINO, G., MAZZOLA, S., BARRETO, A.S., MARTINELLI, L.A. & ZUPPI, G.M. **O uso dos isótopos estáveis de carbono e nitrogênio para o estudo da ecologia de populações de pequenos cetáceos costeiros no sul do Brasil.** Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/pt/abstract?article+bn01413042013

Resumo: Amostras de tecido de indivíduos pertencentes às populações de *Sotalia guianensis* (boto-cinza) e *Pontoporia blainvillei* (toninha) que vivem no estuário da Baía da Babitonga (26° 28' S/48° 50' W) e de uma segunda população de *P. blainvillei* da área costeira (26° 38' S/48° 41' W) foram coletadas entre os anos 2000 e 2006 para determinar as composições de isótopos estáveis de carbono e nitrogênio, assim como de suas presas para analisar diferenças na ecologia alimentar. Não foram detectadas diferenças nos valores médios de $\delta^{15}N$ entre os botos-cinza (15.2‰) e as toninhas (15.9‰) que vivem na Baía da Babitonga, e entre indivíduos de toninhas da área costeira (15.0‰), sugerindo que não existe variação no nível trófico destas populações. Contudo, a ausência

de informações mais completas sobre a composição isotópica das presas na área costeira limita a proposição de conclusões mais definitivas sobre esta temática. As populações estuarinas de toninhas e botos-cinza apresentaram valores médios de $\delta^{13}C$ de aproximadamente –15.7‰, que não apresentaram diferença estatística com relação às toninhas da área costeira (–14.8‰). Baseado na análise de conteúdos estomacais destas espécies num estudo anterior sugere-se que não há sobreposição na dieta das toninhas e botos-cinza do estuário. Contudo, baseado na similaridade dos valores de $\delta^{13}C$ entre estas espécies e nos distintos valores de $\delta^{13}C$ de suas presas, há indícios de que de fato existe uma sobreposição na dieta destas duas populações. Com base apenas na análise de isótopos estáveis não foi possível diferenciar a população estuarina e costeira de toninhas, tornando-se difícil concluir se os indivíduos capturados acidentalmente na área costeira eram residentes de longo prazo. Finalmente, este estudo sugere que toninhas e botos-cinza estão compartilhando os mesmos recursos, principalmente *L. brevis* , *D. rhombeus* e *S. rastrifer* . Portanto, a exploração comercial dessas espécies pode ameaçar a sobrevivência do boto-cinza e das toninhas na Baía da Babitonga.

Palavras-chave*: Pontoporia blainvillei, Sotalia guianensis, Baia da Babitonga, ecologia alimentar, nível trófico.*

Introduction

Babitonga Bay, an estuarine sub-tropical system located on the north coast of Santa Catarina State in southern Brazil, is home to two small cetacean populations: Guiana *Sotalia guianensis* (Van Bénéden 1864) and Franciscana dolphins *Pontoporia blainvillei* (Gervais & d'Orbigny 1844) (Cremer & Simões-Lopes 2005, 2008, Hardt et al. 2010, Cremer et al. 2011). *Sotalia guianensis* is considered "data deficient" by the International Union for Conservation of Nature (IUCN), and *Pontoporia blainvillei* is considered "vulnerable" (Reeves et al. 2008, 2012). In fact, Franciscana dolphins are considered to be the most threatened small cetacean species in the southwestern Atlantic Ocean (Secchi et al. 2003, Danilewicz et al. 2010).

Based on stomach content analysis of individuals collected in the Babitonga Bay area, Cremer et al. (2012) concluded that both species exhibit a generalist diet that includes several teleost fish and one cephalopod species, which are important food sources for both species. Correspondingly, similar results have been found in other regions of the Brazilian coast (Santos et al. 2002, Di Beneditto & Siciliano 2007, Di Beneditto et al. 2009, Daura-Jorge et al. 2011). Aside from this cephalopod, there is not much overlap in the diet of these two cetacean species in the Babitonga Bay area. Additionally, these authors also concluded that the diet of Guiana dolphins exhibited a higher diversity of fish species than Franciscana dolphins, leading to a broader feeding niche of the former compared to the latter.

As both species of cetaceans are composed of small populations foraging in Babitonga Bay and are threatened by several anthropogenic impacts (Cremer 2007, Danilewicz et al. 2010, Lailson-Brito et al. 2010, Yogui et al. 2010), detailed information about the feeding ecology of these species and other species linked to them is important in order to establish effective conservation initiatives. In previous studies on the population distribution of Franciscana dolphins in the bay, Cremer & Simões-Lopes (2005, 2008) suggested that the population is resident, which has increased the level of concern for their conservation. However, further evidence is still needed to confirm whether they are indeed resident year-round in the bay area.

One approach for studying animal feeding behavior is to examine stomach contents, as performed by Cremer et al. (2012). This technique is very useful, although stomach content analyses represent just a "snapshot" of a brief period in the lifecycle of animals like cetaceans. Additionally, some items in the stomach are not recognizable, due to advanced decomposition, and there is no guarantee that identifiable stomach contents will be digested and incorporated in animal tissues. Analysis of carbon and nitrogen stable isotopes represent a longer period in the animal's lifecycle and have been recognized as an effective method to complement feeding ecology studies based on stomach contents of marine mammals (Knoff et al. 2008, Gross et al. 2009, Barros et al. 2010, Kiszka et al. 2010, Newsome et al. 2010, Caut et al. 2011). The basic principle of this technique is that the isotopic composition of consumers is derived from the isotopic composition of their food (*e.g.,* Kelly 2000, Cherel et al. 2010). In marine systems, several studies have shown that there are consistent differences between the isotopic composition of animals living in pelagic *vs*. benthic environments, and among estuarine, nearshore and offshore environments (France 1995, Kurle & Gudmundson 2007, Cherel & Hobson 2007, Newsome et al. 2010, Ohizumi & Nobuyuki 2010). Therefore, the use of stable isotopes can help identify the utilization of different habitats by species (Das et al. 2003, Capelli et al. 2008, Gross et al. 2009, Newsome et al. 2010, Pinela et al. 2010). Additionally, by using this technique, it can be possible to determine if sympatric species explore the same resources and occupy the same trophic level (Cherel et al. 2008, Newsome et al. 2010).

The main objective of this study was to investigate the feeding ecology of Guiana and Franciscana cetacean populations in Babitonga Bay using carbon and nitrogen stable isotopes. Understanding the feeding ecology of specific species is considered essential in order to implement effective conservation measures (Owen et al. 2011). Franciscana individuals from a separate population found in the nearshore area, located outside of the bay, were also included in the analysis in order to check for variation in feeding strategies of the same species in relation to habitat differences (Ford et al. 1998). The diet of these populations was characterized to complement the findings of a recent study on their feeding strategies, which analyzed the stomach contents of specimens collected in Babitonga Bay (Cremer et al. 2012). Additionally, a second objective of this study was to investigate whether the use of stable isotopes could effectively distinguish nearshore Franciscana specimens from estuarine individuals.

Materials and Methods

1. Samples collection

Tissue samples from Guiana and Franciscana dolphins were collected from dead, stranded animals found in the Babitonga Bay estuary and surrounding beaches located on the north coast of Santa Catarina State in southern Brazil (26° 28' S/48° 50' W). Tissue samples of Franciscana dolphins were also collected outside of the bay in a nearshore area from animals incidentally caught in nets used in an artisanal fishery at Barra Velha (26° 38' S/48° 41' W) (Figure 1). Whenever possible, total animal length was measured and sex was



Figure 1. Study area, showing the map of Brazil and in the insert the location of Babitonga Bay estuarine area and Barra Velha beach, on the north coast of Santa Catarina State, southern Brazil.

visually determined. Samples of muscle tissue were collected from the dorsal area of the dolphins and frozen immediately.

In this study, it was presumed that Franciscana dolphins found in estuarine and nearshore areas, respectively, are from distinct populations, and that the estuarine population is probably a resident one (Cremer & Simões-Lopes 2005, 2008). In the estuarine area, the Franciscana population was estimated to of approximately fifty individuals (Cremer & Simões-Lopes 2008), while the Guiana dolphin population was estimated to be 208 individuals (Cremer et al. 2011). There is no available data on the abundance of the nearshore Franciscana population.

The individuals of each population were collected during the study period, between 2000 and 2006. At Barra Velha beach, a small artisanal fishery was monitored between 2002 and 2005 and reports indicate that the incidental capture of the species in this area is low (A. S. Barreto, unpublished data.). Twelve Guiana and sixteen Franciscana dolphins were recovered in the estuarine area, while seven Franciscana individuals were recovered in the nearshore area, obtained directly from fishermen.

Sex could not be determined in all cases, mainly because of genital mutilation by avian predators after they washed up on the beach. Therefore, there was not enough data available to test for differences in stable isotopic composition in relation to gender. Although not well established, differences in stable isotopic composition in females may arise due to pregnancy or nursing (Newsome et al. 2010). Also, a few studies have found important ontogenic differences in isotopic composition, mainly in the isotopic fractionation between young and adult specimens (Newsome et al. 2009, 2010). Based on total length, most of the specimens analyzed in this study were adults, apart from one dead Guiana calf collected in the estuarine area.

Based on the stomach content study of Cremer et al. (2012), potential food sources were selected for isotopical analysis, based

on their index of relative importance. The cephalopod *Lolliguncula brevis* (Blainville 1823) was selected as an important prey item for both species and three teleost fish were selected for Guiana dolphins: *Mugil curema* (Valenciennes 1836); *Micropogonias furnieri* (Desmarest 1823); and *Diapterus rhombeus* (Cuvier 1829). For Franciscana dolphins, two teleost fish were selected: *Stellifer rastrifer* (Jordan 1889) and *Cetengraulis edentulus* (Cuvier 1829). All fish samples were captured from the estuary using drift nets inside the bay. The cephalopods were collected only in nearshore areas by trawl nets used in the shrimp fishery. *Lolliguncula brevis* is the only eurihaline cephalopod species, which moves back and forth between bays and estuaries in response to changes in water temperature (Bartol et al. 2002). Although relatively important for both species, it was not possible to capture *Gobionellus oceanicus* individuals for analysis. Prey samples were selected based on the specific total length that both dolphins consume (Cremer et al. 2012). Samples of muscle tissue were collected from the dorsal area of each specimen and frozen immediately.

2. *Isotopic analysis*

Samples of muscle tissue and three samples of Franciscana fat were lyophilized in preparation for carbon and nitrogen stable isotope analysis. Samples were first dried in a 60 °C oven for at least 48 hours and then were grounded into a fine powder using a mortar and pestle. Because of possible samples heterogeneity the samples were well mixed. Isotopic measurements were determined by a ThermoElectron Delta Plus mass spectrometer interfaced with an Elemental Analyzer (Carlo Erba model 1110, Milan, Italy). Stable isotope ratios were registered relative to internationally recognized standards, included in every run and expressed in δ notation (‰). For carbon the standard used was Peedee Belemnite (PDB) and for nitrogen atmospheric air. The precision of the isotope ratio measurements was ± 0.3‰ and ± 0.4‰ for $\delta^{13}C$ and $\delta^{15}N$, respectively. All isotope analyses were conducted at the Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA, University of São Paulo, in Piracicaba, SP, Brasil.

3. *Lipid interference on isotope analysis*

Lipids generally have 6‰ lower $\delta^{13}C$ values than proteins, which can interfere with accurate $\delta^{13}C$ readings of muscle tissues, leading to erroneous interpretation (Newsome et al. 2010, Caut et al. 2011). In this study, three samples of cetacean fat were analyzed, with an average $\delta^{13}C$ value of –20.3 ± 1.1‰, which is approximately 4.3‰ lower than the average $\delta^{13}C$ of all muscle tissue samples (–16.0 ± 1.3‰). After analysis of the C:N muscle tissue ratios, approximately 60% had ratios lower than 3.5, but the other 40% had C:N ratios higher than 3.5, suggesting high lipid content (Post et al. 2007, Newsome et al. 2010).

There is no consensus in the literature on lipid extraction, however, it has been recommended not to extract lipids when lipid-rich prey could be part of a consumer's diet (Newsome et al. 2010). Otherwise, lipid extraction is recommended (Newsome et al. 2010). All the C:N muscle-tissue ratios of prey specimens were lower than 3.5, indicating that they were lipid-poor. Due to these results, it was decided to correct $\delta^{13}C$ ratios for lipid content only in cetacean samples with a C:N ratio greater than 3.5 (Table 1).

There are several equations or mass balance approaches that have been developed to correct for lipid content (Fry et al. 2003, Post et al. 2007, Sweeting et al. 2006, Abrantes et al. 2012). However, the equation developed by Post et al. (2007) is simple because it depends exclusively on the C:N ratios of tissues, having shown to be very applicable when tested in lipid-rich salmonids (Abrantes et al. 2012). Therefore, it was decided to use the equation here in this study, with $\delta^{13}C$ values corrected for lipid contents being referred to as $\delta^{13}C_{corr}$.

4. *Statistical analyses*

Due to $\delta^{13}C_{corr}$ and $\delta^{15}N$ values did not present normal distribution, and could not be normalized, the non-parametric Kruskal-Wallis ANOVA was used to test for differences between the populations (two populations of Franciscana and one population of Guiana dolphins). In this case, the different populations and habitats (estuary and nearshore) were the independent variables and the $\delta^{13}C$ and $\delta^{15}N$ values the dependent variables. A probability value of less than 0.05 was considered to indicate statistical significance. All statistical analyses were performed with specific software's.

Results

Table 1 summarizes the $\delta^{13}C$ values of non-lipid extracted samples, $\delta^{13}C_{corr}$ and $\delta^{15}N$ values of each specimen, as well as C:N muscle-tissue ratios, with gender and total length measurements stated when available.

A plot of $\delta^{13}C$ values of non-lipid extracted samples in relation to $\delta^{13}C$ values corrected for lipid content ($\delta^{13}C_{corr}$) showed that most corrections were made for Guiana dolphin specimens and less for Franciscana specimens (Figure 2).

The average $\delta^{13}C_{corr}$ ratio of nearshore Franciscanas was almost 1‰ higher than the average $\delta^{13}C_{corr}$ values of estuarine Franciscana and Guiana dolphins (Figure 3a). However, differences among populations were not statistically significant according to the Kruskal-Wallis test (Figure 3a).

In terms of average $\delta^{15}N$ values, there was a slight increase (0.4‰) between nearshore and estuarine Franciscana dolphins and a 0.2‰ increase between the estuarine Franciscana and Guiana dolphins. Consequently, the Guiana individuals presented $\delta^{15}N$ values 0.6‰ higher than nearshore Franciscanas (Figure 3b). However, these differences were not statistically significant according to the Kruskal-Wallis test (Figure 3b).

In order to position putative prey and predators in the demoninated δ-space (after Newsome et al. 2007), the stable isotope ratios of cetaceans and potential prey were plotted in Figure 4. Carbon and nitrogen stable isotope values demonstrated that *L. brevis, M. furnieri, D. rhombeus, S. rastrifer,* and C. *edentulus* are most likely important prey for estuarine Franciscana and Guiana dolphins, while *M. curema* appeared to be less important, especially for Franciscana specimens (Figure 4).

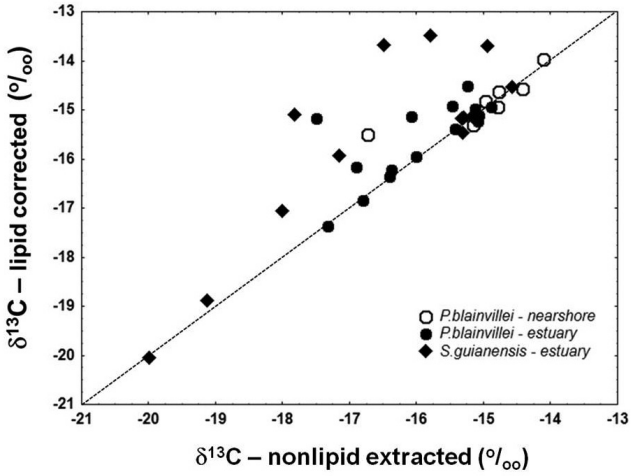


Figure 2. Comparison of non-lipid extracted $\delta^{13}C$ values and corrected $\delta^{13}C$ values for lipids according to the equation proposed by Post et al. (2007). The dashed line represents a 1:1 line.

Table 1. $\delta^{13}C$ values ($\delta^{13}C$) and $\delta^{13}C$ values corrected for lipid content ($\delta^{13}C_{corr}$) both expressed as ‰, $\delta^{15}N$ values ($\delta^{15}N$), C:N ratio, sex, and total length (cm) of specimens of *Pontoporia blainvillei* (Franciscana) and *Sotalia guianensis* (Guiana dolphin).

Species	Site	$\delta^{13}C$	$\delta^{13}C_{corr}$	$\delta^{15}N$	C:N	Sex	Length
P. blainvillei	Estuary	–16.9	–16.2	17.1	4.1	-	Calf
Franciscana		–16.1	–15.1	17.9	4.3	M	62
		–15.1	–15.1	16.6	3.3	M	109
		–16.4	–16.2	15.6	3.5	F	-
		–16.8	–16.8	15.9	3.3	-	-
		–16.4	–16.4	14.1	3.4	-	-
		–16.0	–16.0	14.3	3.4	-	-
		–15.1	–15.1	14.7	3.2	-	-
		–15.1	–15.0	15.2	3.5	-	-
		–15.5	–14.9	15.2	3.9	-	-
		–17.5	–15.2	15.4	5.7	-	-
		–17.3	–17.3	16.0	3.3	-	-
		–14.9	–14.9	15.0	3.3	-	-
		–15.4	–15.4	14.9	3.4	-	-
		–15.2	–14.5	14.8	4.1	-	-
		–15.3	–15.2	17.8	3.5	-	-
S. guianensis	Estuary	–20.0	–20.0	16.0	3.3	F	145
Guiana dolphin		–16.5	–13.7	15.2	6.2	-	187
		–17.8	–15.1	16.4	6.1	M	202
		–19.1	–18.9	14.8	3.6	M	182
		–14.6	–14.5	15.7	3.4	M	-
				14.9	3.9	-	-
		–18.0	–17.1	15.1	4.3	-	-
		–15.2	–15.1	15.0	3.4	-	-
		–15.3	–15.2	17.8	3.5	-	-
		–15.3	–15.3	14.4	3.2	-	-
		–15.8	–13.5	14.9	5.7	-	-
		–14.9	–13.7	16.0	4.6	-	-
		–17.2	–15.9	16.4	4.6	-	-
P. blainvillei	Nearshore	–14.8	–14.8	15.9	3.2	-	-
Franciscana		–15.2	–15.2	15.8	3.2	F	103
		–14.1	–14.0	14.9	3.5	M	103
		–14.4	–14.4	15.0	3.2	F	136
		–16.7	–15.5	14.4	4.6	F	131
		–15.0	–14.8	15.1	3.5	F	108
		–14.8	–14.6	15.0	3.5	F	114

Discussion

Although the study involves a small number of samples, any available information on the foraging habits of these species is beneficial for establishing conservation measures (Cremer et al. 2012, Owen et al. 2011). Nonetheless, results found in this study may not represent the diet behaviour of a large population and conclusions should be drawn with caution. Also, we are aware that it is not ideal to collect samples from dead animals due to two factors: the possibility of sickness causing their mortality; and the decomposition process which can inter with the results (Barros & Odell 1990).

In addition, animals experiencing nutritional stress may have increased muscle $\delta^{15}N$ values due to preferential loss of ^{14}N-enriched wastes (Newsome et al. 2010). However, the animals collected in this study did not exhibit signs of disease and most likely died as a consequence of entanglement in fishing nets, which has been a problem in Babitonga Bay, as described by Pinheiro & Cremer (2003). According to Payo-Payo et al. (2013), analyzing decomposition on stable isotope signatures of striped dolphins *Stenella coeruleoalba*, no statistical change in $\delta^{13}C$ or $\delta^{15}N$ over period of 62 days in muscle and skin samples from carcasses decomposing was found, showing that they can be used as reliable material for stable isotope analysis in probably other marine mammal species.

For the nearshore Franciscana population, the $\delta^{13}C$ values of most of the specimens were higher than their putative prey (Figure 4). Di Beneditto et al. (2011), working with the same species in the coastal area of Rio de Janeiro State, also observed higher $\delta^{13}C$ values than in their potential prey. This is probably due to carbon trophic fractionation, which occurs between $\delta^{13}C$ values of prey and predator, the latter becoming enriched in ^{13}C relative to its prey. However, carbon isotope trophic fractionations can vary between tissues (Newsome et al. 2010), body size (Caut et al. 2011), and diet type (Vander Zanden & Rasmussen 2001), among other causes, but they are generally considered smaller than nitrogen isotope trophic

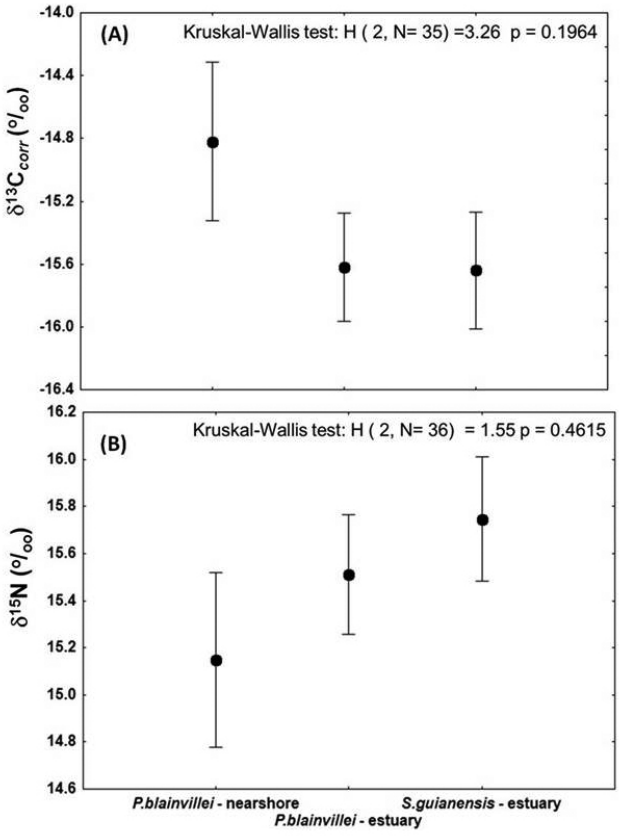


Figure 3. (A) Average $\delta^{13}C$ values corrected for lipids ($\delta^{13}C_{corr}$) and (B) average $\delta^{15}N$ values followed by standard-errors (bars) of cetacean populations grouped according to habitat (estuary and nearshore) of samples acquisition.

fractionation rates (Post 2002, Owen et al. 2011). For instance, McCutchan et al. (2003) found an average carbon trophic fractionation of only 0.4‰ between aquatic animals and their respective diets. Caut et al. (2011), analyzing blood plasma of captive bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*), encountered a similar carbon trophic fractionation of 0.6‰, while Vander Zanden & Rasmussen (2001) measured trophic fractionation in aquatic systems to be on average 0.8‰. It appears that most nearshore Franciscana individuals present $\delta^{13}C$ values more than 1‰ enriched relative to most of their prey (Figure 4).

Based on stomach content analyses performed by Cremer (2007), prey listed in Figure 4 are most likely contributing to the diet of these individuals, although a large variation in $\delta^{13}C$ values was observed among nearshore Franciscanas. However, it is also reasonable to consider the existence of prey ^{13}C-enriched in relation to nearshore Franciscanas, which were not included in this study.

The $\delta^{15}N$ values of animals have been used extensively to determine their trophic level based on the assumption of a considerable ^{15}N enrichment between each trophic level (DeNiro & Epstein 1981). The main reason for this trophic fractionation seems to be due to internal N metabolism, leading to ^{15}N enrichment in body proteins coupled with excretion of ^{15}N-depleted ammonia via urine (Balter et al. 2006, Martínez del Rio et al. 2009). There have been several recent revisions on differences between $\delta^{15}N$ values of diet and consumers (Post 2002, McCutchan et al. 2003, Vanderklift & Ponsard 2003, Vander Zanden & Fetzer 2007, Martínez del Rio et al. 2009). Based on these revisions, it has been observed that nitrogen trophic fractionation depends on several aspects of both diet and the consumer. With regards to the former, the quantity and the quality of the protein is a key factor (Robbins et al. 2005, 2010, Martínez del Rio et al. 2009, Caut et al. 2011). In the latter, the magnitude of nitrogen trophic fractionation depends on the type of tissue in question, as there are variations in turnover rates for different tissues (Newsome et al. 2010).

Based on the revisions cited above, it seems reasonable to consider that nitrogen trophic fractionation varies between 2 to 4‰, with the value of 3‰ being the most commonly used (Vander Zanden & Fetzer 2007). This latter value of trophic fractionation is similar to the value of 2.6‰ found in blood plasma of captive bottlenose dolphins by Caut et al. (2011). In this study, it proved difficult to estimate the nitrogen trophic fractionation of cetaceans under field conditions based on a small number of consumer samples and a limited number of prey.

Trophic fractionation in this study ($\delta^{15}N_{consumer}$ - $\delta^{15}N_{diet}$) was estimated using average $\delta^{15}N$ values of cetaceans (15.2‰, n=20) and fish samples (12.3‰, n=15). Consequently, the estimated average trophic fractionation was 2.9‰, which is close to the value found by Caut et al. (2011) for blood plasma of captive bottlenose dolphins, and also close to 3‰, the most commonly used nitrogen trophic fractionation value (Vander Zanden & Fetzer 2007).

No significant differences were found among the average $\delta^{15}N$ values of the three cetacean populations (Figure 3b). Based on the discussion above regarding nitrogen trophic fractionation, it is tempting to conclude from the results that the cetacean populations are feeding at the same trophic level. However, as only a few prey samples were collected from nearshore areas (only *L. brevis* was sampled in coastal areas), we cannot exclude the possibility that these food sources may possess distinct $\delta^{15}N$ values from the estuarine prey. If this is the case, although the $\delta^{15}N$ values were similar among the cetacean populations inside and outside of the bay, this does not necessarily mean that they were feeding at the same trophic level. This kind of situation has already been shown in Victoria Bay (Australia), where two cryptic species of cetaceans living inside and outside of the bay were occupying different trophic levels (Owen et al. 2011).

As this study involved a small number of specimens, future research should increase the sampling size and further investigate trophic interactions among cetacean species of the Babitonga Bay area. The constraint of estimating nitrogen trophic fractionation based on a small number of samples has been illustrated by Di Beneditto et al. (2011), where lower $\delta^{15}N$ values were found in several Guiana and Fransiscana dolphins, in comparison to their putative prey.

A secondary objective of this study was to test whether it was possible to differentiate specimens of estuarine Franciscanas from nearshore individuals using carbon stable isotopes. In the literature, there are several studies where differences were found in feeding habits of populations of the same species living in distinct habitats: killer whales (*Orcinus orca*) in the Pacific Northwest on the border between the US and Canada (Ford et al. 1998); sea lions (*Eumetopias jubatus*) in Alaska (Kurle & Gudmundson 2007); and dolphin species in Australia (Owen et al. 2011).

Although the average $\delta^{13}C$ value of nearshore Franciscanas was higher than that of the estuarine group, no statistically significant difference was found (Figure 3a). Therefore, due to the similarity in stable isotope composition, it is tempting to consider that these two distinct groups could belong to the same population. But, this type of comparison is further complicated by seasonal differences in their diet (Kiszka et al. 2010, Olin et al. 2012), as well as a time lag between food ingestion and carbon assimilation in the muscle tissues (Newsome et al. 2010). Additionally, it has been reported that $\delta^{13}C$ values of several marine species tend to decrease from

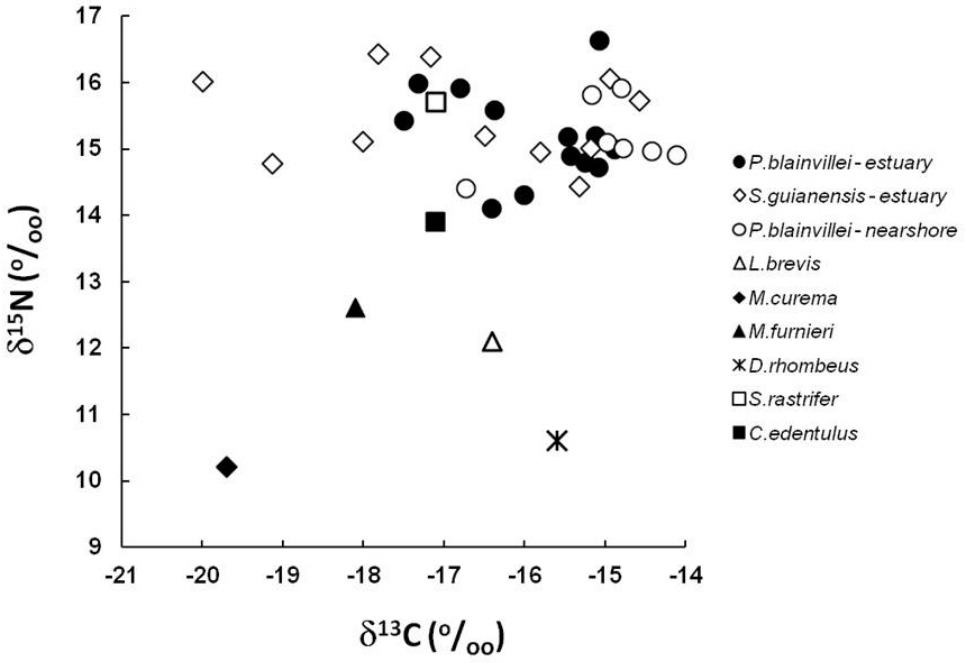


Figure 4. Plot of $\delta^{13}C_{corr}$ in relation to $\delta^{15}N$ (δ-space) of cetacean specimens and potential prey. Stable carbon isotope composition of cetacean species was corrected for lipid content, but not for prey.

inshore to offshore areas (France 1995, Clementz & Koch 2001, Kurle & Gudmundson 2007, Cherel & Hobson 2007, Newsome et al. 2010, Ohizumi & Nobuyuki 2010, Gibbs et al. 2011, Méndez-Fernandez et al. 2012). Based on these constraints, a future line of investigation could apply molecular tracers to more accurately identify the ecological niches of these animals (Fernández et al. 2011).

Although the conclusions drawn from the current study have a limited scope, the results suggest that these threatened species of cetaceans are sharing similar resources. Additionally, previous studies have shown that food sources harvested by Guiana and Fransiscana dolphins are also being threatened by shrimp trawling in coastal areas of Santa Catarina (Zaleski 2005, Souza & Chavez 2007). Therefore, a decrease in stocks of these prey items by predatory fishing may have a significant impact on the conservation of these two species.

Based on stomach content analyses (Cremer 2007), it appeared that there was not much similarity in the diet of estuarine Franciscana and Guiana dolphins. However, stable isotope results here suggests that there is an overlap in the diet of these two species, especially with respect to the following prey: *L. brevis*, *D. rhombeus*, and *S. rastrifer*. The similarity of $\delta^{15}N$ values among all populations suggest that they are feeding at the same trophic level; however, the absence of fish prey items collected from nearshore coastal areas prevents definitive confirmation of this conclusion. Additionally, carbon stable isotope results might indicate the presence of only one population of Franciscana dolphins, which occupy both estuarine and nearshore habitats. Coupled with the already threatened conservation status of Fransiscana and Guiana dolphins, the fact that these species are apparently sharing limited resources in a relatively small area increases even more the necessity of urgent action by government authorities to implement effective conservation measures to protect them.

Acknowledgements

The authors would like to thank the Universidade da Região de Joinville for logistical and financial support in conducting this research. The authors dedicate this work to the memory of G. M. Zuppi, a great friend and colleague, whose dedication and intelligence always served as inspiration to all. Unfortunately, he will not be able to join us until the conclusion of this paper. Thanks to Jim Hesson of Academic English Solutions.com for proofreading the English.

References

ABRANTES, K.G., SEMMENS, J.M., LYLE, J.M. & NICHOLS, P.D. 2012. Normalisation models for accounting for fat content in stable isotope measurements in salmonid muscle tissue. Mar. Biol. 159(1):57-64.

BALTER, V., SIMON, L., FOUILLET, H. & L'ECUYER, C. 2006. Box-modeling of 15N/14N in mammals. Oecologia 147:212-222.

BARTOL, I.K., MANN, R. & VECCHIONE, M. 2002. Distribution of the euryhaline squid *Lolliguncula brevis* in Chesapeake Bay: effects of selected abiotic factors. Ecol. Progr. Ser. 226:235-247. http://dx.doi.org/10.3354/meps226235

BARROS, N.B. & ODELL, D.K. 1990. Food habits of bottlenose dolphins in the southeastern United States. In The bottlenose dolphin (Leatherwood & R.R. Reeves, eds). Academic Press, San Diego, p.309-328.

BARROS, N.B., OSTROM, P.H., STRICKER, C.A. & WELLS, R.S. 2010. Stable isotopes differentiate bottlenose dolphins off west-central Florida. Mar. Mamm. Sci. 26:324-336. http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-7692.2009.00315.x

CAPELLI, R., DAS, K., PELLEGRINI, R.D., DRAVA, G., LEPOINT, G. & MIGLIO, C. 2008. Distribution of trace elements in organs of six species of cetaceans from the Ligurian Sea (Mediterranean), and the relationship with stable carbon and nitrogen ratios. Sci. Total. Environ. 390:569-78. PMid:18035400. http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.10.036

CAUT, S., LARAN, S., GARCIA-HARTMANN E. & DAS, K. 2011. Stable isotopes of captive cetaceans (killer whales and bottlenose dolphins). J. Exp. Biol. 214:538-545. PMid:21270301. http://dx.doi.org/10.1242/jeb.045104

CHEREL, Y. & HOBSON, K.A. 2007. Geographical variation in carbon stable isotope signatures of marine predators: a tool to investigate their foraging areas in the Southern Ocean. Mar. Ecol. Progr. Ser 329:281-287. http://dx.doi.org/10.3354/meps329281

CHEREL, Y., CORRE, M., JAQUEMET, S., MÉNARD, F., RICHARD, P. & WEIMERSKIRCH, H. 2008. Resource partitioning within a tropical seabird community: new information from stable isotopes. Mar. Ecol. Progr. Ser: 366281-366291.

CHEREL, Y., FONTAINE, C., RICHARD, P. & LABAT, J.P. 2010. Isotopic niches and trophic levels of myctophid fishes and their predators in the Southern Ocean. Limnol. Oceanogr. 55:324-332. http://dx.doi.org/10.4319/lo.2010.55.1.0324

CLEMENTZ, M.T., & KOCH, P.L. 2001. Monitoring habitat and foraging ecology in aquatic mammal with stable isotopes in the tooth enamel. Oecologia 129:461-472.

CREMER, M.J. 2007. Ecologia de populações simpátricas de pequenos cetáceos em ambiente estuarino no sul do Brasil. Tese de doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

CREMER, M.J. & SIMÕES-LOPES, P.C. 2005. The occurrence of *Pontoporia blainvillei* (Gervais & d'Orbigny) (Cetacea, Pontoporiidae) in an estuarine area in southern Brazil. Rev. Bras. Zool. 22:717-723. http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752005000300032

CREMER, M.J. & SIMÕES-LOPES, P.C. 2008. Distribution, abundance and density estimates of Franciscanas, *Pontoporia blainvillei* (Cetacea: Pontoporiidade) in Babitonga bay, southern Brazil. Rev. Bras. Zool. 25:397-402. http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752008000300003

CREMER, M.J., HARDT, F.A.S., TONELLO-JÚNIOR, A.J. & SIMÕES-LOPES, P.C. 2011. Distribution and status of the Guiana dolphin *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) population in Babitonga bay, Southern Brazil. Zool. Stud. 50:327-337.

CREMER, M.J., PINHEIRO, P.C. & SIMÕES-LOPES, P.C. 2012. Prey consumed by Guina dolphin *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) and franciscana dolphin *Pontoporia blainvillei* (Cetacea, Pontoporiidae) in an estuarine environment in southern Brazil. Iheringia, Sér. Zool. 102: 131-137.

DANILEWICZ, D., MORENO, I.B., OTT, P.H., TAVARES, M., AZEVEDO, A.F., SECCHI, E.R. & ANDRIOLO, A.A. 2010. Abundance estimate for a threatened population of Franciscana dolphins in a southern coastal Brazil: uncertainties and management implications. J. Mar. Biol. Assoc. UK. 90:1649-1657. http://dx.doi.org/10.1017/S0025315409991482

DAS, K., LEPOINT, G., LEROY, Y. & BOUQUEGNEAU, J.M. 2003. Marine mammals from the Southern North Sea: feeding ecology data from δ13C and δ15N measurements. Mar. Ecol. Progr. Ser. 263:287-298. http://dx.doi.org/10.3354/meps263287

DAURA-JORGE, F.G., WEDEKIN, L.L. & SIMÕES-LOPES, P.C. 2011. Feeding habits of the Guiana dolphin, *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae), in Norte Bay, southern Brazil. Sci. Ma. 75:163-169. http://dx.doi.org/10.3989/scimar.2011.75n1163

DENIRO, M.J. & EPSTEIN, S. 1981. Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. Geochim. Cosmochim. Ac. 45:341-351.

DI BENEDITTO, A.P.M. & SICILIANO, S. 2007. Stomach contents of the marine tucuxi dolphin (*Sotalia guianensis*) from Rio de Janeiro, south-eastern Brazil. J. Mar. Biol. Assoc. UK 87:253-254. http://dx.doi.org/10.1017/S0025315407053647

DI BENEDITTO, A.P.M., SANTOS, M.V.B. & VIDAL, M.V. 2009. Comparison between the diet of two dolphins from south-eastern Brazil: proximate-composition and caloric value of prey species. J. Mar. Biol. Assoc. UK. 89:903-905. http://dx.doi.org/10.1017/S0025315409001519

DI BENEDITTO, A.P.M., SOUZA, C.M.M., KEHRIG, H.A. & REZENDE, C.E. 2011. Use of multiple tools to assess the feeding preference of coastal dolphins. Mar. Biol. 158:2209-2217.

FERNANDEZ, R., GARCIA-TISCAR, S., SANTOS, M.B., LOPEZ, A., MARTINEZ-CEDEIRA, J.A., NEWTON, J. & PIERCE, G.J. 2011. Stable isotope analysis in two sympatric populations of bottlenose dolphins *Tursiops truncatus*: Evidence of resource partitioning? Mar. Biol. 158(5):1043-1055. http://dx.doi.org/10.1007/s00227-011-1629-3

FORD, J.K.B., ELLIS, G.M., BARRETT-LENNARD, L.G., MORTON, A.B., PALM, R.S. & BALCOMB III, K.C. 1998. Dietary specialization in two sympatric populations of killer whales (*Orcinus orca*) in coastal British Columbia and adjacent waters. Can. J. Zool. 76:1456-1471.

FRANCE, R. 1995. Carbon-13 enrichment in benthic compared to planktonic algae: food web implications. Mar. Ecol. Progr. Ser. 124:307-312. http://dx.doi.org/10.3354/meps124307

FRY, B., BALTZ D.M., BENFIELD, M.C., FLEEGER, J.W., GACE, A., HAAS, H.L. & QUIÑONES-RIVERA, Z.J. 2003. Stable isotope indicators of movement and residency for brown shrimp (*Farfantepenaeus aztecus*) in coastal Lousiana marshscapes. Estuaries 26:82-97.

GIBBS, S.E., HARCOURT, R.G. & KEMER, C.M. 2011. Niche differentiation of bottlenose dolphin species in South Australia revealed by stable isotopes and stomach contents. Wildlife Res. 38:261-270.

GROSS, A., KISZKA, J., VAN CANNEYT, O., RICHARD, P. & RIDOUX, V. 2009. A preliminary study of habitat and resource partitioning among co-occurring tropical dolphins around Mayotte, southwest Indian Ocean. Estuar. Coast. Shelf Sci. 84:367-374. http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2009.05.017

HARDT, F.A.S., CREMER, M.J., TONELLO JÚNIOR, A.J. & SIMÕES-LOPES, P.C. 2010. Residence patterns of the Guiana dolphin *Sotalia guianensis* in Babitonga Bay, South coast of Brazil. LAJAM 8:117-121. http://dx.doi.org/10.5597/lajam00160

KELLY, J.F. 2000. Stable isotopes of carbon and nitrogen in the study of avian and mammalian trophic ecology. Can. J. Zool. 78:1-27. http://dx.doi.org/10.1139/z99-165

KISZKA, J., OREMUS, M., RICHARD, P., POOLE, M. & RIDOUX, V. 2010. The use of stable isotope analyses from skin biopsy samples to assess trophic relationships of sympatric delphinids off Moorea (French Polynesia). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 395:48-54. http://dx.doi.org/10.1016/j.jembe.2010.08.010

KNOFF, A., HOHN, A. & MACKO, S. 2008. Ontogenetic diet changes in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) reflected through stable isotopes. Mar. Mamm. Sci. 24:128-37. http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-7692.2007.00174.x

KURLE, C. & GUDMUNDSON, C. 2007. Regional differences in foraging of young-of-the-year Steller sea lions *Eumetopias jubatus* in Alaska: stable carbon and nitrogen isotope ratios in blood. Mar. Ecol. Progr. Ser. 342:303-310. http://dx.doi.org/10.3354/meps342303

LAILSON-BRITO, J., DORNELES, P.R., AZEVEDO-SILVA, C.E., AZEVEDO, A.F., VIDAL, L.G., ZANELATTO, R.C., LOZINSKI, C.P., AZEREDO, A., FRAGOSO, A.B., CUNHA, H.A., TORRES, J.P. & MALM, O. 2010. High organochlorine accumulation in blubber of Guiana dolphin, *Sotalia guianensis*, from Brazilian coast and its use to establish geographical differences among populations. Environ. Pollut. 158:1800-1808. PMid:19932538. http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2009.11.002

MARTÍNEZ DEL RIO, C., WOLF, N., CARLETON, S.A. & GANNES, L.Z. 2009. Isotopic ecology tem years after a call for more laboratory experiments. Biol. Rev. 84:91-111.

McCUTCHAN, J.H., LEWIS, W.M., KENDALL, C. & McGRATH, C.C. 2003. Variation in trophic shift for stable isotope ratios of carbon, nitrogen, and sulfur. Oikos 102:378-390.

MÉNDEZ-FERNANDEZ, P., BUSTAMANTE, P., BODE, A., CHOUVELON, T., FERREIRA, M., LÓPEZ, A., PIERCE, G.J., SANTOS, B., SPITZ, J., VINGADA, J. & CAURANT, F. 2012. Foraging ecology of five toothed whale species in the Northwest Iberian Peninsula, inferred using δ13C and δ15N isotopic signatures. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 413:150-158. http://dx.doi.org/10.1016/j.jembe.2011.12.007

NEWSOME, S.D., MARTINEZ DEL RIO, C., BEARHOP, S. & PHILLIPS, D.L. 2007. A niche for isotopic ecology. Front. Ecol. Environ. 5:429-436.

NEWSOME, S.D., CLEMENTZ, M.T. & KOCH, P.L. 2010. Using stable isotope biogeochemistry to study marine mammal ecology. Mar. Mamm. Sci. 26:509-572.

NEWSOME, S., ETNIER, M., MONSON, D. & FOGEL, M. 2009. Retrospective Characterization of 606 Ontogenic Shifts in Killer Whale Diets via d 13c and d 15n Analysis of Teeth. Mar. Ecol. Progr. Ser. 374: 229–242.

OHIZUMI, H. & M. NOBUYUKI, P.L. 2010. Differences in stable isotope ratios of Dall's porpoises (*Phocoenoides dalli*) between coastal and oceanic areas of the North Pacific. Fish. Oceanogr. 19:257-261. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2419.2010.00547.x

OLIVEIRA, M.R. 2003. Ecologia alimentar de *Sotalia guianensis* e *Pontoporia blainvillei* (Cetacea, Delphinidade e Pontoporiidae) no litoral sul do Estado de São Paulo e litoral do Paraná. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

OLIN, J.A., FAIR, P.A., RECKS, M.A., ZOLMAN, E., ADAMS, J. & FISK, A.T. Unique seasonal forage bases within a local population of bottlenose dolphin (Tursiops truncatus). 2012. Mar. Mamm. Sci. 28:28-40. http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-7692.2011.00470.x

OWEN, K., CHARLTON-ROBB, K. & THOMPSON, R. 2011. Resolving the trophic relations of cryptic species: An example using stable isotope analysis of dolphin teeth. PLoS ONE6:e16457. PMid:21364748 PMCid:PMC3041760. http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0016457

PAYO-PAYO, A., RUIZ, B., CARDONA, L. & BORRELL, A. 2013. Effect of tissue decomposition on stable isotope signatures of striped dolphins *Stenella coeruleoalba* and loggerhead sea turtles *Caretta caretta*. Aquat Biol 18:141-147. http://dx.doi.org/10.3354/ab00497

PINELA, A., BORRELL, A., CARDONA, L. & AGUILAR, A. 2010. Stable isotope analysis reveals habitat partitioning among marine mammals off the NW African coast and unique trophic niches for two globally threatened species. Mar. Ecol. Progr. Ser. 416:295-306. http://dx.doi.org/10.3354/meps08790

PINHEIRO, L. & CREMER, M.J. 2003. Etnoecologia e captura acidental de golfinhos (Cetacea: Pontoporidae e Delphinidae) na Baía de Babitonga, Santa Catarina. Desenvolvimento e Meio Ambiente 8:69-75.

POST, D.M. 2002. Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and assumptions. Ecology 83:703-718.

POST, D.M., LAYMAN, C.A., ARRINGTON, D.A., TAKIMOTO, G., QUATTROCHI, J. & MONTAÑA, C.G. 2007. Getting to the fat of the matter: models, methods and assumptions for dealing with lipids in stable isotope analyses. Oecologia 152(2):179-189.

REEVES, R.R., CRESPO, E.A., DANS, JEFFERSON, T.A., KARCZMARSKI, L., LAIDRE, K., O'CORRY-CROWE, G., PEDRAZA, S., ROJAS-BRACHO, L., SECCHI, E.R., SLOOTEN, E., SMITH, B.D., WANG, J.Y. & ZHOU, K. 2008. *Sotalia fluviatilis*. IUCN Red List of Threatened Species 2009. http://www.iucnredlist.org (ultimo acesso em 03/12/2012).

REEVES, R., DALEBOUT, M., JEFFERSON, T.A., KARKZMARSKI, L., LAIDRE, K., O'CORRY-CROWE, G., ROJAS-BRACHO, L., SECCHI, E., SLOOTEN, E., SMITH, B.D., WANG, J.Y., ZERBINI, A.N. & ZHOU, K. 2012. *Pontoporia blainvillei*. In IUCN Red List of Threatened Species (International Union for Conservation of Nature). version 2012.2. www.iucnredlist.org. (ultimo acesso em 03/12/2012).

ROBBINS, C.T., FELICETTI, L.A. & SPONHEIMER, M. 2005. The effects dietary protein quality on nitrogen isotope discrimination in mammals and birds. Oecologia 144:534-540.

ROBBINS, C.T., FELICETTI, L.A. & FLORIN, S.T. 2010. The impact of protein quality on stable nitrogen isotope ratio discrimination and assimilated diet estimation. Oecologia 162:571-579

SANTOS, M.C.O., ROSSO, S., SANTOS, R.A., LUCATO, S.H.B. & BASSOI, M. 2002. Insights on small cetacean feeding habits in southeastern Brazil. Aquatic Mammals 28:38-45.

SECCHI, E.R., OTT, P.H. & DANILEWICZ, D. 2003. Effects of fishing bycatch and the conservation status of the Franciscana dolphin, *Pontoporia blainvillei*. In Marine Mammals: Fisheries, Tourism and Management Issues Pages. (Gales, M. Hindell & R. Kirkwood, eds) N. SCIRO Publishing, Collingwood, p.174-191.

SOUZA, L.M. & CHAVES, P.T. 2007. Reproductive activity of fish (Teleostei) and closed season to shrimp trawling off the northern coast of Santa Catarina, Brazil. Brazil. Braz. J. Zool. 24:1113-1121. http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752007000400031

SWEETING, C.J., POLUNIN, N.V.C. & JENNINGS, S. 2006. Effects of chemical lipid extraction and arithmetic lipid correction on stable isotope ratios of fish tissues. Rapid Comm. Mass Spectrom. 20:595-601.

VANDERKLIFT, M.A., & PONSARD, S. 2003. Sources of variation in consumer-diet delta ^{15}N enrichment: a meta-analysis. Oecologia 136:169-182. PMid:12802678. http://dx.doi.org/10.1007/s00442-003-1270-z

VANDER ZANDEN, M.J., & RASMUSSEN, J.B. 2001. Variation in d15N and d13C trophic fractionation: Implications for aquatic food web studies. Limnol. Oceanogr. 46: 2061-2066. http://dx.doi.org/10.4319/lo.2001.46.8.2061

VANDER ZANDEN, M.J., & FETZER, W.W. 2007. Global patterns of aquatic food chain length. Oikos 116:1378-1388. http://dx.doi.org/10.1111/j.0030-1299.2007.16036.x

YOGUI, G.T., SANTOS, M.C.O., BERTOZZI, C.P. & MONTONE, R.C. 2010. Levels of persistent organic pollutants and residual pattern of DDTs in small cetaceans from the coast of São Paulo, Brazil. Marine Poll. Bull. 60:1862-1867. PMid:20699191. http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.07.022

ZALESKI, T. 2005. Posição sistemática e dinâmica populacional da lula *Lolliguncula brevis* (Mollusca: Cephalopoda). Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

Received 03/05/2013
Revised 08/16/2013
Accepted 10/30/2013

Honeydew foraging by birds in an Atlantic Forest fragment of Minas Gerais State, Brazil

***Fagner Daniel Teixeira*[1] *& Fernando Cesar Cascelli de Azevedo*[2,3]**

[1]Programa de Pós-graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Av. Presidente Antônio Carlos, 6627, Pampulha, CEP 31270-910, Belo Horizonte, MG, Brasil
[2]Departamento de Ciências Naturais, Universidade Federal de São João Del Rei – UFSJ, Campus Dom Bosco, Praça Dom Helvécio, 74, Fábricas, CEP 36301-160, São João Del Rei, MG, Brasil
[3]Corresponding author: Fernando Cesar Cascelli de Azevedo, e-mail: fazevedo@ufsj.edu.br

TEIXEIRA, F.D. & AZEVEDO, F.C.C. **Honeydew foraging by birds in an Atlantic Forest fragment of Minas Gerais State, Brazil**. Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/en/abstract?short-communication+bn03613042013

Abstract: Honeydew foraging by birds has been extensively documented in recent years. However, this interaction has been poorly documented in Brazil, with predominance of few species of birds foraging only in *Mimosa scabrella* trees. With the objective of describing the behavior of birds interacting with scale insects associated with trees, we conducted a study at the Serra de São José, Tiradentes, in the State of Minas Gerais, Brazil. Observations were recorded from June to July 2012. We observed 13 species of birds feeding on honeydew scale insects, eight never previously recorded. We observed individuals using aerial and surface maneuvers to collect the honeydew on the branches or reaching the droppings below the branches. These species were observed foraging individually, in pairs and also in large groups. Our results suggest that honeydew excretion from scale insects associated with *Pseudopiptadenia leptostachya* trees represents an important energy source for local birds as observed in fragments of Atlantic Forest in the Minas Gerais State, southeast region of Brazil.
Keywords: *trophic connections, excretion, insects, behavior maneuvers, Serra de São José.*

TEIXEIRA, F.D. & AZEVEDO, F.C.C. **Forrageamento de excreções líquidas açucaradas por aves em um fragmento de Floresta Atlântica de Minas Gerais**. Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/pt/abstract?short-communication+bn03613042013

Resumo: O uso de excreções líquidas açucaradas por aves tem sido amplamente divulgado nos últimos anos. No entanto, estudos acerca desta interação são escassos no Brasil, sendo que os poucos existentes relatam apenas algumas espécies de aves forrageando a excreção de insetos presentes em uma única espécie de árvore (*Mimosa scabrella*). Com o objetivo de descrever o comportamento de aves interagindo com insetos excretores de líquidos açucarados associados com árvores, nós conduzimos um estudo na Serra de São José, município de Tiradentes em Minas Gerais, Brasil. Nossas observações foram feitas de Junho a Julho de 2012 e 13 espécies de aves foram registradas forrageando a excreção, sendo que oito delas nunca haviam sido anteriormente registradas envolvidas neste tipo de interação. Nós observamos indivíduos usando manobras aéreas e na superfície das árvores para coletar a excreção nos galhos ou alcançar gotículas debaixo dos troncos. Estas espécies foram observadas forrageando individualmente, em pares ou em grandes grupos. Nossos resultados sugerem que a excreção açucarada excretada por insetos associados com árvores mamica-de-porca (*Pseudopiptadenia leptostachya*), representa uma importante fonte de energia para as aves, conforme observado em fragmentos de mata Atlântica no Estado de Minas Gerais, sudeste do Brasil.
Palavras-chave: *conexões tróficas, excreção, insetos, manobras comportamentais, Serra de São José.*

Introduction

Honeydew foraging by birds has been extensively documented as a result of an important interaction with scale insects (Hemiptera, Coccoidea) (Gamper & Koptur 2010, Beggs 2001, Gaze & Clout 1983, Greenberg et al. 1993, Jirón & Salas 1975, Koster & Stoewesand 1973, Latta et al. 2001, Murphy & Kelly 2003, Paton 1980, Woinarski 1984). Scale insects need large amounts of phloem to fulfill their nutrient demands and therefore excrete large amounts of honeydew, which is sugary waste rich in carbohydrates and amino acids. The excretion is done through small drops of honeydew at the end of a long anal filament (Williams & Williams 1980). In some ecosystems, the use of honeydew by ants, wasps and bees has been recorded (Bach 1991, Moller & Tilley 1989, Didham 1993). The use of honeydew may represent the primary source of carbohydrates to a large array of wildlife and may improve trophic connections (Grant & Beggs 1989).

In Brazil honeydew foraging by birds has been poorly documented, with predominance of scale insects associated with bracatinga trees (*Mimosa scabrella* Benth). Species of hummingbirds such as *Leucochloris albicollis* (Vieillot, 1818) and *Chlorostilbon lucidus* (Shaw, 1812) have been recorded foraging on scale insects mostly in the Santa Catarina State, south region of the country (Reichholf & Reichholf 1973). Besides hummingbirds, groups of other species of birds, such as *L. albicollis*, *Parula pitiayumi* (Vieillot, 1817), *Tangara peruviana* (Desmarest, 1806), *Stephanophorus diadematus* (Temminck, 1823), *Tachyphonus coronatus* (Vieillot, 1822), *Saltator similis* (d'Orbigny & Lafresnaye, 1837) and *Zonotrichia capensis* (Müller, 1776) have been recorded foraging in one bracatinga tree of approximately 12 meters, in the northern area of Santa Catarina State (Sick 1988, L.A. Rosário pers. comm.). In another occasion, a group comprised of eight maroon-bellied parakeets (*Pyrrhura frontalis,* Vieillot, 1817), was also recorded in one *Mimosa scabrella* tree in the highland forests of the same State (Rosário 1996). Our objective was to describe the behavior of birds interacting with scale insects associated with trees in the southeastern region of Brazil and discuss the importance of this interaction.

Material and Methods

This study was conducted at the Serra de São José, a mountain range near the town of Tiradentes, in the State of Minas Gerais, Brazil. The region is located in the ecotone of the Cerrado and semi-deciduous portions of the Atlantic Forest (Oliveira-Filho & Machado 1993). The vegetation is very diversified (Carvalho et al. 1994), originally comprised by a complex mosaic of forest patches, Cerrado and opens fields of campos rupestres (Eiten 1982). The tropical climate of the region is characterized by rainy summers and dry winters. Mean annual precipitation and temperature at the base of the mountain range were 1.514-1.588 mm and 19,3- 20,1 °C respectively, whereas at the upper montane area were 1.536-1.605 mm and 14,8-18,6 °C (Pereira et al. 2007). Approximately 70% of the rains occur between November and February.

The fragment where observations were recorded was located at an altitude of approximately 1000 meters (21° 6' 6.79" S and 44° 10' 53.30" W) in a semi-deciduous fragment of forest along the southern border of the study area. The fragment was comprised by medium-sized trees of approximately 16 meters in the interior portion of the semi-deciduous forest.

Observations were recorded from June (15th, 17th, 18th, 19th and 26th) to July (7th), 2012. The number of birds visiting the trees, species and total time spent in the tree by each bird, were recorded during 3 hours observation periods. Observations were made using binoculars (Bushnell 8×40 mm) during the first hours of the morning (7:00-10:30 hours) and between 15:00-17:30 hours in the afternoon. All the birds visiting the trees were followed visually to determine whether they were feeding on scale insect honeydew or performing another sort of behavior. Feeding behaviors or intraspecific interactions (chasing behavior or physical contact) not direct related to honeydew feeding were recorded by taking photographs (Canon Powershot SX30) of birds. We assumed that each picture corresponded to one independent event of feeding behavior since individual identification of birds was not accomplished visually. To guide our interpretation of different behaviors performed by the birds, we use descriptions suggested by Volpato & Mendonça-Lima (2002), based on Remsen & Robinson (1990).

Results

We recorded a total of 16 bird species visiting trees during our six different observation periods (four periods during the mornings of 15, 17, 26 of June, and 07 of July, and two in the afternoons of 18 and 19 of June). Of those 16 bird species, 13 (81%) were observed feeding on honeydew scale insects (Table 1). All individual observation trees were determined to be *Pseudopiptadenia leptostachya* (Benth). The other three species were visiting the trees to either feed on other species of insects (*Florisuga fusca* Vieillot, 1817, and *Sittasomus griseicapillus* Vieillot, 1818) or just resting (*Amazilia versicolor* Vieillot, 1818). All bird species were considered resident to the study area.

Honeydew feeding behavior differed among observed birds. On four periods (15, 17, 18 and 26 of June) we observed single individuals of five species (*Leucochloris albicollis*, *Amazilia lacteal,* Lesson, 1832, *Thalurania glaucopis* Gmelin, 1788*, Tangara cyanoventris* Vieillot, 1819, and *Chlorostilbon lucidus*) using sally-hover aerial maneuvers for feeding on honeydew. Among these species, only *Leucochloris albicollis* was observed foraging in large numbers of approximately twelve individuals.

Other eight species of birds were observed foraging honeydew using surface maneuvers either gleaning to collect the honeydew on the branches or reaching the droppings below the branches. These species were observed on three periods (17 and 26 of June and 07 of July) foraging individually (*Tangara palmarum* Wied, 1823, *Dacnis*

Table 1. Bird species visits to scale insects on mamica-de-porca trees in a semi-deciduous fragment of forest at the Serra de São José, Minas Gerais State, Brazil (June to July, 2012). The use of honeydew is indicated by Y = yes, N = no. Behavior status (A = aerial, S= surface).

Species	Use of honeydew	Behavior type
Leucochloris albicollis	Y	A
Chlorostilbon lucidus	Y	A
Parula pitiayumi	Y	S
Tachyphonus coronatus	Y	S
Amazilia lactea	Y	A
Thalurania glaucopis	Y	A
Tangara sayaca	Y	S
Tangara cayana	Y	S
Tangara cyanoventris	Y	A
Coereba flaveola	Y	S
Tangara palmarum	Y	S
Dacnis cayana	Y	S
Hemithraupis ruficapilla	Y	S
Florisuga fusca	N	-
Sittasomus griseicapillus	N	-
Amazilia versicolor	N	-

cayana Linnaeus, 1766, *Tachyphonus coronatus, Parula pitiayumi*, *Tangara cayana* Linnaeus, 1766, and *Coereba flaveola* Linnaeus, 1758), in pairs (*Tangara sayaca* Linnaeus, 1766, and *Hemithraupis ruficapilla* Vieillot, 1818), in groups of three individuals being two adults and one young (*Tangara sayaca*) or groups of approximately ten individuals (*Tangara cyanoventris*).

Three other species were observed foraging insects either on the canopy (*Florisuga fusca, Sittasomus griseicapillus*) or on the understory (*Amazilia versicolor*) of *Pseudopiptadenia leptostachya* trees. However we could not confirm the foraging of honeydew by these species. In addition to bird species, we observed a large amount of bees (*Trigona* sp.) feeding on honeydew on the 18 of June. During this observation period, we did not record birds foraging on honeydew while bees were present at the trees.

Discussion

Our results show high incidence of movement among local birds towards *Pseudopiptadenia leptostachya* trees for foraging honeydew. These results suggest that honeydew excretion represents an important energy source for local birds. This fact seems to be supported by our observations of approximately 12 birds of the same species feeding at the same time and a total of 13 different species foraging along six different observation periods.

Honeydew excretion is considered an important carbohydrate source for several animals (Gaze & Clout 1983, Grant & Beggs 1989) because it is more easily metabolized (almost totally) in comparison with other types of food, like invertebrates (approximately 70% of metabolization) (Bell 1990). Moreover, the cost of foraging on honeydew is lower than foraging for invertebrates, particularly those more difficult to find and capture (Murphy & Kelly 2003).

Hierarchy of dominance and spatial segregation have already been reported among Trochilidae (Antunes 2003). Indeed, larger individuals seem to dominate over areas with higher resource availability (Camfield 2006, Lara et al. 2009, 2011), while smaller species feed either on the top of the canopy or near to bottom of the trees´ bark (Lara et al. 2009, 2011). However, our results suggest that *Thalurania glaucopis*, which is a larger species than *Leucochloris albicollis and Amazilia lactea* (Sick 1988), was less abundant and fed only on the bottom portion of the trees bark. Although considered an aggressive species that dominate food resources (Persegona et al. 2009), it is commonly found inhabiting the understory or medium strata of the forest, while other species occupy the canopy (Parker III et al. 1996). This might explain the minimum contact among Trochilidae species during our study.

Our results show that birds presented two different types of behavior while foraging on honeydew. Birds either used aerial maneuvers or surface maneuvers. In the first case, birds normally performed sally-hover movements for foraging while in the second case they gleaned to collect the honeydew on the branches or reached the droppings below the branches. While the Apodiformes performed only aerial maneuvers to forage on honeydew available on the branches or below them, all the Passeriformes but *Tangara cyanoventris*, fed exclusively through surface maneuvers. Therefore it seems that Passeriformes had a wider array of spatial behavior strategies while exploring honeydew.

Our results show a spatial interaction between birds and honeybees at least in one of our observation periods. While no antagonistic interactions between nectarivorous birds and insects such as wasps have been reported in previous studies (Gaze & Clout 1983), this bee species seems to represent an annoyance to humming bird species (Sick 1988).

Of the thirteen bird species recorded by this study, eight had not been previously recorded foraging on honeydew. There has been a known interaction between *Coereba flaveola* and scale insects (Coccoidea) in the subtropical dry forests at Dominican Republic (Latta et al. 2001). However, this is the first report recording the use of honeydew by this species in Brazil. For the species recorded in our study, previous reports indicate the use of honeydew by only *Leucochloris albicollis*, *Chlorostilbon lucidus* (Reichholf & Reichholf 1973, Sick 1988), *Parula pitiayumi* and *Tachyphonus coronatus* (Sick 1988). Moreover, all reports have occurred in the Santa Catarina State, in the south of Brazil and only in the *Mimosa scabrella* trees. Our results suggest that honeydew excretion associated with *Pseudopiptadenia leptostachya* trees represents an important energy source for local birds as observed in fragments of Atlantic Forest in the Minas Gerais State, southeastern region of Brazil.

Despite the apparent importance and relevance of the behaviors herein documented, studies about the use of honeydew by birds in Brazil are scant. Some aspects such as seasonality of honeydew foraging, identification of other insects involved in the interactions and behavioral aspects of the foraging are unknown and more studies should be performed to elucidate the importance of such resource for birds.

Acknowledgments

We would like to thank Lenir Rosário for her contribution to this manuscript. We thank Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) for the financial support and the Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais (IEF) for license to conduct this project and for institutional support.

References

ANTUNES, A.Z. 2003. Partilha de néctar de Eucalyptus spp., territorialidade e hierarquia de dominância em beija-flores (Aves: Trochilidae) no sudeste do Brasil. Ararajuba 11(1):39-44.

BACH, C.E. 1991. Direct and indirect interactions between ants (Pheidole megacephala), scales (Coccus viridis) and plants (Pluchea indica). Oecologia 87:233-239. http://dx.doi.org/10.1007/BF00325261

BEGGS, J.R. 2001. The ecological consequences of social wasps (Vespula spp.) invading an ecosystem that has an abundant carbohydrate resource. Biol. Conserv. 99:17-28. http://dx.doi.org/10.1016/S0006-3207(00)00185-3

BELL, G.P. 1990. Birds and mammals on an insect diet: a primer on diet composition analysis in relation to ecological energetics. In: MORRISON, M.L., RALPH, C.J., VERNER, J. & JEHL, J.R. (Eds.). Avian foraging: theory, methodology and applications. Cooper Ornithological Society, Lawrence, Kansas, p.416-422.

CAMFIELD, A.F. 2006. Resource value affects territorial defense by broad-tailed and rufous hummingbirds. J Field Ornithol. 77:120-125. http://dx.doi.org/10.1111/j.1557-9263.2006.00031.x

CARVALHO, M.M., EVANGELHISTA, A.R. & CURI, N. 1994. Desenvolvimento fisiográfico de pastagens na zona fisiográfica Campos das Vertentes, MG. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Escola Superior de Agricultura de Lavras, Coronel Pacheco, 127p.

DIDHAM, R.K. 1993. The influence of honeydew on arthropods associated with beech trees in New Zealand. New Zeal. Nat. Sci. 20:47-53.

EITEN, G. 1982. Brazilian savannas. In: HUNTLEY, B.J. & WALKER, B.H. (Eds.). Ecology of tropical savannas. Springer-Verlag, Berlin, p.25-47. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-68786-0_3

GAZE, P.D. & CLOUT, M.N. 1983. Honeydew and its importance to birds in beech forest of the South Island, New Zealand. New Zeal. J. Ecol.6:33-37.

GAMPER, H.A. & KOPTUR, S. 2010. Honeydew foraging by birds in tropical montane forests and pastures of Mexico. J. Trop. Ecol. 26:335-41. http://dx.doi.org/10.1017/S0266467409990654

GREENBERG, R., MACIAS, C.C. & BICHIER, P. 1993. Defense of homopteran honeydew by birds in the Mexican highlands and other warm temperate forests. Oikos 68:519-524. http://dx.doi.org/10.2307/3544920

GRANT, W.D. & BEGGS, J.R. 1989. Carbohydrate analysis of beech honeydew. New Zeal. J. Zool. 16:283-288. http://dx.doi.org/10.1080/03014223.1989.10422893

JIRÓN, L. & SALAS, S. 1975. Simbiosis entre "cochinillas de cola" (Coccidoidea: Margarodidae) y otros insectos. I. Los componentes del sistema simbiótico en la tierra alta de Costa Rica. Brenesia 5:67-71.

KOSTER, F. & STOEWESAND, H. 1973. Schildläuse als Honigtaulieferanten für Kolibris und Insekten. Bonn. Zool. Beitr. 24:15-23.

LARA, C., LUMBRERAS, K. & GONZÁLEZ, M. 2009. Niche partitioning among hummingbirds foraging on *Penstemon roseus* (Plantaginaceae) in central Mexico. Ornitol. Neotrop. 20:73-83.

LARA, C., MARTINEZ-GARCIA, V., ORTIZ-PULIDO, R., BRAVO-CADENA, J. & CORDOBA-AGUILAR, A. 2011. Temporal-spatial segregation among hummingbirds foraging on honeydew in a temperate forest in Mexico. Current Zool. 57:56-62.

LATTA, S.C., GAMPER, H.A. & TIETZ, J.R. 2001. Revising the convergence hypothesis of avian use of honeydew: evidence from Dominican subtropical dry forest. Oikos 93:250-259. http://dx.doi.org/10.1034/j.1600-0706.2001.930208.x

MOLLER, H. & TILLEY, J.A.V. 1989. Beech honeydew: seasonal variation and use by wasps, honey bees, and other insects. New Zeal. J. Zool. 16: 289-302. http://dx.doi.org/10.1080/03014223.1989.10422894

MURPHY, D.J. & KELLY, D. 2003. Seasonal variation in the honeydew, invertebrate, fruit and nectar resource for bellbirds in a New Zealand mountain beech forest. New Zeal. J. Ecol.27:11-23.

OLIVEIRA-FILHO, A.T. & MACHADO, J.N.M. 1993. Composição florística de uma floresta semidecídua montana, na Serra de São José, Tiradentes, MG. Acta Bot. Bras. 7:71-88. http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33061993000200004

PATON, D.C. 1980. The importance of manna, honeydew, and lerp in the diets of honeyeaters. Emu 80:213-226.

PARKER III, T. A., STOTZ, D.F. & FITZPATRICK, J.W. 1996. Ecological and distributional databases. In: STOTZ, D. F., FITZPATRICK, J.W., PARKER III, T.A. & MOSKOVITS, D.K. (Eds.). Neotropical birds: ecology and conservation. Univ. Chicago Press, Chicago, 478p.

PERSEGONA, J.E., CORRÊA, L.& ROPER, J. J. 2009. Interações estacionais entre beija-flores (Trochilidae) em uma região de ecótone no município de Piraquara, Paraná. Estud. Biol. 31:49-58.

PEREIRA, J.A.A., OLIVEIRA FILHO, A.T. & LEMOS-FILHO, J.P. 2007. Environmental heterogeneity and disturbance by humans control much of the tree species diversity of fragments of tropical montane seasonal forests in SE Brazil. Biol. Conserv. (16):1761-1784. http://dx.doi.org/10.1007/s10531-006-9063-4

REICHHOLF, H. & REICHHOLF, J. 1973. "Honigtau" der BracatingaSchildlaus als Winternahrung von Kolibris (Trochilidae) in Sud-Brasilien. Bonn. Zool. Beitr. 24:7-14.

REMSEN, J.V. & ROBINSON, S. K. 1990. A classification scheme for foraging behavior of birds in terrestrial habitats. Stud. Avian Biol. 13:144-160.

ROSÁRIO, L.A. 1996. As aves em Santa Catarina: distribuição geográfica e meio ambiente. Editora FATMA, Florianópolis, 326p.

SICK, H. 1988. Ornitologia brasileira, uma introdução, v. 1. Editora Universidade de Brasília, Brasília, 827p.

VOLPATO, G.H. & MENDONÇA-LIMA, A. 2002. Estratégias de forrageamento: proposta de termos para a língua Portuguesa. Ararajuba 10:101-105.

WILLIAMS, J.R. & WILLIAMS, D.J. 1980. Excretory behaviour in soft scales (Hemiptera: Coccoidae). B. Entomol. Res. 70:253-257. http://dx.doi.org/10.1017/S0007485300007513

WOINARSKI, J.C.Z. 1984. Small birds, lerp-feeding and the problem of honeyeaters. Emu 84:137-141. http://dx.doi.org/10.1071/MU9840137

Received 07/08/2013
Revised 10/30/2013
Accepted 12/07/2013

Using fish assemblages in different habitats to develop a management plan for the Upper Essequibo Conservation Concession, Guyana

Philip Wesley Willink[1,3,4], Eustace Alexander[2] & Christopher Campbell Jones[1]

[1]The Field Museum, 1400 South Lake Shore Drive, Chicago, IL, 60605, USA
[2]Conservation International – Guyana, 266 Forshaw Street, Queenstown, Georgetown, Guyana
[3]John G. Shedd Aquarium, Daniel P. Haerther Center for Conservation and Research, 1200 South Lake Shore Drive, Chicago, IL, 60605, USA
[4]Corresponding author: Philip Wesley Willink, e-mail: pwillink@sheddaquarium.org

WILLINK, P.W., ALEXANDER, E. & JONES, C.C. **Using fish assemblages in different habitats to develop a management plan for the Upper Essequibo Conservation Concession, Guyana.** Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/en/abstract?inventory+bn02713042013

Abstract: The Upper Essequibo Conservation Concession is a reserve in central-eastern Guyana managed by Conservation International. The site is uninhabited by people and poorly studied. The first scientific fish survey was in 2007 in conjunction with the filming of the BBC nature documentary *Lost Land of the Jaguar*. Aquatic habitats were primarily flowing water, ranging from the main channel of the Essequibo River to small forest creeks. Ponds and seasonally flooded forests were uncommon. Large predatory fishes were abundant in the Essequibo River. Fishes tolerant of low oxygen levels were common in flooded forests and small forest creeks. There was zero similarity between the fish assemblages of the Essequibo River and flooded forests / small forest creeks. The rest of the habitats and fish assemblages formed a continuum between these extremes. Imminent threats to the Upper Essequibo Conservation Concession include logging, mining, and over-fishing. Because of the heterogeneous distribution of fish assemblages, and because each threat will differentially affect different habitats, a two-pronged approach focusing on the ends of the habitat / fish assemblage continuum should be implemented in order to conserve the entire fish biodiversity of the Upper Essequibo Conservation Concession.
Keywords: *aquatic continuum, flooded forests, nature documentary, rapid assessment, fish.*

WILLINK, P.W., ALEXANDER, E. & JONES, C.C. **Utilizando comunidades de peces en diferentes hábitats para desarrollar un plan de manejo para la Upper Essequibo Conservation Concession, Guyana.** Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/pt/abstract?inventory+bn02713042013

Resumen: La Upper Essequibo Conservation Concession es una reserva en Guyana centro-oriental, administrada por Conservation International. El sitio está deshabitada por personas y mal estudiado. El primer estudio científico de peces fue en 2007 junto con la filmación del BBC documental naturaleza *Lost Land of the Jaguar*. Hábitats acuáticos fueron el canal principal del Río Essequibo a quebradas pequeñas del bosque. Lagos pequeños y bosques inundados estacionalmente eran infrecuentes. Grandes peces depredadores abundaban en el Río Essequibo. Peces tolerantes con bajos niveles de oxígeno eran comunes en quebradas pequeñas del bosque y bosques inundados. Hubo cero similitud entre las comunidades de peces del Río Essequibo y bosques inundados / quebradas pequeñas del bosque. El resto de los hábitats y comunidades de peces forma un continuum entre estos extremos. Las amenazas inminentes a la Upper Essequibo Conservation Concession incluyen deforestación, la minería y sobrepesca. Debido a la distribución heterogénea de comunidades de peces y porque cada amenaza diferencialmente afectarán a diferentes hábitats, un enfoque doble centrándose en los extremos del hábitat / comunidades de peces continuum debe aplicarse con el fin de conservar la biodiversidad de peces entero de la Upper Essequibo Conservation Concession.
Palavras clave: *continuum acuático, bosques inundados, documental de naturaleza, evaluación rápida, peces.*

Introduction

Improving scientific information from conservation sites is crucial for guiding policy and management decisions. Scientific information can also be used to highlight the biological importance of sites, attract funding to support management, and demonstrate existing opportunities for biodiversity conservation. An example is the Upper Essequibo Conservation Concession (UECC) managed by Conservation International – Guyana.

The UECC – a High Biodiversity Wilderness Area of the Guianas Region located within the State's Forestry Zone of Guyana – is within a region designated to be important for conservation at a Priority Setting Workshop held in Suriname (Conservation International 2003). In order to safe-guard this site from the potential pressures associated with economic development until national protective legislation is enacted, Conservation International has been granted a conservation concession by the Government of Guyana. In essence, Conservation International leases forestry rights, but does not actually log the concession. This allows the site to be managed for biodiversity conservation while, at the same time, principal resource owners and stakeholders are compensated for lost economic opportunities.

However, despite the natural beauty of the pristine area, little was known about the region's biodiversity. The situation changed when the British Broadcasting Corporation (BBC) Natural History Unit became interested in the UECC not only because of its pristine state, biodiversity, and remote locality, but also by its concept and the fact that the site is in one of the few remaining unstudied areas of the Guiana Shield. Conservation International – Guyana, on the other hand, required baseline scientific data and the international promotion of the UECC and its concept. This led to a collaboration between the two organizations that allowed the UECC to be part of the BBC wildlife series known as *Lost Land of the Jaguar* (AKA *Expedition Guyana* or *Lost World: Land of the Giants*). A major spin-off of this collaboration was a demonstration of the new role that can be played by international media in facilitating the improvement of global knowledge on biodiversity. And it provided an opportunity to conduct a scientific survey of the aquatic habitats within the UECC.

Some of Guyana's fishes have been the subject of scientific investigation (Lasso et al. 2008). For example, Eigenmann (1912), Mol (2002), Hardman et al. (2002), Watkins et al. (2005), and Lasso et al. (2008) studied fishes primarily along the Rupununi River and lower and middle sections of the Essequibo River, but the upper areas are not well known. There remains a great deal of uncertainty regarding the total number of fish species existing in Guyana. Prior to this survey, it had been estimated that Guyana has over 700 species of fishes, more than 400 of which are recorded for the Iwokrama Forest alone (Watkins et al. 2005). Since many areas in the country are yet to be studied it is believed that the number of fish species in Guyana could be higher. There are several reasons for this paucity of data: limited national capacity, inaccessibility, high travel costs, hostile terrain, and treacherous cataracts in the upper reaches of most waterways being the most significant. The most pristine areas with the highest biodiversity of the country often are the most difficult to reach.

There are only a few national parks or reserves in Guyana, and none are located in the upper Essequibo River watershed. This ichthyological survey was the first to be conducted in the UECC. Therefore the data presented here is not only an improvement on the knowledge of fishes in the Essequibo River, but for Guyana as a whole.

1. Description of study site

The UECC occupies approximately 81,000 hectares of intact tropical rainforest straddling the Essequibo River just south of latitude four degrees North in the North Rupununi Region of Guyana (Figure 1). The terrain is gently sloping to hilly with elevations ranging between 90 meters to approximately 260 meters above sea level. The northern section of the site is relatively flatter and lower than the southern edge; consequently the North tends to be swampier than the South. The Essequibo River is the principal drainage channel with secondary drainage provided by Cocoa, Smyths, and Pouice creeks and another unnamed creek at the south-eastern boundary. These main waterways are augmented by an abundance of smaller tributaries which complement the drainage system and contribute to seasonal flooding. Because of the remote location and negligible human impacts, the UECC may serve as refugia for many aquatic species.

Except for timber inventories, a non-timber floristic survey, and a few qualitative faunal observations, the biodiversity of the site remains poorly understood. Observations during this expedition included 19 species of bats, 16 species of amphibians, and significant

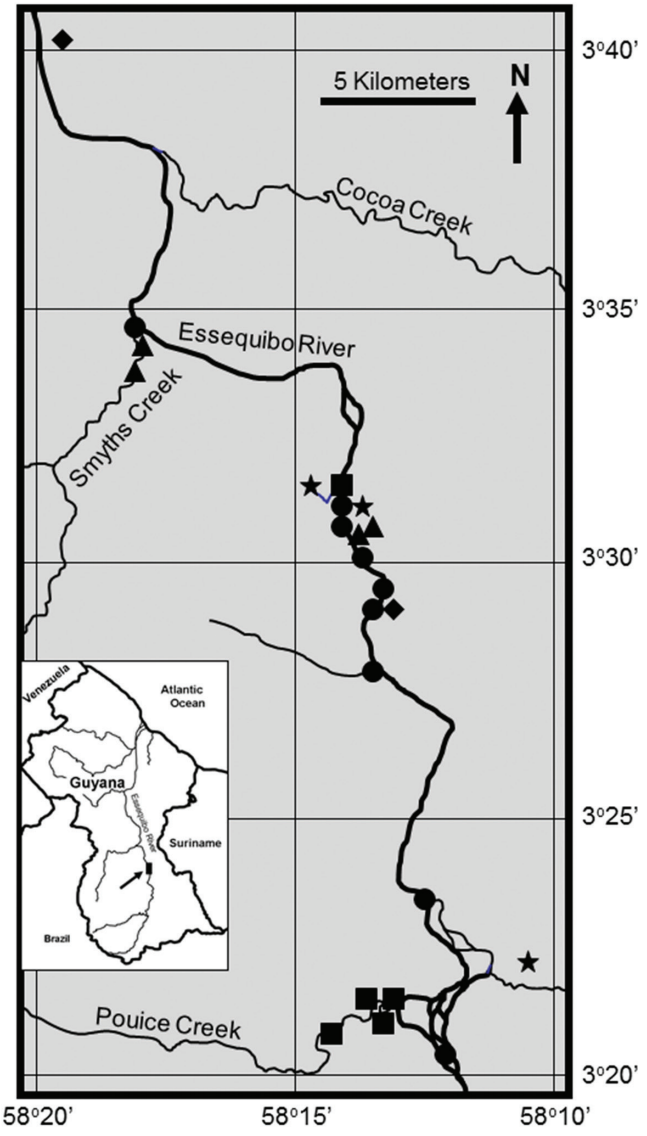


Figure 1. Map of Upper Essequibo Conservation Concession showing sampling stations and their habitat. Larger river = circle, Medium river – sand = square, Medium river detritus - triangle, Small forest creek = star, Flooded forest = diamond.

populations of tarantulas (*Theraphosa blondi* (Latreille 1804)), giant armadillo (*Priodontes maximus* (Kerr 1792)), giant otter (*Pteronura brasiliensis* (Gmelin 1788)), black caiman (*Melanosucher niger* (Spix 1825)), and jaguar (*Panthera onca* (Linnaeus 1758)).

Material and Methods

The fishes of the UECC were surveyed between September 15 and 30, 2007. Specimens were collected using 5 meter × 1.5 meter seines, 40 meter × 2 meter and 10 meter × 2 meter gillnets, Fyke nets, dipnets, as well as hook and line. Every available type of aquatic habitat in the accessible portions of the reserve was sampled. This resulted in 25 sampling stations scattered throughout various sub-basins (Figure 1).

Specimens were preserved in 4% formalin, rinsed in water, and then transferred to 70% ethanol for long-term storage. All identifications were made at The Field Museum, Chicago, Illinois, USA.

Aquatic habitats were divided into five categories based primarily on stream flow and composition of the basement material (bedrock, boulders, sand, mud, leaves, sticks, etc.) (Table 1). Each sampling station and its associated fishes were assigned to a habitat type.

A cluster analysis was conducted in STATISTICA 5.5 using shared and unshared species among habitats. The hierarchical tree was computed based on single linkage and Euclidean distances.

Comparisons between lists of species for each habitat were made using the Tripartite Similarity Index (TSI) (Tulloss 1997). This index uses three 'cost functions' to calculate the similarity between lists (shared taxa), dissimilarity between lists (unshared taxa), and difference in size between lists. The three 'cost functions' are multiplied together to yield a single value.

EstimateS 8.2.0 was used to estimate species richness (Colwell 2009). The Classic option was used to compute Chao1 and Chao2.

Results

A total of 109 species were recorded during the expedition (Appendix). The number of species per habitat generally reflected the amount of water or stream width (Table 2). The exception was Large River which had fewer species than stream width would have predicted. A similar pattern emerged for current, ranging from swift to none. Type of bottom sediment reflected current velocity.

No species were found in all five habitats. Five species were found in four habitats (*Curimatopsis crypticus* Vari 1982, *Hemigrammus ocellifer* (Steindachner 1882), *Hyphessobrycon minor* Durbin 1909, *Moenkhausia colletti* (Steindachner 1882), and *Pyrrhulina stoli* Boeseman 1953), nine species in three habitats, 26 species in two habitats, and 69 species in one habitat.

The cluster analysis revealed a continuum ranging from Large River to Medium River – Sand to Medium River – Detritus to Small Forest Creek to Flooded Forest (Figure 2). Large River was the habitat most distant from all the others, followed by Medium River – Sand. The remaining three habitats were more closely linked.

The Tripartite Similarity Indices (TSI) reflected the cluster analysis (Table 3). Large River was most similar to Medium River – Sand (TSI = 0.185), followed by Medium River – Detritus (TSI = 0.076). There was no overlap in species between Large River and Small Forest Creek or Flooded Forest, yielding TSIs = 0. Overall, the lowest TSIs were comparisons made between Large River and any other habitat.

The highest TSI was Medium River – Detritus versus Small Forest Creek (TSI = 0.469), followed by Medium River – Sand versus Medium River – Detritus (TSI = 0.460). Intermediate values were Flooded Forest versus Small Forest Creek (TSI = 0.356) and Flooded Forest versus Medium River – Detritus (TSI = 0.315).

Medium River – Sand and Large River combined account for 79.8% of the species total (Figure 3). With the addition of Small Forest Creek, the three habitats account for 92.7% (Chernoff et al. 2004).

The species accumulation "curve" shows an initial burst in collection of species, followed by a plateau, then a sustained increase in the number of species discovered, and finally another plateau near 109 (Figure 4). The portions of the "curve" with higher slopes correlate with the exploration of novel habitats.

For species richness, EstimateS calculated Chao1 = 170.54, which was greater than the Abundance-based Coverage Estimator. The Incidence-based Cover Estimator = 185.59, which was greater than Chao2 (Colwell 2009).

Discussion

Baseline scientific data are necessary to make informed conservation and management decisions. This can be particularly challenging in many South American reserves that are difficult to

Table 1. General aquatic habitat characterization in the Upper Essequibo Conservation Concession.

Habitat	Stream Width	Bottom	Current	Number of Sampling Stations
Large River	40-couple hundred meters	Boulders, bedrock, some sand	Swift to moderate	10
Medium River – Sand	10-20 meters	Sand	Moderate	5
Medium River – Detritus	2-25 meters	Detritus (leaves, sticks, mud)	Moderate	5
Small Forest Creek	< 2 meters	Detritus (leaves, sticks, mud)	Slow	3
Flooded Forest	Not applicable	Detritus (leaves, sticks, mud)	None	2

Table 2. Number of fish species per habitat and number of unique fish species per habitat in the Upper Essequibo Conservation Concession.

Habitat	Number of Species	% of Total Number of Species (%)	Number of Unique Species	% Unique within Habitat (%)	% Unique of Total Number of Species (%)
Large River	43	39.5	32	74.4	29.4
Medium River – Sand	53	48.6	20	37.7	18.4
Medium River – Detritus	30	27.5	2	6.7	1.8
Small Forest Creek	26	23.9	10	38.5	9.2
Flooded Forest	16	14.7	5	31.3	4.6

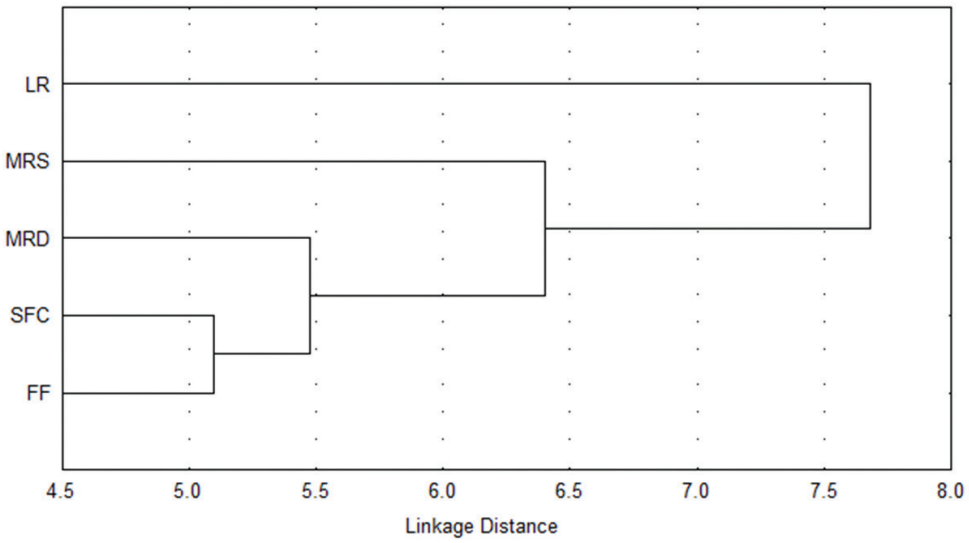


Figure 2. Cluster analysis using shared and unshared species to make comparisons among habitats in the Upper Essequibo Conservation Concession. LR = large river, MRS = medium river - sand, MRD = medium river - detritus, SFC = small forest creek, FF = flooded forest adjacent to seasonal pond.

Table 3. Number of shared species (upper right-hand corner) and Tripartite Similarity Indices (lower left-hand corner) among habitats in the Upper Essequibo Conservation Concession. LR = large river, MRS = medium river – sand, MRD = medium river – detritus, SFC = small forest creek, FF = flooded forest adjacent to seasonal pond.

	LR	MRS	MRD	SFC	FF
LR	-----	9	3	0	0
MRS	0.185	-----	21	12	9
MRD	0.076	0.460	-----	13	8
SFC	0	0.270	0.469	-----	8
FF	0	0.215	0.315	0.356	-----

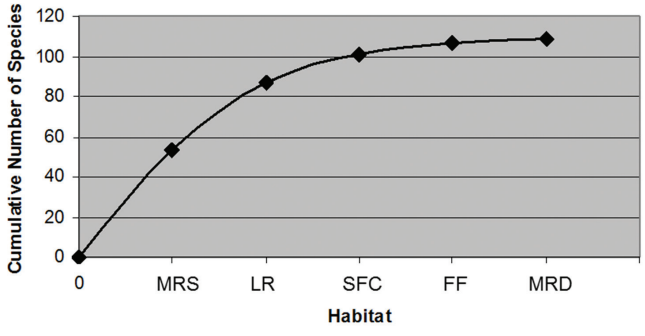


Figure 3. Cumulative number of species by habitat in the Upper Essequibo Conservation Concession. LR = large river, MRS = medium river – sand, MRD = medium river – detritus, SFC = small forest creek, FF = flooded forest adjacent to seasonal pond.

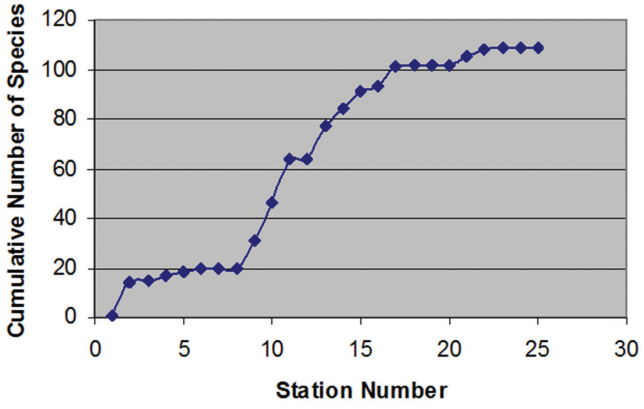


Figure 4. Accumulation of species collected in the Upper Essequibo Conservation Concession from September 15 to 30, 2007. Station numbers arranged chronologically.

reach and have never been systematically surveyed. But these areas are also incredibly important because they have not been affected by humans and constitute some of the last remaining vestiges of pristine landscape. Any data collected in these localities are valuable.

The expedition collected 109 species in the UECC. This is comparable to similar expeditions in the region, such as 112 species in the Coppename River (Mol et al. 2006) and 99 species in the Sipaliwini River (Willink et al. 2011). But there are undoubtedly more than 109 species within the reserve. EstimateS calculated 171-186 species, and this seems like a reasonable estimate. We traveled as far as we could up Pouice Creek until our way was blocked by fallen trees and the stream was too shallow for our boat. The water level in Smyths Creek was high, making fish collecting difficult. And the entrance to Cocoa Creek was completely blocked by dense vegetation. Surveying other interior streams would require long, laborious treks through the jungle. The UECC should also be surveyed at different times of the year to account for seasonal effects. By the end of our expedition, we were catching largely the same species over and over

again. Additional fieldwork is necessary to completely describe the fishes of the UECC, but we collected enough fishes to preliminarily characterize the primary habitats within the reserve and to begin making management recommendations.

Our data indicate that fish species are not distributed randomly or homogeneously across the landscape of the UECC. They are found in particular habitats, although the habitat requirements of some species are not as strict as those of other species. This has also been documented in the Rupununi watershed, with the most dramatic differences between savannah ponds and the main channel of the river (Lowe-McConnell 1964, de Souza et al. 2012).

For ease of analysis in our study, habitats were divided into discrete units, but this is rarely the case in nature. Rivers are known to be continuums (Horwitz 1978, Balon & Stewart 1983) and that is apparent here. Flooded Forests and Small Forest Creeks are the initial forms of surface water in which fishes live. These flow into Medium River – Detritus that gradually transform into Medium River – Sand that empty into the Large River. The rate of this transformation can vary. For example, there are seasonal ponds within one kilometer of the Essequibo River, so there is a Flooded Forest flowing into a Small Forest Creek that empties directly into a Large River. The Medium River stage is absent, although the general continuum pattern is maintained.

The fishes reflect this continuum of habitats. There is a gradual change in species assemblages along the gradient, with no overlap between the extreme ends of the continuum (Large River versus Flooded Forest and Small Forest Creek) (Figure 2, Table 3). Both Silva et al. (2013) and Takahashi et al. (2013) found similar patterns in southern Brazilian streams. Upstream fish assemblages differed from downstream fish assemblages, and habitat played a role in constructing the pattern.

In the UECC, one end of the continuum, Flooded Forests and Small Forest Creeks, can change dramatically over the year. During the rainy season, water is available. But during the dry season, the habitats shrink in size, and sometimes disappear altogether. Fishes that can survive in several centimeters of water and are tolerant of low oxygen levels are most common. Body size also tends to be small. On the other end of the continuum, river levels fluctuate with the seasons in the Essequibo River, but water is always present. Current is usually faster. Oxygen is not typically a problem. Fish body size ranges from small to large. And there are more microhabitats to exploit.

When developing conservation plans, one often conducts a cost-benefit analysis to determine how to save the most species / habitats for the least amount of money. According to Figure 3, focusing on Medium River – Sand and Large River will save the habitats for approximately 80% of the fish species within the reserve. These two habitats are usually adjacent to each other along the central riverine corridor, so this eliminates the need to trek long distances through the jungle, and further facilitates implementation of a management plan. However, this approach would sacrifice the ecologically distinct species in the Flooded Forests and Small Forest Creeks.

Instead, a management plan needs to address the entire gradient of habitats by taking into consideration the primary threats to the reserve. In this case, the two classes of threats are targeting each end of the continuum. The first is logging and gold mining. Although no logging is allowed in the reserve, the areas around the UECC are actively being divided into forestry concessions. Small-scale gold miners are actively prospecting the watershed. If surrounding areas are cleared of trees, an increase in erosion followed by sedimentation of headwaters would be expected. Small Forest Creeks will be severely affected. Depending upon the amount of erosion and the topography of the basin, the sediment could travel all the way to the Essequibo River, affecting all aquatic habitats. The primary and most severe effect would be to Small Forest Creeks in the headwaters.

The second significant threat is over-fishing. This would target the Large River category because this is where the largest and most popular food fishes live. Large piranhas (e.g., *Serrasalmus rhombeus* (Linnaeus 1766)), pacus (e.g., *Myleus pacu* (Jardine 1841)), lukanani (*Cichla ocellaris* Bloch & Schneider 1801) and large catfishes (e.g., *Phractocephalus hemioliopterus* (Bloch & Schneider 1801)) are abundant in the Essequibo River. An abundance of large predatory fishes seems to be a common pattern for pristine regions of the Guiana Shield (Mol et al. 2006). Our guides delighted in catching them, and the entire expedition ate fish. But during the survey, it became more and more difficult to catch large fishes near the camp, forcing our guides to travel farther and farther to find food. A more detailed study is required to determine the productivity and fishery potential of the region, but our experience indicates that it could easily and rapidly be over-fished. No one lives in or near the UECC at the moment, but this is expected to change as Guyana develops.

A two-pronged management plan is recommended for the UECC, one part focusing on the headwaters (Small Forest Creek and Flooded Forest) and one part focusing on the main channel of the Essequibo River (Large River). By managing the two ends of the aquatic continuum, the intermediate gradient of habitats with their associated fishes has a greater probability of being conserved.

Acknowledgments

Stephen Backshall, Nicholas Allinson, Johnny Rogers, Dan Huertas, Edward Stafford, Amy Lathrop, Russel Mittermeier, Richard Rice, Mark Roberts, Eli, Nigel John, Fabian John, Dennis Alvin, Kevin, and various other fishermen helped us collect fishes. Stephen Greenwood, Timothy Martin, Daniel Huertas, Mandi Stark, Jonathan Young, Louise Ferguson, and Anne Backhouse made the BBC expedition possible. The Guyana Environmental Protection Agency provided permits. The directorate and management of Conservation International – Guyana facilitated the project.

References

BALON, E.K. & STEWART, D.J. 1983. Fish assemblages in a river with unusual gradient (Luongo, Africa - Zaire system), reflections on river zonation, and description of another new species. Environ. Biol. Fish. 9(3-4):225-252. http://dx.doi.org/10.1007/BF00692373

CHERNOFF, B., WILLINK, P.W. & MACHADO-ALLISON, A. 2004. Spatial partitioning of fishes in the Río Paraguay, Paraguay. Interciencia 29(4):183-192.

COLWELL, R.K. 2009. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. version 8.2. http://purl.oclc.org/estimates

CONSERVATION INTERNATIONAL. 2003. Conservation priorities for the Guyana Shield. (O. Huber & M.N. Foster, eds.). Conservation International, Center for Applied Biodiversity Science, Washington.

DE SOUZA, L.S., ARMBRUSTER, J.W. & WERNEKE, D.C. 2012. The influence of the Rupununi portal on distribution of freshwater fish in the Rupununi district, Guyana. Cybium 36(1):31-43.

EIGENMANN, C.H. 1912. The freshwater fishes of British Guiana, including a study of the ecological groupings of species and the relation of the fauna of the plateau to that of the lowlands. Mem. Carn. Mus. 5(1):1-578.

HARDMAN, M., PAGE, L.M., SABAJ, M.H., ARMBRUSTER, J.W. & KNOUFT J.H. 2002. A comparison of fish surveys made in 1908 and 1998 of the Potaro, Essequibo, Demerara, and coastal river drainages of Guyana. Ichthyol. Explor. Fres. 13(3):225-238.

HORWITZ, R.J. 1978. Temporal variability patterns and the distributional patterns of stream fishes. Eco. Monogr. 48(3):307-321. http://dx.doi.org/10.2307/2937233

LASSO, C.A., HERNANDEZ-ACEVEDO, J., ALEXANDER, E., SENARIS, J.C., MESA, L., SAMUDIO, H., MORA-DEY, J., MAGALHAES, C., SHUSHU, A., MAURUWANARU, E. & SHONI R., 2008. Aquatic biota: fishes, decapod crustaceans and mollusks of the Upper Essequibo River (Konashen COCA), Southern Guyana. In A rapid biological assessment of the Konashen Community Owned Conservation Area, Southern Guyana (L.E. Alonso, J. McCullough, P. Naskrecki, E. Alexander & H.E. Wright, eds.). Conservation International, Washington, p.43-54. RAP Bulletin of Biological Assessment 51.

LOWE-MCCONNELL, R.H. 1964. The fishes of the Rupununi savanna district of British Guiana, South America. J. Linn. Soc. (Zool.) 45(304):103-144. http://dx.doi.org/10.1111/j.1096-3642.1964.tb00490.x

MOL, J.H. 2002. A preliminary assessment of the fish fauna and water quality of the eastern Kanuku Mountains: lower Kwitaro River and Rewa River at Corona Falls. In A biodiversity assessment of the Eastern Kanuku Mountains, Lower Kwitaro River, Guyana (J.R. Montambault & O. Missa, eds.). Conservation International, Washington, p.38-42. RAP Bulletin of Biological Assessment 26.

MOL, J.H., WILLINK, P., CHERNOFF, B. & COOPERMAN, M. 2006. Fishes of the Coppename River, Central Suriname Nature Reserve, Suriname. In A rapid biological assessment of the aquatic ecosystems of the Coppename River Basin, Suriname (L.E. Alonso & H.J. Berrenstein,eds.). Conservation International, Washington, p.67-79. RAP Bulletin of Biological Assessment 39.

SILVA, J.F.M., RAIO, C.B., BERNARDINO, D.F.S. & BENNEMANN, S.T. 2013. Longitudinal patterns of fish assemblages in mountain streams from tropical forest biome. Biota Neotrop. 13(3): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/fullpaper?bn01213032013+en

TAKAHASHI, E.L.H., ROSA, F.R.T., LANGEANI, F. & NAKAGHI, L.S.O. 2013. Spatial and seasonal patterns in fish assemblage in Córrego Rico, upper Paraná River basin. Neotrop. Ichthyol. 11(1):143-152. http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252013000100017

TULLOSS, R.E. 1997. Assessment of similarity indices for undesirable properties and a new tripartite similarity index based on cost functions. In Mycology in sustainable development: expanding concepts, vanishing borders (M.E. Palm & I.H. Chapela, eds.). Parkway Publishers, Boone, North Carolina, p.122-143.

WATKINS, G., SAUL, W., HOLM, E., WATSON, C., ARJOON, D. & BICKNELL, J. 2005. The fish fauna of the Iwokrama Forest. P. Acad. Nat. Sci. Phil. 154(1):39-53. http://dx.doi.org/10.1635/0097-3157(2004)154%5B0039:TFFOTI%5D2.0.CO;2

WILLINK, P.W., WAN TONG YOU, K. & PIQUE, M. 2011. Fishes of the Sipaliwini and Kutari rivers, Suriname. In A rapid biological assessment of the Kwamalasamutu region, Southwestern Suriname (B.J. O'Shea, L.E. Alonso & T.H. Larsen, eds.). Conservation International, Washington, p.118-123. RAP Bulletin of Biological Assessment 63.

Received 03/08/2013
Revised 11/01/2013
Accepted 11/22/2013

Appendix. List of species collected in the Upper Essequibo Conservation Concession and the habitats in which they were found.

	Large River	Medium River - Sand	Medium River - Detritus	Small Forest Creek	Flooded Forest
Osteoglossiformes					
Osteoglossidae					
Osteoglossum bicirrhossum	X	-	-	-	-
Clupeiformes					
Engraulidae					
Anchoviella cf. *jamesi*	X	-	X	-	-
Characiformes					
Anostomidae					
Anostomus ternetzi	X	X	-	-	-
Leporinus maculatus	X	-	-	-	-
Leporinus nigrotaeniatus	X	-	-	-	-
Leporinus sp.	X	-	-	-	-
Characidae					
Acestrorhynchus microlepis	X	-	X	-	-
Agoniates halecinus	X	-	-	-	-
Aphyocharax erythrurus	X	X	-	-	-
Astyanax bimaculatus	-	-	-	-	X
Astyanax guianensis	-	X	-	-	-
Brycon falcatus	-	X	-	-	-
Brycon pesu	X	-	-	-	-
Bryconamericus hyphesson	X	X	-	-	-
Bryconops caudomaculatus	-	X	-	-	-
Chalceus macrolepidotus	X	-	-	-	-
Charax hemigrammus	-	-	-	-	X
Cynopotamus essequibensis	X	-	-	-	-
Hemigrammus analis	-	X	X	-	X
Hemigrammus aff. *boesmani*	-	-	-	-	X
Hemigrammus cylindricus	-	X	X	-	-
Hemigrammus erythrozonus	-	X	X	X	-
Hemigrammus ocellifer	-	X	X	X	X
Hemigrammus unilineatus	-	-	-	X	-
Heterocharax macrolepis	-	-	-	-	X
Hyphessobrycon minor	-	X	X	X	X
Hyphessobrycon rosaceus	-	-	X	X	-
Hyphessobrycon sp.	-	X	X	-	-
Jupiaba abramoides	-	-	-	X	-
Jupiaba polylepis	-	X	-	-	-
Moenkhausia chrysargyrea	-	X	-	X	X
Moenkhausia colletti	-	X	X	X	X
Moenkhausia cotinho	-	X	-	-	-
Moenkhausia hemigrammoides	-	X	-	X	X
Moenkhausia aff. *icae*	-	X	-	-	-
Moenkhausia aff. *inrai*	X	-	-	-	-
Moenkhausia aff. *lepidura*	-	X	X	-	-
Moenkhausia oligolepis	-	X	X	X	-
Myleus pacu	X	-	-	-	-
Phenacogaster microstictus	-	-	X	X	-
Poptella compressa	-	X	-	-	X
Pristobrycon calmoni	-	X	-	-	-
Serrasalmus rhombeus	X	X	-	-	-
Serrasalmus sp.	-	X	-	-	-
Tetragonopterus chalceus	X	X	-	-	-

Appendix. Continued...

	Large River	Medium River - Sand	Medium River - Detritus	Small Forest Creek	Flooded Forest
Chilodontidae					
Caentropis maculatus	-	X	-	-	-
Chilodus punctatus	-	X	-	-	-
Crenuchidae					
Characidium pteroides	-	X	X	-	-
Characidium sp.	X	-	-	-	-
Characidium steindachneri	-	X	-	X	-
Crenuchus spilurus	-	-	-	X	-
Curimatidae					
Curimatopsis crypticus	-	X	X	X	X
Cyphocharax spilurus	-	X	X	-	-
Psectrogaster essequibensis	-	X	-	-	-
Cynodontidae					
Hydrolycus armatus	X	-	-	-	-
Erythrinidae					
Hoplias aimara	X	X	-	-	-
Hoplias malabaricus	-	X	X	X	-
Gasteropelicidae					
Carnegiella strigata	-	-	X	X	X
Hemiodontidae					
Hemiodus sp.	X	-	-	-	-
Hemiodus unimaculatus	X	-	-	-	-
Lebiasinidae					
Nannostomus marginatus	-	-	-	X	-
Nannostomus unifasciatus	-	-	X	-	X
Pyrhulina stoli	-	X	X	X	X
Parodontidae					
Parodon guyanensis	X	-	-	-	-
Siluriformes					
Aspredinidae					
Bunocephalus verrucosus	-	-	-	-	X
Auchenipteridae					
Ageneiosus sp.	X	-	-	-	-
Auchenipterichthys coracoideus	X	-	-	-	-
Tatia creutzbergi	-	-	-	X	-
Callichthyidae					
Corydoras melanistius	-	X	-	-	-
Doradidae					
Acanthodoras spinosissimus	X	-	-	-	-
Amblydoras affinis	-	X	X	-	-
Physopyxis ananas	-	X	X	-	-
Heptapteridae					
Chasmocranus brevior	X	-	-	-	-
Loricariidae					
Ctenoloricaria platystoma	X	-	-	-	-
Hypoptopoma guianense	-	X	X	-	-
Hypostomus taphorni	-	X	-	-	-
Loricarichthys sp.	-	X	-	-	-
Loricarridae sp.	X	-	-	-	-
Parotocinclus britskii	X	X	-	-	-
Pseudancistrus nigrescens	X	-	-	-	-
Rineloricaria platyura	X	-	-	-	-
Rineloricaria sp.	-	X	-	-	-

Appendix. Continued...

	Large River	Medium River - Sand	Medium River - Detritus	Small Forest Creek	Flooded Forest
Pimelodidae					
Leiarius marmoratus	X	-	-	-	-
Megalonema platycephalum	-	X	-	-	-
Phractocephalus hemioliopterus	X	-	-	-	-
Pinirampus pirinampu	X	-	-	-	-
Pseudoplatystoma fasciatum	X	-	-	-	-
Pseudopimelodidae					
Pseudopimelodus bufonius	X	-	-	-	-
Trichomycteridae					
Ochmacanthus flabelliferus	-	X	-	-	-
Paracanthopoma parva	X	-	-	-	-
Vandellia beccarii	X	-	-	-	-
Gymnotiformes					
Gymnotidae					
Electrophorus electricus	X	-	-	-	-
Hypopomidae					
Brachyhypopomus brevirostris	-	-	-	X	-
Brachyhypopomus pinnicaudatus	-	-	-	X	-
Hypopygus lepturus	-	-	-	X	-
Rhamphichthyidae					
Gymnorhamphichthys rondoni	-	X	-	-	-
Beloniformes					
Belonidae					
Potamorrhaphis guianensis	X	X	X	-	-
Cyprinodontiformes					
Rivulidae					
Rivulus sp.	-	-	-	X	-
Synbranchiformes					
Synbranchidae					
Synbranchus marmoratus	-	X	-	-	-
Perciformes					
Cichlidae					
Apistogramma cf. *ortmanni*	-	-	X	-	-
Apistogramma steindachneri	-	X	X	X	-
Biotodoma aff. *cupido*	-	X	X	-	-
Chaetobranchus flavescens	-	-	X	-	-
Cichla ocellaris	X	-	-	-	-
Cichlidae sp.	-	-	-	X	-
Crenicichla alta	-	-	X	X	-
Crenicichla wallacii	-	X	-	-	-
Guianacara owroewefi	X	X	-	-	-
Satanoperca leucosticta	-	X	X	-	-

First record of *Tigrisoma fasciatum* (Such, 1825) (Aves: Ardeidae) in the State of Amapá, Brazil and updated species distribution in Central and South America

Lia Nahomi Kajiki[1,2], Cintia Massumi Togura[1] & Fernanda Michalski[1]

[1]Laboratório de Ecologia e Conservação de Vertebrados - PPG em Biodiversidade Tropical, Universidade Federal do Amapá – UNIFAP, Campus Universitário Marco Zero, Rod. Juscelino Kubitscheck, Km 02, CEP 68902-280, Macapá, AP, Brasil. http://www2.unifap.br/ppgbio/
[2]Corresponding author: Lia Nahomi Kajiki, e-mail: lia.nahomi@gmail.com

KAJIKI, L.N., TOGURA, C.M. & MICHALSKI, F. **First record of *Tigrisoma fasciatum* (Such, 1825) (Aves: Ardeidae) in the State of Amapá, Brazil and updated species distribution in Central and South America**. Biota Neotrop. (13)4: http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/en/abstract?short-communication+bn02413042013

Abstract: The Fasciated Tiger-heron (*Tigrisoma fasciatum*) is considered endangered in Brazil and Argentina. Although this species has a large range in Central and South America, its records are scattered and scarce. We used a combination of searches in the scientific literature and new field records to provide an updated distributional range of this species. Searches for records and photos of *T. fasciatum* were conducted using online databases. We also conducted field surveys along the margins of the Araguari and Falsino rivers, in the National Forest of Amapá, a sustainable protected area in the eastern Brazilian Amazon. Our literature review provided a total of 25 new distributional records of *T. fasciatum*. During our river based surveys we recorded one individual of *T. fasciatum*, which represents an extension of 499 km from the nearest previously documented occurrence. We present these findings in an up to date distributional map of *T. fasciatum* and highlight the need of further studies in order to better understand the species distribution and ecology.
Keywords: *avifauna, Amazon region, range extension, FLONA-AP, protected areas.*

KAJIKI, L.N., TOGURA, C.M. & MICHALSKI, F. **Primeiro registro do *Tigrisoma fasciatum* (Such, 1825) (Aves: Ardeidae) no estado do Amapá, Brasil e distribuição atualizada da espécie na América Central e do Sul**. Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/pt/abstract?short-communication+bn02413042013

Resumo: O socó-boi-escuro (*Tigrisoma fasciatum*) é uma espécie considerada em perigo de extinção no Brasil e na Argentina. Apesar de possuir extensa distribuição na América Central e do Sul, os registros são esparsos e escassos. Nós usamos uma combinação de buscas na literatura científica e novos registros de campo para fornecer uma distribuição geográfica atualizada dessa espécie. Buscas por registros e fotos de *T. fasciatum* foram realizadas em bancos de dados online. Nós também realizamos buscas de campo às margens dos rios Araguari e Falsino, na Floresta Nacional do Amapá, uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável na Amazônia Oriental brasileira. Nossa revisão de literatura forneceu um total de 25 novos registros de distribuição de *T. fasciatum*. Durante nossas buscas ao longo de rios, nós registramos um indivíduo de *T. fasciatum*, o que representa uma extensão de 499 km de sua mais próxima ocorrência documentada anteriormente. Nós apresentamos esses registros em um mapa atualizado da distribuição geográfica de *T. fasciatum* e enfatizamos a necessidade de mais estudos para a melhor compreensão da distribuição e ecologia da espécie.
Palavras-chave: *avifauna, Amazônia, extensão da distribuição, FLONA-AP, unidade de conservação.*

Introduction

The Fasciated Tiger-heron [*Tigrisoma fasciatum* (Such, 1825)] is a medium-sized species of tiger-heron distributed throughout Central and South America, with scattered records across its range. It has been recorded in Argentina, Bolivia, Brazil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Panama, Peru and Venezuela (InfoNatura 2007, BirdLife 2009). Although currently listed by the IUCN as Least Concern, it is considered a naturally rare species (Eisenmann 1965, Yamashita & Valle 1990, Renaudier & de Guyane 2010, Vallely et al. 2010) and is classified in the high research priority category (Parker III et al. 1996). The current population trend is not known, but it is not believed to be decreasing sufficiently rapidly to approach the thresholds for classification as endangered under the population trend criterion (>30% decline over 10 years or three generations) (BirdLife 2009). However, this species is listed as endangered in Brazil (Straube et al. 2008) and in Argentina (Fraga 1996, López-Lanús et al. 2008).

Current Brazilian red-lists consider *T. fasciatum* as critically endangered in two southeastern states (Andrade 1998, Straube et al. 2008). Straube et al. (2008) observe that the distribution of *T. fasciatum* is poorly documented in Brazil, but locations of this species have been recorded in the Amazon, Atlantic Forest, Cerrado and Pantanal biomes. However, over the past five years new, freely available records have been documented online [see Wikiaves (2013)], through the development and popularization of web based data-sharing tools, such as the Wikiaves site (http://www.wikiaves.com/). Yet, these records have not been considered in previous distribution range maps [see databases of InfoNatura (2007) and BirdLife (2009)] or in more recent studies of this species (Pivatto et al. 2006, Faria 2008, Straube et al. 2008). However, these online resources provide a rich source of information that should be used in order to better understand the distributional range of bird species.

The most recent record of the Fasciated Tiger-heron in Brazil was from the state of Rio de Janeiro, municipality of Angra dos Reis (Blanco 2013). The species has also been recently recorded in the Anavilhanas Archipelago in the state of Amazonas (Cintra 2012), contributing to the few records of *T. fasciatum* in the Amazonian region. Thus, our objective in this study is to present a new record of *T. fasciatum,* which extends the distribution of this poorly known species within the Amazon forest, and to provide a comprehensive review of the current geographic distribution of the species. We also highlight the importance of further studies and conservation efforts in order to better understand the species distribution and ecology.

Material and Methods

Field data presented here is a subset obtained from surveys along the Araguari and Falsino rivers, which surround the Amapá National Forest ("Floresta Nacional do Amapá", hereafter FLONA-AP), a sustainable-use protected area of 412,000 ha located in northern Amazonia (0°55'29" N, 51°35'45" W) (Figure 1). FLONA-AP is adjacent to continuous undisturbed forests and it is subject to low levels of anthropogenic disturbance (e.g. subsistence hunting) due to the small number of families living on the reserve border (Michalski et al. 2012), maintaining the full community of medium and large sized vertebrates.

From November 2011 to November 2012 we conducted surveys of mid to large sized vertebrates (IBAMA/SISBIO permit number 26653-1) along waterways (Araguari and Falsino rivers) in a motorized boat using a standardized boat census protocol (Pitman et al. 2011). To optimize detections, the boat was piloted along the center of the rivers at a slow speed (mean velocity ± SD = 10.3 ± 3.5 km/h, range = 2-18). Three to five observers searched for vertebrates on the border of the river, along the adjacent forest canopy, with binoculars. All censuses took place in rainless weather during the morning (08:00-11:59) and afternoon (13:00-18:00), totalizing nine hours per day.

We reviewed the current distribution range of *T. fasciatum* by conducting a literature review and using existing compilations (InfoNatura 2007, Ridgely et al. 2007). We conducted two types of searches (on 20th May 2013) using a combination of the terms 'Fasciated Tiger-heron' and 'Tigrisoma fasciatum' as follows: 1) a literature search in the ISI Web of Knowledge, Scopus, Searchable Ornithological Research Archive and Google Scholar; and 2) a search of photographic records of the species in Google, the Internet Bird Collection (http://ibc.lynxeds.com/), Wikiaves (http://www.wikiaves.com/) and the Visual Resources for Ornithology (http://vireo.ansp.org/). From the total results returned in the searches, we used the following criteria to select the records considered in this study: 1) in order to exclude historical data that could possibly not describe the current distribution range of this species, we only used documents published from 1990 to 2013; 2) we only considered documents that reported an observation of *T. fasciatum* made in the study, excluding documents without a record *per se* (e.g. documents that mentioned the species, but did not report an observation); and 3) when the document reported a record of *T. fasciatum*, we only considered it if the location of the record fell outside of the area of the distribution range maps provided by InfoNatura (2007) and Ridgely et al. (2007). Therefore, we only included localities not considered by InfoNatura (2007) and Ridgely et al. (2007) in the present distribution range map.

When the document failed to provide geographic coordinates for the record of the species, we used Google Earth (GE) to obtain the most approximate coordinates supported by maps of the study area and key landmarks such as rivers, roads, villages, towns, and other visual features that could be clearly distinguished by GE images.

Results and Discussion

Surveys resulted in a total of 3,796.2 km (368.6 hours), including 2,128.9 km (206.7 hours) along the Araguari River, and 1,667.3 km (161.9 hours) along the Falsino River. On 29 April 2012, at 12 h 48 min (Coordinated Universal Time - UTC-3), we photographed a solitary adult *T. fasciatum* resting on a rock on the margins of the Araguari River (1°00'15" N, 51°49'30" W, Figure 2). The individual was an adult, identified by the rufous lower belly and vent, darker plumage pattern (Perlo 2009), and a relatively short and rather arched culmen (Eisenmann 1965, Martínez-Vilalta & Motis 1992). As the boat approached the individual, it flew along the river, and perched on a tree branch (Figure 2). Our new record extended the distribution range of the species by 499 km east-south-east from the nearest documented location in French Guiana (Renaudier & de Guyane 2010), providing the first documented record of *T. fasciatum* in the state of Amapá, Brazil (Figure 1).

The literature search returned a total of 61 results, but we considered only the 36 documents, among reports and scientific papers that met our search criteria. From these sources a total of 25 records of *T. fasciatum* (Table 1) were added to the present distribution range map (Figure 1).

Although not included in any contemporary distribution map (InfoNatura 2007, BirdLife 2009, Perlo 2009), the species has also been recently documented in Suriname (Ottema 2002, Ribot 2013), Guyana (Barnett et al. 2002, Mistry et al. 2008), French Guiana (Renaudier et al. 2010, Renaudier & de Guyane 2010), Honduras (Vallely et al. 2010), as well as in new localities in Brazil and Peru (Pivatto et al. 2006, Pratolongo et al. 2007, Becker 2008, Faria 2008, Menegheti 2008, Blásquez et al. 2009, Paiva 2009, Garcia 2010, Lane 2010, Cavaretto 2011, Reijnders 2011, Cintra 2012, López 2012, Blanco 2013). These records occurred in regions that share some

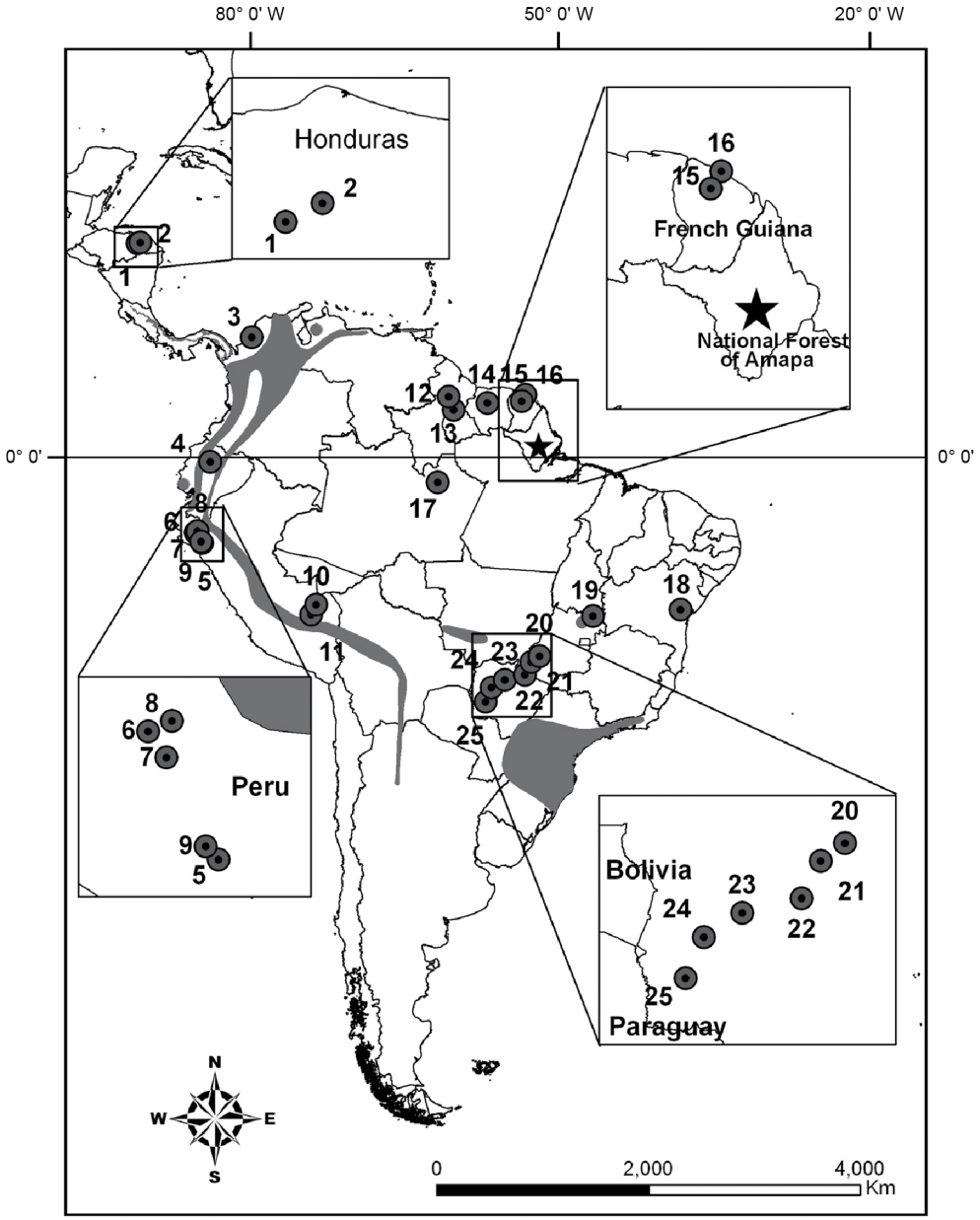


Figure 1. Current distributional map of *Tigrisoma fasciatum*. The light gray area corresponds to Ridgely et al. (2007) records in Central and South America. The most recent records in Brazil (Pivatto et al. 2006, Becker 2008, Faria 2008, Menegheti 2008, Blásquez et al. 2009, Paiva 2009, Garcia 2010, Cavaretto 2011, Cintra 2012, López 2012), Peru (Pratolongo et al. 2007, Lane 2010, Reijnders 2011), Ecuador (Becker & Lanús 1997, Vogt 2007), Colombia (Estela & López-Victoria 2005), Guyana (Barnett et al. 2002, Mistry et al. 2008), French Guiana (Renaudier et al. 2010, Renaudier & de Guyane 2010), Suriname (Ottema 2002, Ribot 2013) and Honduras (Vallely et al. 2010) are labeled with gray circles. The nearest documented location to our new record (star) is located in French Guiana.

habitat characteristics, such as the proximity to waterbodies (rivers and tributaries), and a hilly topography or an elevational gradient. The reported habitat type along the rivers where *T. fasciatum* has been documented included a variety of native vegetation types such as savanna, tropical lowland forest and wetland vegetation types (Yamashita & Valle 1990, Pivatto et al. 2006, Mistry et al. 2008), mangrove forests (Estela & López-Victoria 2005) and montane and premontane moist forests (Eisenmann 1965, Becker & Lanús 1997).

The new locality of our field record supports Eisenmann's (1965) first notes on the species habitat characteristics, which highlights that *T. fasciatum* is thought to have relatively specific habitat requirements preferring riparian areas with waterfalls and rocky outcrops in fast-flowing waters with dense forests along the margins (Eisenmann 1965, Sick 1997, Straube et al. 2008). This type of habitat is discontinuous and scarce (Yamashita & Valle 1990) and habitat loss caused by deforestation, construction of hydroelectric dams, and pollution of rivers are thought to be the main threats to the species (Yamashita & Valle 1990, Straube et al. 2008).

For over two decades the scientific literature has highlighted that the main threat to *T. fasciatum* is the construction of hydroelectric dams as opposed to deforestation (Yamashita & Valle 1990). Our record representing a major range extension highlights how the Amazon region remains poorly studied even for large easy-to-detect vertebrates. Additionally, our finding highlights the urgent need

Table 1. Records obtained from the literature review that fell outside the current published distributional range of *Tigrissoma fasciatum* (InfoNatura 2007, BirdLife 2009).

ID	References	Locality	Country
1	Vallely et al. (2010)	15° 20' 52" N, 85° 14' 51" W	Honduras
2	Vallely et al. (2010)	15° 26' 6" N, 85° 03' 56" W	Honduras
3	Estela & López-Victoria (2005)	09° 23' 4" N, 75° 45' 21.31" W	Colombia
4	Vogt (2007)	0° 17' 58" S, 78° 33' 12" W	Ecuador
5	Pratolongo et al. (2007)	06° 24' 0" S, 79° 21' 0" W	Peru
6	Pratolongo et al. (2007)	05° 35' 0" S, 79° 48' 0" W	Peru
7	Pratolongo et al. (2007)	05° 45' 0" S, 79° 41' 0" W	Peru
8	Pratolongo et al. (2007)	05° 31' 0" S, 79° 39' 0" W	Peru
9	Pratolongo et al. (2007)	06° 19' 0" S, 79° 26' 0" W	Peru
10	Lane (2010) *	11° 49' 8" S, 70° 46' 26" W	Peru
11	Reijnders (2011) **	12° 35' 0" S, 71° 14' 51" W	Peru
12	Barnett et al. (2002)	05° 10' 0" N, 59° 28' 0" W	Guyana
13	Mistry et al. (2008)	04° 05' 0" N, 59° 02' 0" W	Guyana
14	Ribot (2013) ***	04° 40' 27" N, 56° 10' 50" W	Surinam
15	Renaudier et al. (2010)	04° 49' 22" N, 53° 16' 35" W	French Guiana
16	Renaudier & de Guyane (2010)	5° 22' 27" N, 52° 57' 4" W	French Guiana
17	Cintra (2012)	02° 03' 0" S, 60° 22' 0" W	Brazil
18	Blásquez et al. (2009)	12° 44' 30" S, 39° 34' 50" W	Brazil
19	Menegheti (2008)	13° 30' 0" S, 47° 08' 0" W	Brazil
20	Paiva (2009) *	16° 57' 10" S, 51° 48' 36" W	Brazil
21	Garcia (2010) *	17° 27' 19" S, 52° 32' 11" W	Brazil
22	Becker (2008) *	18° 32' 5" S, 53° 07' 20" W	Brazil
23	Cavaretto (2011) *	18° 55' 9" S, 54° 50' 37" W	Brazil
24	López (2012) **	19° 34' 56" S, 56° 06' 11" W	Brazil
25	Pivatto et al. (2006)	20° 45' 0" S, 56° 42' 0" W	Brazil

*Wikiaves (http://www.wikiaves.com/). **Internet Bird Collection (IBC) (http://ibc.lynxeds.com/). ***Personal website (http://www.surinamebirds.nl).



Figure 2. *Tigrisoma fasciatum* on a tree branch (a-b) and on a rock (c) in the Araguari River, in the National Forest of Amapá (FLONA-AP), state of Amapá, Brazil. Images show details of characteristic plumage patterns and culmen shape. Photos: Lia N. Kajiki, 29 April 2012.

for future research to provide the basic biological and ecological knowledge of this species necessary to evaluate impacts of anthropogenic actions such as the planned increase in the number of hydroelectric dams (Soito & Freitas 2011).

The scarcity of *T. fasciatum* records in Brazil and throughout its geographic range can be attributed to a number of factors, including its secretive habit, aversion to human encounters and perturbations, and restriction to riparian areas (Sick 1997, Straube et al. 2008). Our new record obtained in the field is a good case in point. Although more than 70% of the state of Amapá is covered by areas with some form of legal protection (Conservação... 2009), the species had never been recorded by any previous study in the state (Coltro 2006, 2008, Souza et al. 2008, Aguiar et al. 2010, Aguiar & Naiff 2010, Boss & Aguiar 2011). Another important case to be highlighted is the recent record in the state of Rio de Janeiro (Blanco 2013). The region is considered as the type locality of the species (Pacheco & Whitney 1997) where *T. fasciatum* had previously been deemed as probably extinct (Alves et al. 2000).

The specific habitat requirements of bird species such as *T. fasciatum* highlight the importance of riparian areas for the conservation of this and other riparian bird species. Therefore, this species is potentially threatened by the recently approved legislative reform to the Brazilian Forest Code (Código Florestal - Stickler et al. 2013), which authorized the reduction of the legally preserved strip width of riparian forests (Michalski et al. 2010). Thus, it is imperative to increase the scale and scope of research programs studying the distribution and ecology of *T. fasciatum* and other members of the Neotropical avifauna.

Acknowledgements

This research was supported by Conservation International–Brazil, the Walmart Institute–Brazil through the project "Support to the implementation of the National Forest of Amapá" and the Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation (ICMBio). The Federal University of Amapá (UNIFAP) provided logistical support. LNK and CMT were funded by a Brazilian Ministry of Education (CAPES) MSc student scholarship. We are thankful for the data provided by NatureServe in collaboration with Robert Ridgely, James Zook, The Nature Conservancy–Migratory Bird Program, Conservation International–CABS, World Wildlife Fund (US), and Environment Canada–WILDSPACE. Also, we are deeply indebted to Alvino Pantoja for field assistance, to Darren Norris for improvements of a previous English version, and to Luis Fabio Silveira and two anonymous referees for comments on the manuscript.

References

AGUIAR, K.M.O., NAIFF, R. & XAVIER, B. 2010. Aves da Reserva Biológica do Lago Piratuba, Amapá, Brasil. Ornithologia 4(1):1-14. http://www.cemave.net/publicacoes/index.php/ornithologia/article/view/47

AGUIAR, K.M.O. & NAIFF, R.H. 2010. Composição da avifauna da Área de Proteção Ambiental do Rio Curiaú, Macapá, Amapá, Brasil. Ornithologia 4(1):36-48. http://cemave.net/ornithologia/index.php/ornithologia/article/view/49.

ALVES, M.A.S., PACHECO, J.F., GONZAGA, L.A.P., CAVALCANTI, R.B., RAPOSO, M.A., YAMASHITA, C., MACIEL, N.C. & CASTANHEIRA, M. 2000. Aves. In A Fauna Ameaçada de Extinção do Estado do Rio de Janeiro (H.G. Bergallo, C.F.D. Rocha, M.A.S. Alves & M. Van Sluys, eds.). Editora UERJ, Rio de Janeiro, p.113-124.

ANDRADE, M.A. 1998. *Tigrisoma fasciatum* (Such, 1825). In Livro Vermelho das Espécies Ameaçadas de Extinção da Fauna de Minas Gerais (A.B.M. Machado, G.A.B. Fonseca, R.B. Machado, L.M.S. Aguiar & L.V. Lins, eds.). Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte, p.193-194.

BARNETT, A., SHAPLEY, R., BENJAMIN, P., HENRY, E. & McGARRELL, M. 2002. Birds of the Potaro Plateau, with eight new species for Guyana. Cotinga 18(2002):19-36.

BECKER, C.D. & LANÚS, B.L. 1997. Conservation value of a Garua forest in the dry season: a bird survey in Reserva Ecológica de Loma Alta, Ecuador. Cotinga 8:66-74. http://www.neotropicalbirdclub.org/articles/8/C8-garua.pdf

BECKER, R. 2008. WA125881, *Tigrisoma fasciatum* (Such, 1825). Wiki Aves - A Enciclopédia das Aves do Brasil. http://www.wikiaves.com/125881 (último acesso em 28/06/2013).

BIRDLIFE, I. 2009. Species factsheet: *Tigrisoma fasciatum*. IUCN Red List of Threatened Species. version 2011.2, IUCN 2011. http://www.iucnredlist.org (último acesso em 24/06/2013).

BLANCO, D.E. 2013. WA945278, *Tigrisoma fasciatum* (Such, 1825). Wiki Aves - A Enciclopédia das Aves do Brasil. http://www.wikiaves.com/945278 (último acesso em 28/06/2013).

BLÁSQUEZ, J.R.E., COSTA-NETO, E.M. & LANDERO-TORRES, I. 2009. Comparación de especies de abejas comestibles en la Sierra de Jibóia, (Bahia, Brasil) y Sierra de Zongolica (Veracruz, México). Rev. Colomb. Entomol. 35(2):217-223. http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v35n2/v35n2a18.pdf.

BOSS, R.L. & AGUIAR, K.M.O. 2011. Caracterização preliminar da avifauna em um trecho do rio Amapari, Serra do Navio, Amapá, Brasil. Ornithologia 4(2):110-125. http://cemave.net/ornithologia/index.php/ornithologia/article/view/95.

CAVARETTO, R.C. 2011. WA506980, *Tigrisoma fasciatum* (Such, 1825). Wiki Aves - A Enciclopédia das Aves do Brasil. http://www.wikiaves.com/506980 (último acesso em 28/06/2013).

CINTRA, R. 2012. Ecological gradients influencing waterbird communities in black water lakes in the Anavilhanas Archipelago, Central Amazonia. Int. J. Ecol. 2012(1):1-21. http://dx.doi.org/10.1155/2012/801683

COLTRO, L.A. 2006. A avifauna da Floresta Nacional do Amapá registrada através de Inventários Biológicos Rápidos - expedição II e síntese do conhecimento para a unidade. In Inventários Biológicos Rápidos da Floresta Nacional do Amapá. IEPA, Macapá, p.42-56.

COLTRO, L.A. 2008. A avifauna do Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque registrada durante o Projeto de Inventários Biológicos Rápidos. In RAP Bulletin of Biological Assessment (E. Bernard, eds.). Conservation International, Arlington, p.33-37.

CONSERVAÇÃO INTERNACIONAL DO BRASIL - CI-BRASIL. 2009. Corredor de Biodiversidade do Amapá. In Conservação Internacional, Belém, p.44.

EISENMANN, E. 1965. The tiger-herons (*Tigrisoma*) of Argentina. Hornero 10(3):225-234.

ESTELA, F.A. & LÓPEZ-VICTORIA, M. 2005. Aves de la parte baja del Río Sinú, Caribe colombiano; inventario y ampliaciones de distribución. Bol. Invest. Mar. Cost. 34:7-42. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-97612005000100001&script=sci_arttext&tlng=en.

FARIA, I.P. 2008. Duas novas ocorrências do socó-boi-escuro *Tigrisoma fasciatum* (Such, 1825) (Aves: Ardeidae) no Estado de Goiás, Brasil. Rev. Bras. Ornitol. 16(4):391-394.

FRAGA, R.M. 1996. Séccion III: Aves. In Libro rojo de mamíferos y aves amenazados de la Argentina (J.J. García Fernandez, R.A. Ojeda, R.M. Fraga, G.B. Díaz & R.J. Baigún, eds.). Fundación para la Conservación de las Especies y el Medio Ambiente, Buenos Aires, p.155-219.

GARCIA, A.L. 2010. WA263696, *Tigrisoma fasciatum* (Such, 1825). Wiki Aves - A Enciclopédia das Aves do Brasil. http://www.wikiaves.com/263696 (último acesso em 28/06/2013).

INFONATURA. 2007. *Tigrisoma fasciatum* - Fasciated Tiger-Heron. Animals and Ecosystems of Latin America. version 5.0. Arlington, Virginia , NatureServe. http://www.natureserve.org/infonatura (último acesso em 24/06/2013).

LANE, D. 2010. *Tigrisoma fasciatum*. Neotropical Birds. http://neotropical.birds.cornell.edu/portal/species/overview?p_p_spp=111836 (último acesso em 28/06/2013).

LÓPEZ, C. 2012. Herons (Ardeidae): Fasciated Tiger-heron (*Tigrisoma fasciatum*). http://ibc.lynxeds.com/photo/fasciated-tiger-heron-tigrisoma-fasciatum/adult-perched-tree-upright-posture (último acesso em 28/06/2013).

LÓPEZ-LANÚS, B., GRILLI, P., COCONIER, E., DI GIACOMO, A. & BANCHS, R. 2008. Categorización de las aves de la Argentina según su estado de conservación. Informe de Aves Argentinas, AOP y Secretaría de Ambiente y Desarollo Sustentable. http://www.avesargentinas.org.ar/12/conservacion/Categorizacion%20de%20las%20Aves%20de%20la%20Argentina%202008.pdf (último acesso em 20/06/2013).

MARTÍNEZ-VILALTA, F. & MOTIS, A. 1992. Family Ardeidae (herons). In Handbook of the birds of the world (J. del Hoyo, A. Elliott & J. Sargatal, eds.). Lynx Edicions, Barcelona, p.376-429.

MENEGHETI, J.O. 2008. Brasil: informe anual. Censo Neotropical de Aves Acuáticas 2007. In El Censo Neotropical de Aves Acuáticas 2007; Una herramienta para la conservación (D.A. Unterkofler & D.E. Blanco, eds.). Wetlands International, Buenos Aires.

MICHALSKI, F., CONCEIÇÃO, P.C.F., AMADOR, J.A., LAUFER, J. & NORRIS, D. 2012. Local perceptions and implications for giant otter (*Pteronura brasiliensis*) conservation around protected areas in the eastern Brazilian Amazon. IUCN Otter Spec. Group. Bull. 29:34-45.

MICHALSKI, F., NORRIS, D. & PERES, C.A. 2010. No return from biodiversity loss. Science 329(1):1282. http://dx.doi.org/10.1126/science.329.5997.1282-a

MISTRY, J., BERARDI, A. & SIMPSON, M. 2008. Birds as indicators of wetland status and change in the North Rupununi, Guyana. Biodivers. Conserv. 17:2383-2409. http://dx.doi.org/10.1007/s10531-008-9388-2

OTTEMA, O. 2002. A possible population of Fasciated Tiger-heron *Tigrisoma fasciatum* on the upper Coppename, Surinam. Cotinga 18:103.

PACHECO, J.F. & WHITNEY, B.M. 1997. On the Origin of Some Birds Collected by George Such, and the Type Localities of Several Forms. The Auk 114(2):303-305. http://dx.doi.org/10.2307/4089175

PAIVA, D.L. 2009. WA893215, *Tigrisoma fasciatum* (Such, 1825). Wiki Aves - A Enciclopédia das Aves do Brasil. http://www.wikiaves.com/893215 (último acesso em 28/06/2013).

PARKER III, T.A., STOTZ, D.F. & FITZPATRICK, J.W. 1996. Ecological and distributional databases. In Neotropical birds: ecology and conservation (D.F. Stotz, J.W. Fitzpatrick, T.A. Parker & D.K. Moskovits, eds.). University of Chicago Press, Chicago.

PERLO, B. 2009. A field guide to the birds of Brazil. Oxford University Press, New York.

PITMAN, N.C.A., NORRIS, D., GONZALEZ, J.M., TORRES, E., PINTO, F., COLLADO, H., CONCHA, W., THUPA, R., QUISPE, E., PÉREZ, J. & DEL CASTILLO, J.C.F. 2011. Four years of vertebrate monitoring on an upper Amazonian river. Biodivers. Conserv. 20:827-849. http://dx.doi.org/10.1007/s10531-010-9982-y

PIVATTO, M.A.C., MANÇO, D.G., STRAUBE, F.C., URBEN-FILHO, A. & MILANO, M. 2006. Aves do Planalto da Bodoquena, Estado do Mato Grosso do Sul (Brasil). Atual. Ornitol. 129:1-26.

PRATOLONGO, F.A., TELLO, J.G. & BARRIO, J. 2007. First records of Fasciated Tiger Heron *Tigrisoma fasciatum* in the west Peruvian Andes. Cotinga 29:173-175. http://www.corbidi.org/Investigacion/Publicaciones/Angulo_EtAl_2008_FirstRecords.pdf

REIJNDERS, C. 2011. Herons (Ardeidae): Fasciated Tiger-heron (*Tigrisoma fasciatum*). http://ibc.lynxeds.com/node/121159 (último acesso em 28/06/2013).

RENAUDIER, A., CLAESSENS, O. & DE GUYANE, C.H. 2010. Les oiseaux rares en Guyane en 2008 & 2009. In Rapport du Comité d'homologation de Guyane, p.8.

RENAUDIER, A. & DE GUYANE, C.H. 2010. Rare birds in French Guiana in 2005–07. Cotinga 32(2010):95-104. http://www.neotropicalbirdclub.org/articles/32/Renaudier.pdf

RIBOT, J.H. 2013. Checklist of birds of Suriname, South America. http://www.surinamebirds.nl (último acesso em 24/06/2013).

RIDGELY, R.S., ALLNUTT, T.F., BROOKS, T., McNICOL, D.K., MEHLMAN, D.W., YOUNG, B.E. & ZOOK, J.R. 2007. Digital Distribution Maps of the Birds of the Western Hemisphere. Version 3.0. NatureServe, Arlington, Virginia, USA. www.natureserve.org/getData/birdMaps.jsp (último acesso em 24/06/2013).

SICK, H. 1997. Ornitologia brasileira. Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro.

SOITO, J.L.D. & FREITAS, M.A.V. 2011. Amazon and the expansion of hydropower in Brazil: Vulnerability, impacts and possibilities for adaptation to global climate change. Renew. Sust. Energ. Rev. 15(6):3165-3177. http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2011.04.006

SOUZA, E.A.D., NUNES, M.F.C., ROOS, A.L. & ARAUJO, H.F.P.D. 2008. Guia de campo: Aves do Parque Nacional do Cabo Orange. ICMBio/Cemave, Amapá.

STICKLER, C.M., NEPSTAD, D.C., AZEVEDO, A.A. & McGRATH, D.G. 2013. Defending public interests in private lands: compliance, costs and potential environmental consequences of the Brazilian Forest Code in Mato Grosso. Phil. Trans. R. Soc. B. 368:1-13. http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2012.0160

STRAUBE, F.C., OLMOS, F. & CARRANO, E. 2008. *Tigrisoma fasciatum*. In Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. Volume II. (A.B.M. Machado, G.M. Drummond & A.P. Paglia, eds.). Ministério do Meio Ambiente, Brasília, p.418-420.

VALLELY, A.C., GALLARDO, R.J. & ASCHER, J.S. 2010. Notes on the birds of the Río Plátano Biosphere Reserve, including four new species for Honduras. Bull. Br. Ornithol. Club. 130(1):52-60.

VOGT, C.A. 2007. Range extensions and noteworthy records for mainland Ecuador. Bull. Br. Ornithol. Club. 127(3):228-233. http://www.andeanbirding.com/assets/resources/research_rangeextensions.pdf.

WIKIAVES. 2013. Mapa de registros da espécie socó-boi-escuro (*Tigrisoma fasciatum*). http://www.wikiaves.com.br/mapaRegistros_soco-boi-escuro (último acesso em 28/06/2013).

YAMASHITA, C. & VALLE, M.P. 1990. Ocorrência de duas aves raras no Brasil Central: *Mergus octosetaceus* e *Tigrisoma fasciatum fasciatum*. Ararajuba 1:107-109.

Received 07/03/2013
Revised 10/28/2013
Accepted 11/15/2013

Diet of two sit-and-wait lizards, *Phyllopezus pollicaris* (Spix, 1825) (Phyllodactylidae) and *Hemidactylus mabouia* (Moreau de Jonnès, 1818) (Gekkonidae) in a perianthropic area of Mato Grosso do Sul, western Brazil

Nelson Rufino de Albuquerque[1,2], Arianna da Silva Costa-Urquiza[1], Michelly Pereira Soares[1], Ledilene Saucedo Alves[1] & Marcus Vinícius Santiago Urquiza[1]

[1]Laboratório de Zoologia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, Campus do Pantanal, Av. Rio Branco, 1270, Universitário, CEP 79304-902, Corumbá, MS, Brazil
[2]Corresponding author: Nelson Rufino de Albuquerque: e-mail: nelson_rufino@hotmail.com

ALBUQUERQUE, N.R., COSTA-URQUIZA, A.S., SOARES, M.P., ALVES, L.S. & URQUIZA, M.V.S. **Diet of two sit-and-wait lizards, *Phyllopezus pollicaris* (Spix, 1825) (Phyllodactylidae) and *Hemidactylus mabouia* (Moreau de Jonnès, 1818) (Gekkonidae) in a perianthropic area of Mato Grosso do Sul, western Brazil**. Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/en/abstract?short-communication+bn01913042013

Abstract: The dietary compositions of two sit-and-wait lizard species, *Hemidactylus mabouia* and *Phyllopezus pollicaris*, which co-occur over rocky substrate and vertical rock walls in a perianthropic area of western Brazil, were described. Both species showed a generalist feeding pattern, feeding mainly on insects. The most frequent prey items in the diet of *P. pollicaris* were Coleoptera, Araneae and Homoptera whereas the most important were Coleoptera and Homoptera, respectively. For *H. mabouia* the most frequent prey items were Araneae followed by Coleopterae and Hemiptera, whereas the most important items were *H. mabouia* followed by Formicidae and Hemiptera. Our identification into broader prey-types categories (i.e., order or family-level) suggests that some degree of food resource partitioning may occur, possibly through the occupation of different temporal niches.
Keywords: *food habits, Reptilia, Squamata, Pantanal, Mato Grosso do Sul.*

ALBUQUERQUE, N.R., COSTA-URQUIZA, A.S., SOARES, M.P., ALVES, L.S. & URQUIZA, M.V.S. **Dieta de dois lagartos senta-e-espera, *Phyllopezus pollicaris* (Spix, 1825) (Phyllodactylidae) e *Hemidactylus mabouia* (Moreau de Jonnès, 1818) (Gekkonidae) em uma área periantrópica do Mato Grosso do Sul, no oeste do Brasil**. Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/pt/abstract?short-communication+bn01913042013

Resumo: A composição da dieta de duas espécies de lagartos senta-e-espera, *Hemidactylus mabouia* e *Phyllopezus pollicaris*, que coocorrem sobre substratos rochosos e paredões rochosos em uma área periantrópica no oeste do Brasil, foi descrita. Ambas as espécies demonstraram um padrão de alimentação generalista, alimentando-se principalmente de insetos. As presas mais frequentes na dieta de *P. pollicaris* foram Coleoptera, Araneae e Homoptera enquanto que os itens mais importantes foram Coleoptera e Homoptera, respectivamente. Para *H. mabouia* as presas mais frequentes foram Araneae seguido de Coleoptera e Hemiptera, enquanto que os itens mais importantes foram *H. mabouia* seguido de Formicidae e Hemiptera. Nossas identificações de presas em categorias mais amplas (i.e., nível de ordem ou família) sugerem que certo grau de partição de recursos alimentares pode ocorrer, possivelmente através da ocupação de nichos temporais diferentes.
Palavras-chave: *hábitos alimentares, Reptilia, Squamata, Pantanal, Mato Grosso do Sul.*

Introduction

The lack of information on the ecology of introduced species of reptiles and their interactions with native biota has been one of the limiting factors for understanding the impacts produced and the subsequent management of these species (Rocha & Anjos 2007, Vitt & Caldwell 2009). *Phyllopezus pollicaris* (Spix, 1825) and *Hemidactylus mabouia* (Moreau de Jonnès, 1818) are two species of nocturnal, sit-and-wait lizards, differentiated from each other mainly by the presence of infradigital lamellae single in the first species. While *P. pollicaris* is found in both open formations and forested areas from the northeastern to the southeastern region of Brazil and northern Argentina and southeastern Paraguay, *H. mabouia* is cosmopolitan in distribution, occurring in Africa, Madagascar, and Americas (Vanzolini et al. 1980, Butterfield et al. 1993, Avila-Pires 1995). In South America, *H. mabouia* is considered an invasive species that was originally introduced either carried by ships used to transport slaves in the 19th century (Goeldi 1902, Vanzolini 1968) or via "natural rafts" (i.e., logs or masses of floating vegetation) (Kluge 1969). Regardless of the cause of its introduction, the range of *H. mabouia* in the Americas is still expanding (e.g., Franz et al. 1993, Meshaka Junior et al. 1994, Flaschendrager 1999, Fuenmayor et al. 2005).

Despite the fact that both species are nocturnal and sympatrically distributed over most of their range, aspects of their natural history (e.g., diet) were never studied among syntopic populations of these species. Previous studies have suggested that these two species are basically arthropods consumers that feed mainly on Araneae, Blattodea, Diptera, insect larvae and Isopoda (e.g., Bonfiglio et al. 2006, Rocha & Anjos 2007, Recoder et al. 2012, Iturriaga & Marrero 2013). Herein, we examined and compared the dietary composition of two syntopic populations of *P. pollicaris* and *H. mabouia* from a perianthropic area in western Brazil. We also reviewed all available published literature on dietary composition of these species for comparison with our own data.

Material and Methods

This study was conducted in a perianthropic area located in the city of Corumbá, Mato Grosso do Sul, known as Porto Marina Limoeiro (18° 59' 54.4" S, 57° 37' 51.6" W; 124 m a.s.l.). This area corresponds to a harbor located at the right margin of the Paraguay River, dominated by rocky substrate and vertical rock walls (Figure 1). Specimens of *Hemidactylus mabouia* and *Phyllopezus pollicaris* were manually captured in October 2009 and April-June 2010, between 17:00 and 22:00 hours with the aid of flashlights and plastic bags. Subsequently, the lizards were euthanized with a lethal dose of anesthetic Thiopentax 1g, fixed in 10% formalin and preserved in 70% alcohol. Stomach contents were collected from adult specimens, and stored in alcohol for later analysis.



Figure 1. Ecological distribution of *Phyllopezus pollicaris* (PP) and *Hemidactylus mabouia* (HM) in Porto Marina Limoeiro, Corumbá. Oval circles show the syntopic distribution of species on rocky substrate and rock walls.

Most stomach contents were identified to order level. Ants (Hymenoptera) were identified to family level. The volume of intact prey items was estimated by measuring the length and width of prey items and using the following formula $V = (\pi.length.width^2)/6$ and Importance Value Index (IVI) using the formula IVI = N% + V%/2 (De-Carvalho et al. 2008), where N is the number and V the volume of prey consumed, in percentage. An overall index of dietary niche overlap between the two species was estimated to determine whether the populations of *P. pollicaris* and *H. mabouia* partitioned food resources. A food utilization matrix was constructed with columns as prey categories, and the number of prey items per stomach represented the individual entries of the matrix. From this matrix, pairwise estimates of niche overlap (O_{jl}) were obtained using the Pianka index (Pianka 1973) (Equation 1):

$$O_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^{n} P_{ij} P_{ik}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} P_{ij^2} \sum P_{ik^2}}}$$

where P*ij* and P*ik* are the frequencies of each prey type consumed by the *j* and *k* species, respectively. Values closer to 1.0 indicate a higher degree of resource overlap, whereas values closer to 0.0 indicate more differences in prey use. To determine whether measured overlap values differed from what would be expected based on a random sampling of the species data, we performed a randomization analysis through the EcoSim 7.0 software (Gotelli & Entsminger 2001). All values of the original matrix were randomized 10000 times, and the niche breadth was retained for each species. Activity times were collated as 17:00-18:00, 18:01-19:00, 19:01-20:00, 20:01-21:00 and 21:01-22:00 hours to verify the activity of 88 *H. mabouia* and 45 *P. pollicaris* (some specimens were not collected). Specimens and respective stomach contents are deposited in the Coleção Zoológica de Referência da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (ZUFMS) (Appendix).

Results and Discussion

We collected 28 individuals of *Phyllopezus pollicaris* (11 males and 17 females) and 36 individuals of *Hemidactylus mabouia* (13 males and 23 females). The number of prey items per stomach ranged between one and eight, with 47.6% containing only a single prey item. Prey remains were all unidentifiable or well-digested in seven stomachs of *P. pollicaris* and 12 stomachs of *H. mabouia*, leaving 45 for detailed analyses of diet. Some preys were so fragmented by digestion that we could not estimate their volume.

Both species are basically arthropod consumers. Numerically, Coleoptera (F = 29.03%), Araneae (F = 19.35%) and Homoptera (F = 16.13%) dominated the diet for *P. pollicaris*; the most important items was Coleoptera (IVI = 85.74) and Homoptera (IVI = 9.32). For *H. mabouia* the most common food items were Araneae (F = 20.51%) followed by Coleoptera (F = 17.95%) and Hemiptera (F = 12.82%), whereas the most important items were *H. mabouia* (IVI = 26.58), Formicidae (IVI = 19.73) and Hemiptera (IVI = 8.65). One male *H. mabouia* had one juvenile of *H. mabouia* in the stomach (Table 1). The trophic niche overlap between the species was high (O_{jk} = 0.90). Randomizations with all data did not find a significant difference between measured (observed) and simulated (expected) overlaps

Table 1. Diet of *Hemidactylus mabouia* and *Phyllopezus pollicaris* from Porto Marina Limoeiro, Corumbá, MS. Values are presented in terms of number of prey items (N), frequency of occurrence in the stomachs (F), and prey volume (V) in mm³. Numbers in parenthesis are percentages. Only intact prey items were used to calculate the volume.

Prey categories		*Hemidactylus mabouia* (n = 24)							*Phyllopezus pollicaris* (n = 21)						
		N	(%)	F	(%)	V (mm³)	V (%)	IVI	N	(%)	F	(%)	V (mm³)	V (%)	IVI
REPTILIA															
H. mabouia		1	2.04	1	2.56	494.71	51.12	26.58	-	-	-	-	-	-	-
ARACHNIDA															
Araneae		8	16.33	8	20.51	6.12	0.63	8.48	7	15.91	6	19.35	-	-	-
Pseudoscorpionida		1	2.04	1	2.56	1.99	0.21	1.13	-	-	-	-	-	-	-
DIPLOPODA		2	4.08	1	2.56	6.89	0.71	2.40	1	2.27	1	3.23	-	-	-
INSECTA															
Coleoptera		7	14.29	7	17.95	10.28	1.06	7.68	11	25.00	9	29.03	81.72	89.76	85.74
Hemiptera		5	10.20	5	12.82	68.70	7.10	8.65	1	2.27	1	3.23	-	-	-
Homoptera		5	10.20	3	7.69	51.62	5.33	7.77	7	15.91	5	16.13	9.32	10.24	9.78
Hymenoptera	Formicidae	8	16.33	4	10.26	223.80	23.13	19.73	10	22.73	2	6.45	-	-	-
	Other	5	10.20	3	7.69	58.22	6.02	8.11	3	6.82	3	9.68	-	-	-
Lepidoptera		2	4.08	2	5.13	-	-	-	2	4.55	2	6.45	-	-	-
Lepidoptera larvae		2	4.08	1	2.56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Orthoptera		2	4.08	2	5.13	45.36	4.69	4.39	2	4.55	2	6.45	-	-	-
UNIDENTIFIED EGGS		1	2.04	1	2.56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total		49	100	39	100	967.69	100		44	100	37	100	91.04	100	

using diet proportion (P [observed < expected] = 1.00, and P [observed > = expected] = 1.00). Therefore, the observed mean (O_{jk} = 0.90; P > 0.0001) was greater than the expected mean value by chance.

Aside from these prey, some studies have found *H. mabouia* to consume a wide range of taxa including mollusks and gastropods (Rocha & Anjos 2007, see also Saenz 1996 who investigated the dietary habits of *H. turcicus* Linnaeus, 1758). We found that Pseudoscorpionida constituted a very small percentage (2.04%) of the total prey items consumed by *H. mabouia*. The study by Rocha & Anjos (2007) also reported Pseudoscorpionida and is the only previous study of *H. mabouia* diet to find pseudoscorpions. Cannibalism has been recorded in 18 species of lizards (Polis & Myers 1985), including in *H. mabouia* (Zamprogno & Teixeira 1998, Bonfiglio et al. 2006).

Anjos & Rocha (2008) presented a review of current knowledge of *H. mabouia*'s natural history and ecology. These authors noted differences in diet composition among populations living in natural environments and those that inhabit urban areas. Populations of *H. mabouia* in urban areas appear to feed mainly on winged species (see Bonfiglio et al. 2006), which tend to be attracted by artificial illumination.

Compared with other populations from Brazil, Coleoptera comprised substantial proportions by volume in diet of *P. pollicaris*. On the other hand, although ants are a typical component of geckos diet (e.g., Hibbitts et al. 2005, Carretero & Cascio 2010, Recoder et al. 2012, Iturriaga & Marrero 2013), including *P. pollicaris* (Dias & Lira-da-Silva 1998) we found that they represent only a small percentage of the total prey consumed by *P. pollicaris*. Table 2 presents a review of predation records of *P. pollicaris* and *H. mabouia* from the literature (including data from the present study). It shows that a total of 29 prey categories have been recorded in the diet of these lizards.

P. pollicaris and *H. mabouia* were observed on the rock walls as well as on the rocky substrate in syntopy but *P. pollicaris* was not present on the walls of house situated close to the rock walls (Figure 1). *H. mabouia* has been considered a perianthropic species in Brazil (Avila-Pires 1995, Feio & Caramaschi 2002), being most commonly associated with human habitations than *P. pollicaris*, which in turn seems to prefer rocky areas in natural habitats (Vanzolini 1978, Dixon & Soini 1986, but see also Vanzolini et al. 1980). According to Vanzolini (1978), *H. mabouia* can be found in environments very little disturbed, suggesting that it can colonize natural environments (Avila-Pires 1995). Vanzolini et al. (1980) stated that *P. pollicaris* is "well adapted to houses, inhabited or abandoned" (our translation). Thus, the syntopic distribution of *H. mabouia* and *P. pollicaris* was expected in natural environments.

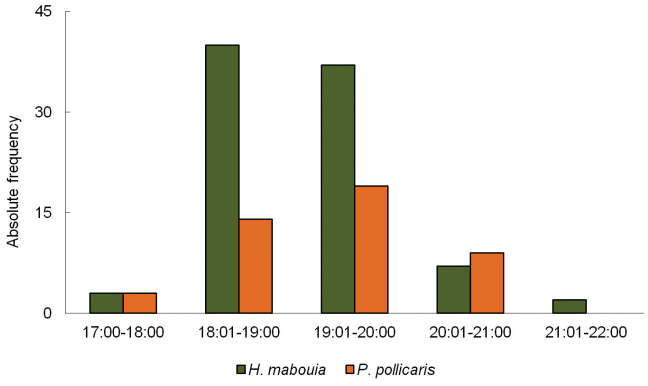


Figure 2. Records of *Hemidactylus mabouia* and *Phyllopezus pollicaris* from Porto Marina Limoeiro, Corumbá, MS between 17:00 and 22:00 hours. Values are presented in terms of class intervals.

There were differences in the activities of the species. The periods of peak activity were between 18:01-19:00 hours for *H. mabouia* (44.9% n = 40) and 19:01-20:00 hours for *P. pollicaris* (42.2% n = 19). It seems likely, therefore, that at night feeding activity decreases to *H. mabouia* and increases to *P. pollicaris* (Figure 2).

Composition of the diet of *H. mabouia* and *P. pollicaris* at the Porto Marina Limoeiro revealed prey types identified to the taxonomic level of order or family. Accordingly, it is possible that both species of lizards have fed on different species of insects belonging to the same

Table 2. Summary of studies of diet in *Phyllopezus pollicaris* and *Hemidactylis mabouia* including this study.

Prey categories		*H. mabouia*	*P. pollicaris*	Reference
REPTILIA				
H. mabouia		X	-	This study, Bonfiglio et al. (2006)
Lizard skin			X	Recoder et al. (2012)
Lizard eggs			X	Werneck et al. (2009)
Gecko skin		X		Iturriaga & Marrero (2013)
ARACHNIDA				
Acari		X		Bonfiglio et al. (2006)
Aranea		X	X	This study, Dias & Lira-da-Silva (1998), Bonfiglio et al. (2006), Rocha & Anjos (2007), Werneck et al. (2009), Recoder et al. (2012), Iturriaga & Marrero (2013)
Pseudoscorpionida		X	-	This study, Rocha & Anjos (2007),
Scorpionida			X	Recoder et al. (2012)
CRUSTACEA				
Amphipoda		X		Bonfiglio et al. (2006)
Isopoda		X		Bonfiglio et al. (2006), Rocha & Anjos (2007), Iturriaga & Marrero (2013)
GASTROPODA		X		Rocha & Anjos (2007)
CHILOPODA		X		Iturriaga & Marrero (2013)
DIPLOPODA		X	X	This study, Recoder et al. (2012)
INSECTA				
Apterygota			X	Recoder et al. (2012)
Blatoddea/Blattaria		X	X	Bonfiglio et al. (2006), Rocha & Anjos (2007), Werneck et al. (2009), Recoder et al. (2012), Iturriaga & Marrero (2013)
Coleoptera		X	X	This study, Rodrigues (1986), Dias & Lira-da-Silva (1998), Bonfiglio et al. (2006), Rocha & Anjos (2007), Werneck et al. (2009), Recoder et al. (2012)
Collembola		X		Bonfiglio et al. (2006), Rocha & Anjos (2007)
Dermaptera		X	X	Bonfiglio et al. (2006), Rocha & Anjos (2007)
Diptera		X		Bonfiglio et al. (2006), Rocha & Anjos (2007), Recoder et al. (2012), Iturriaga & Marrero (2013)
Hemiptera		X	X	This study, Bonfiglio et al. (2006), Rocha & Anjos (2007), Recoder et al. (2012)
Hymenoptera	Formicidae	X	X	This study, Rodrigues (1986), Dias & Lira-da-Silva (1998), Bonfiglio et al. (2006), Rocha & Anjos (2007), Werneck et al. (2009), Recoder et al. (2012)
	Other	X	X	This study, Dias & Lira-da-Silva (1998), Bonfiglio et al. (2006), Werneck et al. (2009), Iturriaga & Marrero (2013)
Insecta larvae		X	X	Rocha & Anjos (2007), Werneck et al. (2009)
Isoptera		X	X	Rodrigues (1986), Bonfiglio et al. (2006), Rocha & Anjos (2007), Recoder et al. (2012)
Lepidoptera		X	X	This study, Bonfiglio et al. (2006), Rocha & Anjos (2007), Iturriaga & Marrero (2013)
Lepidoptera larvae		X	X	This study, Bonfiglio et al. (2006), Recoder et al. (2012), Iturriaga & Marrero (2013)
Mantodea			X	Recoder et al. (2012)
Neuroptera		X		Bonfiglio et al. (2006), Rocha & Anjos (2007)
Orthoptera		X	X	This study, Rodrigues (1986), Dias & Lira-da-Silva (1998), Bonfiglio et al. (2006), Rocha & Anjos (2007), Werneck et al. (2009), Recoder et al. (2012), Iturriaga & Marrero (2013)
Psocoptera		X		Bonfiglio et al. (2006), Rocha & Anjos (2007), Iturriaga & Marrero (2013)

order. As noted by Luiselli (2006, 2008), identification of stomach contents into broader prey-type categories (e.g., order-level) may suggest an apparent partitioning of food resources by either lizards or snakes. Our identification into taxonomic categories suggests that some degree of trophic resource partitioning may occur at the order or family level though the results may also reflect a greater ease of capture of some prey types. The apparent evidence of resource portioning between the species studied may be due to the occupation of different temporal niches. However, the data are still insufficient to determine whether this occupation is seasonal.

Acknowledgments

The authors would like to thank the anonymous reviewers for helpful comments on an earlier version of the article. We thank also Lays Vargas, Wellinton Arruda and Regiane Galharte for field assistance.

References

ANJOS, L.A. & ROCHA, C.F.D. 2008. A lagartixa *Hemidactylus mabouia* Moreau de Jonnès, 1818 (Gekkonidae): uma espécie exótica e invasora amplamente estabelecida no Brasil. Nat. Conserv. 6:78-89.

AVILA-PIRES, T.C.S. 1995. Lizards of Brazilian Amazonia (Reptilia: Squamata). Zool. Verhand. 299:1-706.

BONFIGLIO, F., CAPPELLARI, L.H. & BALESTRIN, R. 2006. Diet of *Hemidactylus mabouia* (Sauria, Gekkonidae) in urban area of southern Brazil. Biociências 14(2):107-111.

BUTTERFIELD, B.P., HAUGE, B. & MESHAKA JUNIOR, W.E. 1993. The occurence of *Hemidactylus mabouia* on the United States mainland. Herpetol. Rev. 24(3):111-112.

CARRETERO, M.A. & CASCIO, P.L. 2010. What do myrmecophagous geckos eat when ants are not available? Afr. Zool. 45(1):115-120. http://dx.doi.org/10.3377/004.045.0107

DE-CARVALHO, C.B., FREITAS, E.B., FARIA, R.G., BATISTA, R.C., BATISTA, C.C., COELHO, W.A. & BOCCHIGLIERI, A. 2008. Natural history of *Leptodactylus mystacinus* and *Leptodactylus fuscus* (Anura: Leptodactylidae) in the Cerrado of Central Brazil. Biota Neotrop. 8(3): http://www.biotaneotropica.org.br/v8n3/en/abstract?article+bn01308032008.

DIAS, E.J.R. & LIRA-DA-SILVA, R.M. 1998. Utilização dos recursos alimentares por quatro espécies de lagartos (*Phyllopezus pollicaris*, *Tropidurus hispidus*, *Mabuya machrorhyncha* e *Vanzossaura rubricauda*) da Caatinga UHE-Xingó. Braz. J. Ecol. 2: 97-101.

DIXON, J.R. & SOINI, P. 1986. The reptiles of the upper Amazon Basin, Iquitos region, Peru. 2 ed. Milwaukee Public Museum, Milwaukee.

FEIO, R.N. & CARAMASCHI, U. 2003. Contribuição ao conhecimento da herpetofauna do nordeste do estado de Minas Gerais, Brasil. Phyllomedusa 1(2):105-111.

FLASCHENDRAGER, A. 1999. Erstnachweis von *Hemidactylus mabouia* (Moreau de Jonnès, 1818) fur Jamaica. Herpetofauna (Weinsdadt) 21:18.

FRANZ, R., DODD, C.K. & BURDEN, D.W. 1993. Distributional records of amphibians and reptiles from the Exuma islands, Bahamas, including the first reports of a freshwater turtle and an introduced gecko. Caribbean J. Sci. 29:165-173.

FUENMAYOR, G.R., UGUETO, G.N., BAUER, A.M., BARROS, T. & MANZANILLA, J. 2005. Expansion and natural history of a successful colonizing gecko in Venezuela (Reptilia: Gekkonidae: *Hemidactylus mabouia*) and the discovery of *H. frenatus* in Venezuela. Herpetol. Rev. 36(2):121-125.

GOELDI, E.A. 1902. Lagartos do Brasil. Bol. Mus. Para. 3:499-560.

GOTELLI, N.J. & ENTSMINGER, G.L. 2001. EcoSim: Null models software for ecology. version 7.0. Acquired Intelligence Inc. & Kesey-Bear. http://homepages.together.net/~gentsmin/ecosim.htm (último acesso em 08/08/2013).

HIBBITTS, T.J., PIANKA, E.R., HUEY, R.B. & WHITING, M.J. 2005. Ecology of the Common Barking Gecko (*Ptenopus garrulus*) in Southern Africa. J. Herpetol. 39(3):509-515. http://dx.doi.org/10.1670/55-05N.1

ITURRIAGA, M. & MARRERO, R. 2013. Feeding ecology of the Tropical House Gecko *Hemidactylus mabouia* (Sauria: Gekkonidae) during the dry season in Havana, Cuba. Herpetology Notes 6:11-17.

KLUGE, A.G. 1969. The evolution and geographical origin of the new world *Hemidactylus mabouia-brooki* complex (Gekkonidae, Sauria). Misc. Publ. Mus. Zool. Univ. Mich. 138:1-78.

LUISELLI, L. 2008. Do lizard communities partition the trophic niche? A worldwide meta-analysis using null models. Oikos 117:321-330. http://dx.doi.org/10.1111/j.2007.0030-1299.16297.x

LUISELLI, L. 2006. Broad geographic, taxonomic and ecological patterns of interpopulation variation in the dietary habits of snakes. Web Ecol. 6:2-16. http://dx.doi.org/10.5194/we-6-2-2006

MESHAKA JUNIOR, W. E., BUTTERFIELD, B.P. & HAUGE, J.B. 1994. *Hemidactylus mabouia* as an established member of the Florida herpetofauna. Herpetol. Rev. 25:80-81.

PIANKA, E. 1973. The structure of lizard communities. Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst. 4:53-74. http://dx.doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000413

POLIS, G.A. & MYERS, C.A. 1985. A survey of intraspecific predation among reptiles and amphibians. J. Herpetol. 19(1):99-107. http://dx.doi.org/10.2307/1564425

RECODER, R., TEIXEIRA JUNIOR, M, CAMACHO, A. & RODRIGUES, M.T. 2012. Natural history of the tropical gecko *Phyllopezus pollicaris* (Squamata, Phyllodactylidae) from a sandstone outcrop in Central Brazil. Herpetology Notes 5:49-58.

ROCHA, C.F.D. & ANJOS, L.A. 2007. Feeding ecology of a nocturnal invasive alien lizard species, *Hemidactylus mabouia* Moreau de Jonnès, 1818 (Gekkonidae), living in an outcrop rocky area in southeastern Brazil. Braz. J. Biol. 67(3):485-491. PMid:18094831. http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842007000300013

RODRIGUES, M.T. 1986. Uma nova espécie do gênero *Phyllopezus* de Cabaceiras: Paraíba: Brasil; com comentários sobre a fauna de lagartos da área (Sauria Gekkonidae). Pap. Avulsos Zool. 36(20):237-250.

SAENZ, D. 1996. Dietary overview of *Hemidactylus turcicus* with possible implications of food partitioning. J. Herpetol. 30(4):461-466. http://dx.doi.org/10.2307/1565688

VANZOLINI, P.E. 1978. On South American *Hemidactylus* (Sauria, Gekkonidae). Pap. Avulsos Zool. 31(20):307-343.

VANZOLINI, P.E. 1968. Lagartos brasileiros da família Gekkonidae (Sauria). Arq. Zool. 17(1):1-84.

VANZOLINI, P.E., RAMOS-COSTA, A.M.M. & VITT, L.J. 1980. Répteis das Caatingas. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro.

VITT, L.J. & CALDWELL, J. 2009. Herpetology: an introductory biology of amphibians and reptiles. 3. ed. Academic Press, San Diego.

WERNECK, F.R, COLLI, G.R. & VITT, L.J. 2009. Determinants of assemblage structure in Neotropical dry forest lizards. Austral Ecol. 34:97-115. http://dx.doi.org/10.1111/j.1442-9993.2008.01915.x

ZAMPROGNO, C. & TEIXEIRA, R.L. 1998. Hábitos alimentares da lagartixa de parede *Hemidactylus mabouia* (Reptilia, Gekkonidae) na planície litorânea do norte do Espírito Santo, Brasil. Rev. Bras. Biol. 58(1):143-150.

Received 09/08/2012
Revised 10/08/2013
Accepted 11/08/2013

Appendix

Hemidactylus mabouia

Brazil, Mato Grosso do Sul, Corumbá, Porto Marina Limoeiro: ZUFMS-REP 1164, ZUFMS-REP 1165, ZUFMS-REP 1166, ZUFMS-REP 1167, ZUFMS-REP 1168 ZUFMS-REP 1169, ZUFMS-REP 1170, ZUFMS-REP 1141, ZUFMS-REP 1142, ZUFMS-REP 1143, ZUFMS-REP 1144, ZUFMS-REP 1145, ZUFMS-REP 1146, ZUFMS-REP 1147, ZUFMS-REP 1148, ZUFMS-REP 1149, ZUFMS-REP 1150, ZUFMS-REP 1151, ZUFMS-REP 1152, ZUFMS-REP 1153, ZUFMS-REP 1154, ZUFMS-REP 1155, ZUFMS-REP 1156, ZUFMS-REP 1157, ZUFMS-REP 1158, ZUFMS-REP 1159, ZUFMS-REP 1160, ZUFMS-REP 2196, ZUFMS-REP 2197, ZUFMS-REP 2198, ZUFMS-REP 2200, ZUFMS-REP 2201, ZUFMS-REP 2202, ZUFMS-REP 2203, ZUFMS-REP 2204, ZUFMS-REP 2206.

Phyllopezus pollicaris

Brazil, Mato Grosso do Sul, Corumbá, Porto Marina Limoeiro: ZUFMS-REP 1174, ZUFMS-REP 1175, ZUFMS-REP 1176, ZUFMS-REP 1178, ZUFMS-REP 1179, ZUFMS-REP 1180, ZUFMS-REP 1181, ZUFMS-REP 1182, ZUFMS-REP 1183, ZUFMS-REP 1185, ZUFMS-REP 1186, ZUFMS-REP 1187, ZUFMS-REP 1188, ZUFMS-REP 1189, ZUFMS-REP 1190, ZUFMS-REP 1191, ZUFMS-REP 1192, ZUFMS-REP 1193, ZUFMS-REP 1194, ZUFMS-REP 1195, ZUFMS-REP 1196, ZUFMS-REP 1197, ZUFMS-REP 1198, ZUFMS-REP 1199, ZUFMS-REP 1200, ZUFMS-REP 2192, ZUFMS-REP 2194, ZUFMS-REP 2195.

Experimental assessment of temperature increase and presence of predator carcass changing the response of invertebrate shredders

Fernanda Keley Silva Pereira Navarro[1,3], Renan de Souza Rezende[2] &

José Francisco Gonçalves Júnior[1]

[1]Departament of Ecology, University of Brasília – UnB, Campus Darcy Ribeiro – North Wing, CEP 70910-900, Brasília, DF, Brazil
[2]Departament of Ecology and Zoology, Federal University of Santa Catarina – UFSC, Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima – Trindade, CEP 88040-970, Florianópolis, SC, Brazil
[3]Corresponding author: Fernanda Navarro, e-mail: fbionavarro@gmail.com

NAVARRO, F.K.S.P., REZENDE, R.S. & GONÇALVES, J.F.Jr. **Experimental assessment of temperature increase and presence of predator carcass changing the response of invertebrate shredders.** Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/en/abstract?article+bn00313042013

Abstract: The role of the invertebrate shredders in leaf decomposition process in tropical lotic ecosystems has been explored only recently. In addition to the influence of the quality of litter and the temperature, the risk of predation generally results in changes on the survival and behavior of invertebrate shredders. The aim of this study was to observe the responses of the invertebrate shredders to different species of leaf litters (Experiment 1: *Talauma ovata* and *Inga laurina* ; Experiment 2:*Talauma ovata* , *Inga laurina* and *Richeria grandis*) under gradual temperature rise (24 °C, 26 °C, 28 °C, 30 °C, 32 °C), in the presence (Experiment 2) and absence (Experiment1) of fish (*Astyanax* sp.) carcasses, as well as to observe the possible consequences of the leaf mass loss (LML). The results from the first experiment suggest that the quality of the litter was capable of changing the feeding preference of the invertebrate shredders, regardless of temperature. In the second experiment, the leaf mass loss was faster in litter with higher quality (*Talauma ovate* and *Richeria grandis*); in addition, we observed that the exploration of these resources resulted in the case-building in the presence of fish carcass. The negative correlation of leaf mass loss of *Inga laurina* in relation to temperature in the presence of fish carcass probably occurred due to an accelerated metabolic, respiratory and cardiac rates. Apparently, this process may have led to an increased shredding activity on the litters of better quality in relation to the *Inga laurina*. This fact may be related to less energy consumption, so as to meet their energy demands more efficiently.
Keywords: *feeding activity, global warming, decomposition.*

NAVARRO, F.K.S.P., REZENDE, R.S. & GONÇALVES, J.F.Jr. **Avaliação experimental de elevação da temperatura e a presença de carcaça do predador alterando a resposta de invertebrados fragmentadores.** Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/pt/abstract?article+bn00313042013

Resumo: O papel dos invertebrados fragmentadores no processo de decomposição foliar em ecossistemas lóticos tropicais vem sendo recentemente explorado. Além da influência da qualidade do detrito e da temperatura, o risco de predação geralmente implica alterações sobre a sobrevivência e comportamento de invertebrados fragmentadores. O objetivo deste estudo foi verificar as respostas dos invertebrados fragmentadores a diferentes espécies de detritos foliares (Experimento 1: *Talauma ovata* e *Inga laurina*; Experimento 2: *Talauma ovata*, *Inga laurina* e *Richeria grandis*) sob elevações graduais de temperatura (24 °C, 26 °C, 28 °C, 30 °C, 32 °C), na presença (Experimento 2) e ausência (Experimento1) de carcaças de peixes (*Astyanax* sp.), assim como verificar as possíveis consequências sobre a perda de massa foliar (PMF). Os resultados do primeiro experimento sugerem que a qualidade do detrito foi capaz de alterar a preferência alimentar dos invertebrados fragmentadores, independe da temperatura. No segundo experimento, a perda de massa foliar foi maior sobre detritos de melhor qualidade (*Talauma ovata* e *Richeria grandis*), além disso, foi verificada a exploração destes recursos para a construção de casulos, na presença de carcaça de peixe. A correlação negativa da perda de massa foliar da espécie *Inga laurina* em função da temperatura na presença de carcaça de peixes, provavelmente ocorreu devido a uma aceleração da taxa metabólica, respiratória e cardíaca. Isto pode ter levado a uma ampliação da atividade de fragmentação sobre os detritos de melhor qualidade em relação ao *Inga laurina*, a fim de atender suas demandas energéticas com maior eficiência e menor gasto energético.
Palavras-chave: *atividade de alimentação, aquecimento global, decomposição.*

Introduction

In lotic systems, with well-developed marginal vegetation and reduced light penetration, the main source of energy for the metabolism derives from organic matter of allochthonous origin, characterizing them as heterotrophic (Wallace et al. 1997, Gessner et al. 2010). In these environments, allochthonous leaf litter is decomposed by a combination of physical, chemical and biological factors (Hagen et al. 2006). Thus, the decomposition is influenced by characteristics intrinsic to aquatic environments, such as flow, pH (Gessner & Chauvet 2002), water temperature (Liski et al. 2003), chemical composition of detritus (Suberkropp & Chauvet 1995, Ostrofsky 1997) and biomass and the abundance of decomposers and shredded invertebrate (Miyashita & Niwa 2006). Therefore, the health and functioning of lotic ecosystems may be influenced by natural or anthropic changes in the adjacent terrestrial systems and in the biogeochemical cycles in local, regional or even global scale (Tabacchi et al. 1998, Chapin III et al. 2002).

Anthropic actions (e.g. agriculture, cattle raising, urban development, use of fossil fuels and deforestation) have led to an intensification of the greenhouse effect, followed by an accelerated hydrological cycle, which contribute even more to the enhanced global warming effect (Chapin III et al. 2002). Some studies estimate that the average temperature of the planet may rise between 1.8 °C and 4 °C by 2100, thus leading to an increase in the temperatures of the rivers (Houghton et al. 2001, Intergovernmental... 2007). This increase in the temperature may result in serious consequences, such as physiological changes of several organisms, extinction of species, biological interactions and ecological processes (Mooney et al. 2009). Ectothermic animals are strongly influenced by the environmental conditions, where the effects of the temperature have been documented for several taxa (Woods et al. 2003). However, the influence of temperature on the exploration of leaf resources by invertebrate shredders and the probable consequences within the nutrient cycling have been seldom analyzed (Villanueva et al. 2011).

Some works have analyzed the effect of the temperature on the decomposition of allochthonous litter and its consequence for the functioning of lotic ecosystems (Boyero et al. 2011). *Ex-situ* studies showed that the water temperature directly affects the decomposition, by promoting the leaching of soluble compounds (Chergui & Pattee 1990), and indirectly through the increased microbial activity (Carpenter & Adams 1979), thus stimulating leaf consumption by invertebrate shredders (González & Graça 2003, Azevedo-Pereira et al. 2006). The increased temperature affects mainly the detritivorous submitted to low quality litter, thus interfering in the N:P ratio of the excreta (Villanueva et al. 2011).

The role of these invertebrate shredders in leaf breakdown in tropical lotic ecosystems has been explored recently (Wright & Covich 2005, Gonçalves Junior et al. 2006, Wantzen & Wagner 2006), indicating the leaves may provide both food and habitat (Ruetz III et al.2006, Leroy & Marks 2006, Moretti et al. 2009, Gonçalves Junior et al. 2012). The chemical composition of the leaf influences the selection of plant species by the invertebrate as resource or shelter (Wright & Covich 2005, Graça et al. 2001, Gonçalves Junior et al. 2006). However, the studies are still not sufficient to help understand the interaction mechanisms between the invertebrate shredders, quality of the litter and temperature in headwater streams.

In addition to the influence of the availability and quality of the litter, some studies have showed the negative influence of predators on the survival and behavior of invertebrate shredders (Konishi et al. 2001, Ruetz et al. 2002). In aquatic ecosystems, this predator-prey interaction may be shown through chemical substances that are released by the organisms (Brönmark & Hansson 2000, Ruther et al. 2002). These are capable of mediating a series of other interactions, leading to a change in the individuals' behavior, in the exploration of the resources, which may result in the reduction of the decay rate (Brönmark & Hansson 2000, Ruther et al. 2002). However, the invertebrate shredders are rare in tropical systems (Boyero et al. 2011). The genus *Phylloicus* has been regarded as the most common shredder among those that comprise this trophic group, and thus it can be used in studies that analyze its effect on leaf detritus (Moretti 2005). Thus, modifications either in terms of biomass, abundance or nutritional value of some of the organisms present in the food web (plant-herbivore-predator) may reflect changes in trophic levels interlinked and hence the energy flow and nutrient cycling in aquatic environments (Wallace et al. 1997, Miyashita & Niwa 2006).

The genus *Phylloicus* Muller, 1880, (Calamoceratidae), has 61 known species, and these are distributed from South to Central America, being very diverse in Brazil, Peru and Venezuela (Huamantinco et al. 2005, Prather 2003). *Phylloicus* larvae are generally found among underwater leaves in lotic environments, and this leaf resource is used as food and raw material to dorsoventrally case-building (Wantzen & Wagner 2006, Wiggins 1996).

In view of this context, the aims of this study were (i) to analyze the consumption of the invertebrate shredders (genus *Phylloicus*) of chemically different leaf litters under different temperature levels, and (ii) to study the predation effect on the consumption of *Phylloicus*, using the presence and absence of fish carcasses. Three hypotheses are observed: (1) The *Phylloicus* sp. larvae will be capable of accelerating the leaf mass loss of all kinds of litter in higher temperatures (Experiment 1); (2) High quality leaf litters will be more easily degraded by the invertebrate in all levels of temperature (Experiments 1 and 2); (3) The presence of the Predator's carcass will be capable of reducing the leaf mass loss of all kinds of litter in the different levels of temperature, through top-down control in the litter chain (Experiment 2).

Material and Methods

1. Collection procedures

The genus *Phylloicus* (Trichoptera) was the invertebrate shredder used in this study. These organisms were collected by "active search" in Capetinga stream (15° 57' 32" S, 47° 56' 33" W), which is situated in Água Limpa Farm (area of 4,500 hectare), belonging to the University of Brasília. The invertebrate were taken to the laboratory in insulated boxes. In the laboratory, the invertebrate with leaf case-building were kept for 24 hours in 60-L tanks with water and riverbed gravel from the same stream. The tanks were continuously aired during this period.

2. Experimental procedures

2.1. Experiment 1

This experiment was carried out in order to test the responses of the invertebrate shredders facing a categorical variable (temperature) in the presence of difference types of leaf litter. The experiment comprised five treatments that differed only in water temperature: Treatment 1:24 °C, Treatment 2:26 °C, Treatment 3:28 °C, Treatment 4:30 °C and Treatment 5:32 °C. In each 60-L tank three invertebrate were put without the leaf case-building and five leaf discs of each kind of plant species (*Talauma ovata* St. Hill. and *Inga laurina* Sw. Willd). The temperatures of each tank were kept through automatic thermostats and oxygenation was kept by aerators. In addition, a submersible pump was used in each tank to simulate the lotic flow present in the natural environment.

2.2. Experiment 2

This experiment was carried out in order to test the responses of the invertebrate shredders facing the interaction of two categorical variables (temperature and fish carcass) in the presence of difference types of leaf litter. The experiment also comprised five treatments that differed only in the water temperature: Treatment 1:24 °C, Treatment 2:26 °C, Treatment 3:28 °C, Treatment 4:30 °C and Treatment 5:32°C. In each tank two invertebrate were put without the leaf case-building, five leaf discs of each plant species (*Talauma ovata* St. Hill. *, Inga laurina* Sw. Willd and *Richeria grandis* Vahl) and one *Astyanax* sp. Baird & Girard, 1854, fish carcass. These fish are characterized for being invertivorous, and for presenting *Phylloicus* sp. in their diet (G.F.M. Leite, unpublished data). The temperatures of each tank were kept through automatic thermostats and oxygenation was kept by aerators.

3. Leaf mass loss

Discs were taken of wet leaf discs (diameter 1.8 cm) and after were air weighed on precision balance (0.00001 g). They were distributed homogeneously among all treatments in both experiments. These discs were fixed in the tank substrate with pins of different colors in order to enable their identification. Leaf discs homologous (similar used in the experiments) were dried in oven at 62 °C for 48 hours for correction between air x dry weight (to estimate initial dry weight).

The incubation period of the leaf discs related to each treatment in the tanks was 11 days in both experiments. After this period, they were put in oven at 62 °C for 48 hours and further weighed to measure the final dry weight. The leaf mass loss (LML) between the different substrates of each treatment was measured observing the difference between the initial dry weight and the final dry weight. Both experiments were carried out at the experimental unit of the limnology laboratory, Department of Ecology of the University of Brasília (UnB).

4. Characterization of plant species

In order to measure the hardness of each plant species, leaf discs (diameter 1.8 cm) were cut, avoiding their central ribs and, after moistening them to restore their original characteristics, necessary force to perforate the leaf blade was applied through a 0.79-mm piston (Graça & Zimmer 2005). Total polyphenols were measured for each plant species studied, as proposed by Bärlocher & Graça (2005). Lignin and cellulose analyses were quantified according to Gessner (2005).

5. Statistical analysis

Data normality was tested according to Kolmogorov-Smirnov (Massey Junior 1951) and, when required, transformed using the neperian logarithm (Ln). Then the Student's t-test was used to analyze the percentage of mass loss of *Inga laurina* and *Talauma ovata* by invertebrate action of the genus *Phylloicus* (dependent variable) in experiment 1, and among the different temperatures studied (categorical variable) (Zar 1996). In experiment 2, the percentage of mass loss of *Richeria* sp., *Inga laurina* and *Talauma ovata* by invertebrate of genus *Phylloicus* (dependent variable) was tested through ANOVA (one-way) in the different temperatures associated to fish carcass (categorical variable). We used Tukey test for discrimination among the categorical variables (Zar 1996). The Student's t-test was also used to test whether there was significant difference in the percentage of mass of the litter (dependent variable) between the two experiments carried out (categorical variable).

The relationship of temperature (experiment 1) and the temperature associated to fish carcass (experiment 2) with the percentages of mass loss by invertebrate of genus *Phylloicus* was tested through Pearson's coefficient (ρ; ranges from –1 to 1), considering $p < 0.05$. The values equal or superior to 0.70 indicate a strong; from 0.30 to 0.7 indicates mild, and from 0 to 0.30 a weak correlation. Moreover, they may be positive (the variables increase or decrease together) or negative (means that the variables vary in opposite direction; Press et al.1992).

Results

The chemical characterization of litter of *Talauma ovata* presented the lowest concentrations of polyphenols, hardness and lignin in relation to the other litters. *Richeria grandis* presented higher concentrations of polyphenols and hardness, while *Inga laurina* presented the highest values in percentage of lignin and cellulose (Table 1).

1. Experiment 1 (without fish)

The percentages of mass loss of *Inga laurina* and *Talauma ovata* leaf discs by invertebrate action of genus *Phylloicus* were different among the litter in all temperatures tested, with the highest values observed in *Talauma ovata* in all treatments when compared to *Inga laurina* (Table 2; Figure 1).After relating the percentages of mass loss of litters of *Inga laurina* (Pearson's Correlation, $\rho = -0.1$, $p = 0.518$) and *Talauma ovata* (Pearson's Correlation, $\rho = -0.4$, $p = 0.057$) to the increase of temperature in the experiment, we did not find significant correlation.

2. Experiment 2 (with fish)

The mass loss between the litters of *Inga laurina*, *Richeria grandis*, and *Talauma ovata* submitted to action by *Phylloicus* was different in all treatments (Table 3). *Richeria grandis* and *Talauma ovata* were not different in their mass losses (Tukey, $p < 0.05$). On the other hand, *Inga laurina* presented the lowest values (Tukey, $p < 0.05$; Figure 2). We found mass loss of litters by *Phylloicus* sp. with increased temperature in the presence of fish carcasses. However, we observed that *Inga laurina* was negative correlated (Pearson's Correlation, $\rho = -0.7$, $p = 0.023$), but we did not find correlation to *Richeria grandis* (Pearson's Correlation, $\rho = -0.1$, $p = 0.483$) and *Talauma ovata* (Pearson's Correlation, $\rho = 0.1$, $p = 0.834$).

3. Experiment 1 (without fish) X Experiment 2 (with fish)

The percentages of mass loss by invertebrate of genus *Phylloicus* between the two treatments carried out with litter of *Inga laurina* and *Talauma ovata* were significantly different in most of the temperatures analyzed (Table 2). *Talauma ovata* presented higher significant values in treatment 2 (with fish) when compared to treatment 1 (without fish) for all treatments. However, *Inga laurina* did not presented significant difference in temperatures of 24 °C and 30 °C, contrary to the other one (26 °C, 28 °C and 32 °C). Except for 24 °C in *Inga laurina* presented the highest values of leaf mass loss in Experiment 1 (without fish) when compared to 2 (with fish).

Table 1. Characterization of plants species: Concentration of polyphenols (% g^{-1} dry mass), Hardness (g), Lignin (% g^{-1} dry mass) and Cellulose (%g^{-1} dry mass).

Plant Species	Polyphenols	Hardness	Lignin	Cellulose
Richeria grandis	6.95	400.1	28.92	20.84
Talauma ovata	2.21	149.75	22.93	28.04
Inga laurina	4.79	363.75	43.56	29.11

Table 2. Student's t-test and p values for mass loss rate for *Inga laurina* and *Talauma ovata* in the experiment 1 (absence of fish carcass) and between experiments 1 (absence of fish carcass) and 2 (presence of fish carcass), in different temperature gradients.

	Experiment 1		Experiment 1 × Experiment 2			
	T. ouvata × *I. laurina*		*T. ovata*		*I. laurina*	
	t	p	t	p	t	p
24 °C	3.97	0.0032	24.67	< 0.001	1.839	0.099
26 °C	3.58	0.0059	4.904	< 0.001	3.303	0.009
28 °C	3.48	0.0068	7.117	< 0.001	9.613	< 0.001
30 °C	4.18	0.0023	19.49	< 0.001	1.990	0.077
32 °C	3.91	0.0035	13.68	< 0.001	4.015	0.003

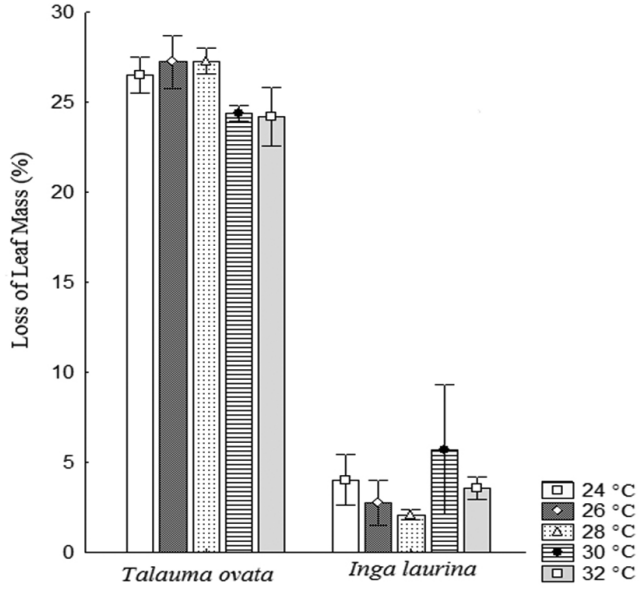


Figure 1. Average values and standard errors of the percentages of mass loss by invertebrate of genus *Phylloicus* of *Inga laurina* and *Talauma ovata* in the different temperatures studied (24 °C, 26 °C, 28 °C, 30 °C and 32 °C).

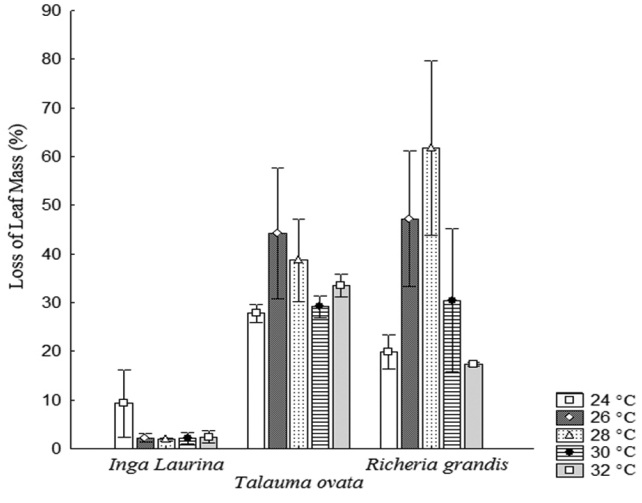


Figure 2. Average values and standard errors of the percentages of mass loss by invertebrate of genus *Phylloicus* of *Richeria grandis, Inga laurina* and *Talauma ovata* in the different temperatures studied (24 °C, 26 °C, 28 °C, 30 °C and 32 °C).

Table 3. Significance (p) values for ANOVA (one-way) test, degrees of freedom (DF) used and residual DF in the analysis, as well as F-test deviance values for mass loss between *Richeria grandis*, *Inga laurina* and *Talauma ovata* in different temperature gradients in the presence of fish carcass.

	DF	Residual DF	Deviance (F)	p
24 °C	2	12	7.13	0.009
26 °C	2	12	23.77	< 0.001
28 °C	2	12	40.55	< 0.001
30 °C	2	12	17.78	0.002
32 °C	2	12	21.65	< 0.001

Discussion

1. Shredding activity × Quality of leaf litter

The results of the first experiment indicated that the quality of the litter was capable of changing the feeding preference of the invertebrate shredders. A better quality of the *Talauma ovata* leaves could be explained by lower concentrations of secondary compounds, lignin and cellulose facilitating the consume by the *Phylloicus* larvae. These results are according to Graça et al. (2001) who observed a feeding preference of *Phylloicus* for leaves with high N and P, and lower polyphenols and lignin (*Ficus*) content, thus avoiding litter with lower N and P content, and high polyphenols and lignin (*Anacardium*) content. Another important aspect is that, when synthesizing large quantities of secondary compounds (polyphenols), many tropical species impair the microbial colonization, thus reducing the palatability of leaves for the shredders (Coley & Aide 1991, Gessner & Chauvet 1994).

In the second experiment, the invertebrate also had a higher feeding preference for *Talauma ovate* and for *Richeria grandis* in relation to *Inga laurina*. However, *Richeria grandis* did not present different concentrations of polyphenols and hardness in relation to *Inga Laurina*, probably because they showed lower lignin and cellulose contents. This may suggest that the feeding preference of the *Phylloicus* sp. under risk of predation due the low percentage of structural compounds (lignin and cellulose) leading to easy obtain energy. Ratnarajah & Barmuta (2009) observed that the hardness of leaves did not affect the consumption of the litters by *Antipode wellingtoni* and *Caenotaplicata*, corroborating our results, where the structural composition of the leaves was the main factor for the increase of leaf consumption, regardless of hardness.

2. Shredding behavior × Temperature gradient

The absence of significant correlation between the leaf mass loss of litter of *Inga laurina* or *Talauma ovata* with the different temperature gradients suggests that the increased temperature was

not capable of increasing the consumption of the different leaf resources by the invertebrate shredders. This corroborates the study by Villanueva et al. (2011), where they did not observe consumption of *Sericostoma vittatum* by an increase in carbon, nitrogen and phosphorus ingestion between the temperatures of 15°C and 20°C, fed with three different diets (*Alnus glutinosa*, *Eucalyptus globulus* and *Quercus robur*). However, studies have reported that the efficiency in assimilating N, P and C in detritivorous species may be simultaneously affected by the temperature and diet (Villanueva et al. 2011).

In the presence of carcass was observed the construction of case-building by Phylloicus sp., possibly due the chemical substances released from fish carcass could indicate the risk of predation.These can lead invertebrate to build shelters that ensured protection from predators. Litters of *Talauma ovata* and *Richeria grandis* were used frequently to build case, probably due its higher abundance, quality resources and faster losses of leaf mass in all treatments. This corroborates some studies that suggest that *Phylloicus* have preference for some plants species, where the leaf litter used to build case is very flexible and depends on its abundance in its habitats (Moretti et al. 2009, Hanna 1961, Otto & Svensson 1980).

The risk of predation tends to result in physiological stress on preys, which consists in changes in neuroendocrine and biochemical processes, acceleration of metabolism, respiratory and cardiovascular rates and behavioral changes, so as to increase the survival of the species before life-threatening situations and to keep the physiological homeostasis (Wingfield & Ramenofsky 1999). Other studies report that the increase in the temperature tends to generate an exponential increase in the metabolic rate (Brown et al. 2004). The presence of fish carcass was capable of increasing the consumption over *Talauma ovata* as compared to the experiment without carcass, in all temperatures, even in the presence of a second resource of good quality (*Richeria grandis*). This suggests that the risk of predation may be capable of generating a physiological stress in *Phylloicus* sp., stimulating these invertebrate to increase their shredding activity on high-quality litter that ensure an energy input more effectively and efficiently, mainly in intermediate temperatures (26 °C and 28 °C).

3. *Experiment 1(absence of fish carcass) × Experiment 2 (presence of fish carcass)*

In experiment 1, the presence of only one stressing agent and a better quality resource allowed *Inga larina* to be explores with higher intensity, even with the increase in the temperature. However, the strong negative correlation of leaf mass loss of the species *Inga laurina* in relation to the temperature in the presence of fish carcass may be related to the increase in the physiological stress for shredder by increase in the temperature and risk of predation (stressor agents) (Wingfield & Ramenofsky 1999, Brown et al. 2004). This may have accelerated the metabolism of these invertebrate, leading them to expand their shredding activity on the litters of better quality (*Talauma ovata* and *Richeria grandis*) and more abundant. Thus, this reduction in the exploration of *Inga laurina*, that contains a higher concentration of refractory compounds, with the increase in the temperature, may be a strategy to meet their energy need with higher efficiency and lower energy consumption.

Conclusion

Our results indicate that the *Phylloicus* sp. larvae present a higher shredding capacity on litters that contain lower percentage of structural (refractory) and secondary compounds, regardless of the temperature gradient. The presence of fish carcass is capable of simulating the risk of predation on *Phylloicus* sp. and accelerating the shredding behavior of this invertebrate on the better quality resources. This probably occurs to meet energy needs arising out of a probable state of stress or to build case that ensure higher protection and survival.

Acknowledgements

We are grateful to PROCAD-NF/CAPES (Nº. 173/2010), PELD/CNPq (Nº. 558233/2009-0), FAPEMIG (No. APQ-00274-12), Graduate Program in Biological Sciences/Unimontes, and Scholarship of Graduation (PROIC/2012-Newly-Doutor/DPP) and founds of University of Brasília (DPP; No. 121366/2011) for the financial support. Also, the REUNI Program for offering a PhD Scholarship to Fernanda Navarro (Nº.07/2011). Finally, we would like to express our special gratitude to all evening students from the discipline Physical Environment and Ecosystems-2011.

References

AZEVEDO-PEREIRA, H., GONZÁLEZ, J. & GRAÇA, M.A.S. 2006. Life history of *Lepidostomahirtum*in an Iberian stream and its role on organic matter processing. Hydrobiologia 559:183-192. http://dx.doi.org/10.1007/s10750-005-1267-1

BÄRLOCHER, F. & GRACA, M.A.S. 2005. Total phenolics. In Methods to Study Litter Decomposition: A Practical Guide (M.A.S. Graça, F. Bärlocher & M.O. Gessner, eds.). Springer, Dordrecht, p.45-48. http://dx.doi.org/10.1007/1-4020-3466-0_14

BOYERO, L., PEARSON, R.G., GESSNER, M.O., BARMUTA, L.A., FERREIRA, V., GRAÇA, M.A.S., DUDGEON, D., BOULTON, A.J., CALLISTO, M., CHAUVET, E., HELSON, J.E., BRUDER, A., ALBARIÑO, R.J., YULE, C.M., ARUNACHALAM, M., DAVIES, J.N., FIGUEROA, R., FLECKER, A.S., RAMÍREZ, A., DEATH, R.G., IWATA, T., MATHOOKO, J.M., MATHURIAU, C., GONÇALVES, J.F., MORETTI, M.S., JINGGUT, T., LAMOTHE, S., M'ERIMBA, C., RATNARAJAH, L., SCHINDLER, M.H., CASTELA, J., BURIA, L.M., CORNEJO, A., VILLANUEVA, V.D. & WEST, D.C. 2011. A global experiment suggests climate warming will not accelerate litter decomposition in streams but might reduce carbon sequestration. Ecol. Lett. 14:289-294. PMid:21299824. http://dx.doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01578.x

BRÖNMARK, C. & HANSSON, L.A. 2000. Chemical communication in aquatic systems: an introduction. Oikos, 88:103-109. http://dx.doi.org/10.1034/j.1600-0706.2000.880112.x

BROWN, J.H., GILLOLY, J.F., ALLEN, A.P., SAVAGE, V.M. & WEST, G.B. 2004. Toward a metabolic theory of ecology. Ecology 85:1771-1789. http://dx.doi.org/10.1890/03-9000

CARPENTER, S.R. & ADAMS, M.S. 1979. Effects of nutrients and temperature on decomposition of *Myriophyllum spicatum* L. in a hardwater eutrophic lake. Limnol. Oceanogr. 24:520-528. http://dx.doi.org/10.4319/lo.1979.24.3.0520

CHAPIN III, F.S., MATSON, P.A. & MOONEY, H.A. 2002. Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology. Springer Science, Business Media inc., p.472.

CHERGUI, H. & PATTEE, E. 1990. The influence of season on the breakdown of submerged leaves. Arch. Hydrobiol. 120:1-12.

COLEY, P.D. & AIDE, T.M. 1991.Comparison of herbivory and plant defense in temperate and tropical broad-leaved forests. In: Plant-Animal Interactions: Evolutionary Ecology in Tropical and Temperate Regions (P.W. Price, T.M. Lewinsohn, G.W. Fernandes & W.W. Benson, eds.). Wiley, New York, p.25-49.

GESSNER, M.O. & CHAUVET, E. 1994. lmportance of stream microfungiin controlling breakdown rates of leaf litter. Ecology 75:1807-1817. http://dx.doi.org/10.2307/1939639

GESSNER, M.O. &CHAUVET, E. 2002. A case for using litter breakdown to asses functional stream integrity. Ecol. Appl. 12:498-510. http://dx.doi.org/10.1890/1051-0761(2002)012[0498:ACFULB]2.0.CO;2

GESSNER, M.O., SWAN, C.M., DANG, C.K., MCKIE, B.G., BARDGETT, R.D., WALL, D.H. & HATTENSCHWILER, S. 2010. Diversity meets

decomposition. Trends Ecol. Evol. 25:372-380. PMid:20189677. http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.010

GESSNER, M.O. 2005. Proximate Lignin and Cellulose. In Methods to Study Litter Decomposition: A Practical Guide (M.A.S. Graça, F. Bärlocher & M.O. Gessner, eds.). Springer, Dordrecht, p.115-120. http://dx.doi.org/10.1007/1-4020-3466-0_17

GONÇALVES JUNIOR, J.F., GRAÇA, M.A.S. & CALLISTO, M. 2006. Leaf-litter breakdown in 3 streams in temperate, Mediterranean, and tropical Cerrado climates. J. N. Am. Benthol. Soc.25:344-355. http://dx.doi.org/10.1899/0887-3593(2006)25[344:LBISIT]2.0.CO;2

GONÇALVES JUNIOR, J.F., REZENDE, R.S., FRANÇA, J. & CALLISTO, M. 2012. Invertebrate colonisation during leaf processing of native, exotic and artificial detritus in a tropical stream. Mar. Freshwater. Res. 63:428-439. http://dx.doi.org/10.1071/MF11172

GONZÁLEZ, J.M. & GRAÇA. M.A.S. 2003. Conversion of leaf litter to secondary production by a shredding caddis-fly. Freshwater Biol. 48:1578-1592. http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2427.2003.01110.x

GRAÇA, M.A.S., CRESSA, C., GESSNER, M.A., FEIO, M.J., CALLIES, K.A. & BARRIOS, C. 2001. Food quality, feeding preferences, survival and growth of shredders from temperate and tropical streams. Freshwater Biol. 46:947-957. http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2427.2001.00729.x

GRAÇA, M.A.S. &ZIMMER, M. 2005. Leaf toughness. In Methods to Study Litter Decomposition: A Practical Guide (M.A.S. Graça, F. Bärlocher & M.O. Gessner, eds.). Springer, Dordrecht, p.109-113. http://dx.doi.org/10.1007/1-4020-3466-0_18

HAGEN, E.M., WEBSTER, J.R. & BENFIELD, E.F. 2006. Are Leaf Breakdown Rates a Useful Measure of Stream Integrity along an Agricultural Landuse Gradient? J. N. Am. Benthol. Soc. 25(2):330-343. http://dx.doi.org/10.1899/0887-3593(2006)25[330:ALBRAU]2.0.CO;2

HANNA, H.M. 1961. Selection of materials for case-building larvae of caddis flies (Trichoptera). P. Roy. Soc. Lond. B Bio. 36:37-47.

HOUGHTON, J.T., DING, Y., GRIGGS, D.J., NOGUER, M., VAN DER LINDEN, P.J. & XIAOSU, D. 2001. Climate Change 2001. The Scientific Basis Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC (Eds.) University Press, Cambridge, p.944.

HUAMANTINCO, A.A., DUMAS, L.L. & NESSIMIAN, J.L. 2005. Description of larva and pupa of Phylloicusabdominalis Ulmer, 1905 (Trichoptera: Calamoceratidae). Zootaxa 1039:19-26.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. Climate Change. 2007. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B.,Tignor, M. and Miller, H.L., eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK.

KONISHI, M., NAKANO, S. & IWATA, T. 2001. Trophic cascading effects of predatory fish on leaf litter processing in a Japanese stream. Ecol. Res.16:415-422. http://dx.doi.org/10.1046/j.1440-1703.2001.00406.x

LEROY, C.J. & MARKS, J.C. 2006. Litter quality, stream characteristics and litter diversity influence decomposition rates and macroinvertebrates. Freshwater Biol. 51:605-617. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2427.2006.01512.x

LISKI, J., NISSINEN, A., ERHARD, M. & TASKINEN, O. 2003. Climatic effects on litter decomposition from arctic tundra to tropical rainforest. Global Change Biol. 9:575-584. http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2486.2003.00605.x

MASSEY JUNIOR, F.J. 1951. The Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit. J. Am. Stat. Assoc. 46:68-78. http://dx.doi.org/10.1080/01621459.1951.10500769

MIYASHITA, T. & NIWA, S. 2006. A test for top-down cascade in a detritus-based food web by litter-dwelling web spiders. Ecol. Res. 21:611-615. http://dx.doi.org/10.1007/s11284-006-0155-0

MOONEY, H., LARIGAUDERIE, A., CESARIO, M., ELMQUIST, T., HOEGH-GULDBERG, O., LAVOREL, S., MACE, G. M., PALMER, M., SCHOLES, R. & YAHARA, T. 2009. Biodiversity, climate change, and ecosystem services. Curr. Opin. Environ. Sustainab. 1:46-54. http://dx.doi.org/10.1016/j.cosust.2009.07.006

MORETTI, M.S. 2005. Decomposição de detritos foliares e sua colonização por invertebrados aquáticos em dois córregos na Cadeia do Espinhaço (MG). Dissertação de Mestrado, Universidade de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MORETTI, M.S., LOYOLA, R.D., BECKER, B. & CALLISTO, M. 2009. Leaf abundance and phenolic concentrations codetermine the selection of case-building materials by *Phylloicus sp*. (Trichoptera, Calamoceratidae). Hydrobiologia 630(1):199-206. http://dx.doi.org/10.1007/s10750-009-9792-y

OSTROFSKY, M.L. 1997. Relationship between chemical characteristics of autumn-shed leaves and aquatic processing rates. J. N. Am. Benthol. Soc. 16:750-759. http://dx.doi.org/10.2307/1468168

OTTO, C. & SVENSSON, B.S. 1980.The significance of case material selection for the survival of caddis larvae. J Anim. Ecol. 49:855-865. http://dx.doi.org/10.2307/4231

PRATHER, A.L. 2003. Revision of the Neotropicalcaddisfly genus *Phylloicus*(Trichoptera: Calamoceratidae). Zootaxa 275:1-214.

PRESS, W.H., TEUKOLSKY, S.A., VETTERLING, W.T. & FLANNERY, B.P. 1992. Numerical Recipes in C. Cambridge University Press.

RATNARAJAH, L. & BARMUTA, L.A. 2009. The effects of leaf toughness on feeding preference by two Tasmanian shredders. Hydrobiologia 636(1):173-178. http://dx.doi.org/10.1007/s10750-009-9946-y

RUETZ, C.R., NEWMAN, R.M. & VONDRACEK, B. 2002. Top-down control in a detritus-based food web: fish, shredders, and leaf breakdown. Oecologia 132:307-315. http://dx.doi.org/10.1007/s00442-002-0953-1

RUETZ III, C.R., BREEN, M.J. & VANHAITSMA, D.L. 2006.Habitat structure and fish predation: effects on invertebrate colonisation and breakdown of stream leaf packs. Freshwater Biol. 51(5):797-806. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2427.2006.01525.x

RUTHER, J., MEINERS, T. & STEIDLE, J.L.M. 2002. Rich in phenomena-lacking in terms. A classification of kairomones. Chemoecology 12:161-167. http://dx.doi.org/10.1007/PL00012664

SUBERKROPP, K. & CHAUVET, E. 1995. Regulation of leaf breakdown by fungi in streams: influences of water chemistry. Ecology 76:1433-1445. http://dx.doi.org/10.2307/1938146

TABACCHI, E., CORRE, L.D.L., HAUER, R., PINAY, G., PLANTY-TABACCHI, A.M. & WISSMAR, R.C. 1998. Development, maintenance and role of riparian vegetation in the river landscape. Freshwater Biol. 40:497-516. http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2427.1998.00381.x

VILLANUEVA, V.D., ALBARIÑO, R. & CANHOTO, C. 2011. Detritivores feeding on poor quality food are more sensitive to increased temperatures. Hydrobiologia 678:155-165. http://dx.doi.org/10.1007/s10750-011-0837-7

WALLACE, J.B., EGGERT, S.L., MEYER, J.L. & WEBSTER, J.R. 1997. Multiple trophic levels of a forest stream linked to terrestrial litter inputs. Science 277:102-104. http://dx.doi.org/10.1126/science.277.5322.102

WOODS, H.A., MAKINO, W., COTNER, J.B., HOBBIE, S.E., HARRISON, J.F., ACHARYA, K. & ELSER, J.J. 2003. Temperature and the chemical composition of poikilothermic organisms. Funct. Ecol. 17:237-245. http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2435.2003.00724.x

WANTZEN, K.M. & WAGNER, R. 2006. Detritus processing by invertebrate shredders: a neotropical-temperate comparison. J. N. Am. Benthol. Soc. 25:214-230. http://dx.doi.org/10.1899/0887-3593(2006)25[216:DPBISA]2.0.CO;2

WIGGINS, G.B. 1996. Larvae of North American Caddisfly Genera (Trichoptera). 2nd ed. University of Toronto Press, Ontario.

WINGFIELD, J.C. & RAMENOFSKY, M. 1999. Hormones and the behavioral ecology of stress. In Stress physiology in animals (P.H.M. Baum, ed.). Sheffield Academic, Sheffield, p.1-51.

WRIGHT, M.S. & COVICH, A.P. 2005. The effect of macroinvertebrate exclusion on leaf breakdown rates in a tropical headwater stream. Biotropica. 37:403-408. http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7429.2005.00053.x

ZAR, J.H. 1996. Biostatistical analysis. Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey.

Received 04/11/2013
Revised 08/16/2013
Accepted 10/03/2013

Gall-inducing insects from Campos de Altitude, Brazil

Marcel Serra Coelho[1,3], Marco Antônio Alves Carneiro[2], Cristina Branco[1],

Rafael Augusto Xavier Borges[2] & Geraldo Wilson Fernandes[1]

[1]Laboratório Ecologia Evolutiva & Biodiversidade, Departamento de Biologia Geral – DBG,
Instituto de Ciências Biológicas – ICB, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG,
CP 486, CEP 30161-970, Belo Horizonte, MG, Brazil
[2]Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, Campus Morro do Cruzeiro,
CEP 35400-000, Ouro Preto, MG, Brasil
[3]Corresponding author: Marcel Serra Coelho, e-mail: marcel.s.coelho@gmail.com

COELHO, M.S., CARNEIRO, M.A.A., BRANCO, C., BORGES, R.A.X. & FERNANDES, G.W. **Gall-inducing insects from Campos de Altitude, Brazil**. Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/en/abstract?article+bn02513042013

Abstract: Gall-inducing insects are very specious in vegetations of southeastern Brazil. Our goal was describe the gall richness by characterizing their external forms and their patterns of occurrence on host plants. Samples were collected from Campos de Altitude at four regions of the Mantiqueira Range: 1) Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, 2) Parque Nacional do Caparaó, 3) Parque Estadual do Ibitipoca, 4) Parque Nacional do Itatiaia. We found 93 gall species within 13 families, 30 genera and 50 host plant species. We recorded 38 gall species in Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, 21 in Parque Nacional do Caparaó, 23 in Parque Estadual do Ibitipoca and 20 in Parque Nacional do Itatiaia. Asteraceae represented 33% of the species collected, followed by Melastomataceae at 17%; with each one concentrating 56% and 18% of the galling insects, respectively. 98% of galls were Cecydomiidae (Diptera). The most attacked organ was the stem (56%), followed by the leaf (23%). Only 12% of the galls described in our study had been already recorded in previous studies, thus reinforcing the need to increase the sampling effort toward a better understanding of the richness and the natural history of gall-inducing insects from Brazil.
Keywords: *biodiversity, biogeography, herbivory, host plant, altitude.*

COELHO, M.S., CARNEIRO, M.A.A., BRANCO, C., BORGES, R.A.X. & FERNANDES, G.W. **Insetos indutores de galhas de Campos de Altitude, Brazil**. Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/pt/abstract?article+bn02513042013

Resumo: Insetos indutores de galhas são muito ricos em espécies nas formações vegetais do sudeste do Brasil. O objetivo deste estudo foi descrever a riqueza de morfotipos de galha por meio da caracterização de suas formas externas e os padrões de ocorrência nas plantas hospedeiras. As amostragens foram realizadas em campos rupestres e altitudinais de quatro regiões da Serra da Mantiqueira: 1) campos de altitude do Parque Estadual do Brigadeiro e 2) Parque Nacional do Caparaó, 3) Parque Estadual do Ibitipoca e Parque Nacional do Itatiaia. Foram registradas 93 espécies de galhas induzidas por insetos em 13 famílias, 30 gêneros e 50 espécies de plantas hospedeiras. Sendo 38 a riqueza de insetos indutores de galhas do Parque Estadual do Brigadeiro, 21 do Parque Nacional do Caparaó, 23 do Parque Nacional do Caparaó e 20 do Parque Nacional do Itatiaia. As famílias com maior riqueza foram Asteraceae (33%) e Melastomataceae (17%). A família Cecydomiidae (Diptera) foi a mais frequente (98%). O órgão mais atacado foi o caule (56%) seguido de folha (23%). O fato de apenas 12% das galhas descritas neste estudo já terem sido registradas em trabalhos anteriores, reforça a necessidade em aumentar o esforço amostral na direção de um maior conhecimento sobre a riqueza e história natural dos insetos indutores de galhas no Brasil.
Palavras-chave: *biodiversidade, biogeografia, herbivoria, planta hospedeira, altitude*

Introduction

Galls are produced by an increase in the size (hypertrophy) and/or in the number of plant cells (hyperplasia), which results in the formation of symmetrical structures in one or more organs of the host plant (Mani 1964, Raman 2007). Gall-inducing insects are considered the most sophisticated and capable due to their ability to manipulate the host plants for their benefit (Abrahamson & Weis 1997, Shorthouse et al. 2005, Fernandes et al. 2010). Galls could be considered to be an extension of the inductor phenotype, since their morphological characteristics depend on the inductor genotype as well as on environmental factors such as heat, humidity, and soil (Weis et al. 1988). Galls can be induced by bacteria, fungi, algae, nematodes, rotifers, copepods, plant (Loranthaceae), however, the most common are those induced by insects (Raman et al. 2005). Recent estimates point to a richness of around 130,000 species of Gall-inducing insects on the face of the planet with approximations ranging from 5 to 30 million insect species (Espírito-Santo & Fernandes 2007). Despite the high richness of gall morphotypes recorded in several Brazilian ecosystems, only 159 species have been described in Brazil (Maia 2005); and, considering the height diversity of these ecosystems, very few studies have been conducted which focus on the natural history and descriptions of gall morphotypes. Some of the ecosystems were only recently sampled, while others are still awaiting research (Coelho et al. 2009). We are not aware of any studies conducted on Campos de Altitude from Serra da Mantiqueira.

The Campos de Altitude were named by Barreto (1949) of "Campos Alpinos" and by Rizzini (1963) of "Campos Altimontanos". However, these classifications include ecosystems that, despite their physiognomic similarities, differ in lithological characteristics, geological origins, surrounding matrix, as well as in biological characteristics, such as floristic composition (Rizzini 1979). As a result of said differences, the fields located at high altitudes were subdivided into "Campos Quartizíticos" and "Campos Altimontanos" by Rizzini (1979) and later into "Campos Rupestres" and "Campos de Altitude" by Ferri (1980).

Campos Rupestres are composed predominantly of quartzite and sandstone rocks and are mainly associated with the Cerrado, although they can be found immersed in matrices of other biomes (Caiafa & Silva 2005). Unlike the Campos Rupestres, the Altitudinal Fields occur predominantly on granite rocks and are immersed in a matrix of Atlantic Rainforest (Moreira & Camelier 1977). The vegetation of both physiognomies is predominantly dominated by herbs and shrubs, however, Asteraceae, Melastomataceae, Orchidaceae, Bromeliaceae are the most common families in Campos de Altitude whereas, Asteraceae, Xyridaceae, Velloziaceae, Cyperaceae, and Melastomataceae are the most common families in the Rupestrian Fields. Adding to their biological and geological importance, mountain environments from southeastern Brazil are headwaters regions. For example, the Campos de Altitude associated with "Serra do Mar" and the Mantiqueira Range are responsible for supplying the water needs of 25% of the Brazilian population which may explain, *per se* their conservation (Safford 1999). Furthermore, Campos de Altitude from Mantiqueira Range and their disjunctions are associated with the Cerrado and Atlantic Rain Forest biomes, two biodiversity hotspots (Myers et al. 2000).

This work is part of a project to describe the natural history of galling insects, their galls, and their host plants at Campos de Altitude from Serra da Mantiqueira and Espinhaço Range (Carneiro et al. 2009b). Our goal was describe the gall richness through the characterization of the shape and occurrence patterns of the gall as related to its host plants at four regions of Serra da Mantiqueira.

Material and Methods

Samples were collected in four Campos de Altitude from Mantiqueira Range: 1) Parque Estadual do Brigadeiro (PESB), 2) Parque Nacional do Caparaó (PNC), 3) Parque Estadual do Ibitipoca (PEIB) and 4) Parque Nacional do Itatiaia (PNI).

The PESB is located in the "Zona da Mata" of Minas Gerais, between the meridians 42° 20' and 42° 40' S and the parallels 20° 20' and 21° 00' (Engevix 1995). Its lithology consists largely of granite formations (Machado-Filho et al. 1983). The climate is classified as medium mesothermal (CW_b) with an annual average temperature and rainfall of 18 °C and 1,300 mm, respectively. The predominant vegetation is composed of secondary semi-deciduous forest fragments (Veloso et al. 1991) and altitudinal fields (Ferri 1980). A floristic survey carried out in Altitudinal Fields from PESB Caiafa & Silva (2005) recorded 81 vascular plant species, with Asteraceae and Orchidaceae standing out as the most representative families.

The PNE is located between the states of Minas Gerais and Espírito Santo (20° 25' S, 41° 48' W) (Safford 2001). The soil is predominantly composed of metamorphic rocks (Machado-Filho et al. 1983). The average temperature is 10.5 °C whereas the rainfall is 1800mm (Safford 2001). The vegetation is composed of secondary semi-deciduous forests fragments and Altitudinal Fields above 2250m (Safford 2001).

The PEIB is located in the southeast of Minas Gerais (21° 42' S, 43° 54' W). The soil is predominantly quartzitic (Fundação... 1983). The average temperature is 18.9 °C whereas the rainfall is 1395 mm (Lemos & Melo-Franco 1976). The climate is classified as medium mesothermal (CW_b) (Fundação... 1983) and the region hosts different vegetation types: grassy fields, Rupestrian Fields, Fields with shrubs and small trees and wet forests "Capões de Mata" (Andrade & Souza 1995). Previous floristic studies have demonstrated the great importance of the region for concentrate a high biodiversity and high number of endemic species (Rodela 1998).

The PNI (22° 21' S and 44° 40' W) is located in central Mantiqueira range with a marked seasonality of cold, dry winters and hot, wet summers. The average temperature and precipitation is 14 °C and 2400 mm, respectively (Ribeiro et al. 2007). The fields are located in heights above 2000 meters with 550 described species (Safford 1999), of which 11% are endemic.

Gall sampling was performed following the methodology described by Fernandes & Price (1988, but see also Price et al. 1998). At each sampling point a plot with 100 woody plants (between 0.3 and 2 m high) was arbitrarily selected, totaling 1,000 plants in each region and 4,000 plants overall. Each plant was sampled throughout the aerial part of the individual by direct counting of gall morphotypes. Forests, areas close to trails, or any areas with visible human interference were excluded from the sampling.

According to Carneiro et al. (2009a) gall description associated with the identification of host-plant species is a reliable richness indicator of the gall-inducing insects. About 95% of described species of Cecidomyiids from Brazil can be identified based on the external shape associated with the host plant on which it occurs, reinforcing the use of this methodology as reliable in galling studies (Price et al. 1998, Blanche 2000, Cuevas-Reyes et al. 2003, 2004, Oyama et al. 2003).

The host plant samples and their galls were mounted and deposited in the herbariums OUPR and BHCB (acronyms according to Holmgren et al. 1990). The collected plants were separated into families and were then identified by specialists to the lowest taxonomic level possible. The classification of plant species followed the system proposed by Angiosperm Phylogeny Group II (2003). The galls were photographed and categorized according to color, shape, presence or absence of hairs and in accordance to the organ where they occurred (see Carneiro et al. 2009b). Galling insects were always identified when possible.

Table 1. Host plants, description of gall-inducing insects at Campos de Altitude from four regions located at Serra da Mantiqueira (PEB = Parque Estadual do Brigadeiro, PNC = Parque Nacional do Caparaó, PIB = Parque Estadual do Ibitipoca, PNI=Parque Nacional do Itatiaia).

Host Plants	Likely gall maker taxa	Regions				Organ	Shape	Color	Pubescence	Chambers	Photos
		PESB	PNC	PEIB	PNI						
Asteraceae											
Aspilia foliosa (Gardner) Benth. & Hook.	Cecidomyiidae	x				leaf	rolled edge	brown	glabrous	1	1(a)
	Cecidomyiidae	x				terminal branch	fusiform	brown	glabrous	1	1(b)
Baccharis aracatubensis Malag. & Hatschb.	Lepdoptera		x			stem	clefform	brown	glabrous	1	1(c)
Baccharis brevifolia DC.	Cecidomyiidae				x	leaf	elliptical	green	glabrous	1	1(d)
Baccharis dubia Deble & An. S. de Oliveira	Cecidomyiidae				x	stem	globulous	brown	glabrous	1	1(e)
Baccharis itatiaiae Wawra	Cecidomyiidae				x	stem	intumescence	brown	glabrous	1	1(f)
	Cecidomyiidae				x	stem	fusiform	green	glabrous	1	1(g)
	Cecidomyiidae				x	leaf	discóide	gree	glabrous	1	1(h)
	Cecidomyiidae				x	terminal branch	intumescence	brown	glabrous	1	1(i)
Baccharis myriocephala DC.	Cecidomyiidae		x			leaf	rolled edge	green	glabrous	1	1(j)
Baccharis platypoda DC.	Cecidomyiidae	x	x			leaf	discoid	green	glabrous	1	1(k)
	Cecidomyiidae	x	x			stem	fusiform	brown	glabrous	1	1(l)
	Cecidomyiidae	x	x			stem	fusiform	green	glabrous	various	1(m)
	Cecidomyiidae	x	x			stem	intumescence	brown	glabrous	1	1(n)
	Cecidomyiidae	x	x			flower	globulous	green	glabrous	various	1(o)
	Cecidomyiidae	x	x			leaf	rolled edge	green	glabrous	1	1(p)
	Cecidomyiidae	x	x			leaf	elliptical	green	glabrous	1	1(q)
	Cecidomyiidae	x				terminal branch	intumescence	brown	glabrous	various	1(r)
Baccharis pseudomyriocephala I.L. Teodoro	Cecidomyiidae				x	stem	intumescence	green	glabrous	1	1(s)
	Tephritidae				x	stem	globulous	brown	glabrous	1	1(t)
	Cecidomyiidae				x	stem	fusiform	brown	glabrous	1	2(a)
	Cecidomyiidae				x	leaf	legume	green	glabrous	1	2(b)
Asteraceae											
	Cecidomyiidae				x	leaf	discoid	green	glabrous	1	2(c)
	Cecidomyiidae				x	terminal branch	rolled edge	brown	glabrous	various	2(d)
Baccharis reticularia DC.	Cecidomyiidae			x		stem		brown	glabrous	various	2(e)
	Cecidomyiidae			x		leaf	legume	brown	glabrous	1	2(f)
	Cecidomyiidae			x		leaf	discoid	green	glabrous	1	2(g)
	Cecidomyiidae			x		terminal branch	intumescence	brown	glabrous	1	2(h)
Baccharis salzmanii DC.	Cecidomyiidae	x		x		stem	fusiform	brown	glabrous	1	2(i)
	Cecidomyiidae			x		stem	globulous	brown	glabrous	1	2(j)
	Cecidomyiidae			x		stem	intumescence	brown	glabrous	1	2(k)
	Cecidomyiidae			x		leaf	claviforme	green	glabrous	1	2(l)
	Cecidomyiidae			x		leaf	discoid	green	glabrous	1	2(m)
	Cecidomyiidae			x		terminal branch	intumescence	brown	glabrous	various	2(n)
Baccharis stylosa Gardner	Cecidomyiidae	x				stem	fusiform	brown	glabrous	1	2(o)
	Cecidomyiidae	x				leaf	elliptical	brown	glabrous	1	2(p)
Baccharis trimera (Less.) DC	Cecidomyiidae			x		stem	intumescence	green	glabrous	1	2(q)

Table 1. Continued...

Host Plants	Likely gall maker taxa	Regions				Organ	Shape	Color	Pubescence	Chambers	Photos
		PESB	PNC	PEIB	PNI						
Baccharis uncinella DC.	Cecidomyiidae				x	leaf	legume	brown	glabrous	1	2(r)
	Cecidomyiidae				x	terminal branch	intumescence	brown	glabrous	1	2(s)
Cyrtocymura scorpioides (Lam.) H. Rob.	Cecidomyiidae	x				stem	globulous	brown	glabrous	various	2(t)
	Cecidomyiidae	x				stem	fusiform	brown	glabrous	1	3(a)
	Cecidomyiidae	x				stem	intumescence	brown	glabrous	various	3(b)
Grazielia gaudichaudeana (DC.) R.M. King & H. Rob.	Cecidomyiidae				x	stem	intumescence	brown	glabrous	1	3(c)
Hololepis pedunculata (DC. ex Pers.) DC.	Cecidomyiidae	x				stem	fusiform	brown	glabrous	1	3(d)
Asteraceae											
Mikania reticulata Gardner	Cecidomyiidae			x		leaf	discoid	green	glabrous	1	3(e)
Pseudobrickellia angustissima (Spreng. ex Baker)	Cecidomyiidae			x		stem	globulous	brown	glabrous	1	3(f)
Symphyopappus brasiliensis (Gardner) R.M. King & H. Rob.	Cecidomyiidae		x			stem	fusiform	brown	glabrous	1	3(g)
	Cecidomyiidae		x			stem	globulous	green	glabrous	1	3(h)
	Cecidomyiidae		x			leaf	elliptical	green	glabrous	1	3(i)
Symphyopappus itatiayensis (Hieron.) R.M. King & H. Rob.	Cecidomyiidae				x	stem	globulous	brown	glabrous	1	3(j)
Erementhus erythropappa (DC.) Sch. Bip.	Cecidomyiidae			x		stem	globulous	brown	glabrous	1	3(k)
	Cecidomyiidae			x		leaf	legume	green	glabrous	1	3(l)
Ericaceae											
Gaylussacia decipiens Cham.	Cecidomyiidae	x				terminal branch	intumescence	red	hairy	1	3(m)
Euphorbiaceae											
Croton buxifolius (Baill.) Müll. Arg.	Cecidomyiidae	x				stem	intumescence	brown	glabrous	1	3(n)
	Cecidomyiidae	x				leaf	elliptical	brown	glabrous	1	3(o)
Croton dichrous Müll. Arg.	Cecidomyiidae				x	leaf	discoid	brown	glabrous		3(p)
Croton migrans Casar.	Cecidomyiidae	x	x			stem	fusiform	red	glabrous	1	3(q)
Croton splendidus Mart. ex Colla	Cecidomyiidae		x			leaf	discoid	green	glabrous	1	3(r)
Fabaceae											
Dalbergia sp.	Cecidomyiidae	x				stem	intumescence	brown	glabrous	1	3(s)
Lamiaceae											
Hyptis monticola Mart. ex Benth.	Cecidomyiidae			x		stem	intumescence	brown	glabrous	1	3(t)
Hyptis racemulosa Mart. ex Benth.	Cecidomyiidae		x			stem	fusiform	red	glabrous	1	4(a)
sp1	Cecidomyiidae	x				leaf	discoid	green	hairy	1	4(b)
Lauraceae											
Ocotea tristis (Nees & C. Mart.) Mez	Cecidomyiidae			x		stem	globulous	brown	glabrous	1	4(c)
Diplusodon buxifolius Cham. & Schltdl.	Cecidomyiidae			x		stem	intumescence	brown	glabrous	1	4(d)
Malpighiaceae											
Byrsonima variabilis Juss.	Cecidomyiidae			x		stem	fusiform	brown	glabrous	1	4(e)
Melastomataceae											
Camponanesia rufa (O.Berg)	Cecidomyiidae			x		stem	intumescence	brown	glabrous	various	4(f)
Lavoisiera compta DC.	Cecidomyiidae	x				stem	globulous	brown	glabrous	1	5(g)
Leandra áurea (Cham.)	Cecidomyiidae			x		leaf	globulous	red	hairy	1	4(h)

Table 1. Continued...

Host Plants	Likely gall maker taxa	Regions				Organ	Shape	Color	Pubescence	Chambers	Photos
		PESB	PNC	PEIB	PNI						
Marcetia taxifolia (A. St.-Hil.) DC.	Cecidomyiidae	x				stem	fusiform	brown	glabrous	various	4(i)
Microlicia sp.	Cecidomyiidae		x			stem	fusiform	brown	glabrous	various	4(j)
	Cecidomyiidae		x			stem	fusiform	brown	hairy	1	4(k)
Tibouchina faveolata Cogn.	Cecidomyiidae	x				stem	globulous	brown	glabrous	1	4(l)
	Cecidomyiidae	x				stem	fusiforme	brown	glabrous	various	4(m)
	Cecidomyiidae	x				leaf	conical	yellow	glabrous	1	4(n)
	Cecidomyiidae	x				terminal branch	fusiform	brown	glabrous	1	4(o)
Tibouchina collina Cogn.	Cecidomyiidae			x		stem	intumescence	brown	hairy	1	4(p)
Tibouchina hospita Cogn.	Cecidomyiidae				x	stem	intumescence	brown	hairy	1	4(q)
Tibouchina martiusiana (DC.) Cogn.	Cecidomyiidae			x		stem	fusiforme	brown	glabrous	1	4(r)
Tibouchina multiflora Cogn.	Cecidomyiidae	x				stem	intumescence	brown	hairy	various	4(s)
	Cecidomyiidae	x				leaf	discoid	red	hairy	1	4(t)
	Cecidomyiidae	x				terminal branch	intumescence	brown	glabrous	1	5(a)
Tibouchina sp.	Cecidomyiidae		x			stem	fusiform	brown	hairy	1	5(b)
Myrsinaceae											
Myrsine coriacea (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	Cecidomyiidae		x			leaf	elliptical	green	glabrous	1	5(c)
	Cecidomyiidae		x			leaf	rolled edge	green	glabrous	1	5(d)
Orchidaceae											
Epidendrum secundum Jacq.	Cecidomyiidae	x				stem	intumescence	brown	glabrous	1	5(e)
	Cecidomyiidae	x				leaf	discoid	green	glabrous	1	5(f)
Pentaphyllacaceae											
Ternstroemia brasiliensis Cambess.	Cecidomyiidae	x				stem	globulous	brown	glabrous	1	5(g)
	Cecidomyiidae	x				leaf	discoid	brown	glabrous	1	5(h)
Poaceae											
Chusquea pinifolia (Nees) Nees	Cecidomyiidae		x			stem	fusiforme	brown	glabrous	1	5(i)
Verbenaceae											
Lantana sp1	Cecidomyiidae	x				leaf	intumescence	green	glabrous	1	5(j)
	Cecidomyiidae	x				stem	fusiform	brown	glabrous	1	5(k)
sp1	Cecidomyiidae				x	stem	fusiform	brown	glabrous	various	5(l)
sp2	Cecidomyiidae				x	stem	globulous	brown	glabrous	1	5(m)

Results

In a universe of 51 families, 118 genera and 222 plant species, 93 gallind species in 13 families, 30 genera and 50 host plant species were recorded (Table 1 and 2, Figure 1-5). There were 38 gall species in PESB, 23 in PNC, 21 in PEIB and 20 in PNI. The families that concentrated the highest gall richness were those with the largest number of records. Asteraceae represented 33% of plant species collected followed by Melastomataceae, with 17%, and each concentrated 56% and 18%, of gall species, respectively.

Again, the genera and species that concentrated the greatest gall richness belong to the plant families with the highest occurrence, Asteraceae (33%) and Melastomataceae (17%). The genera that concentrated the most gall richness were *Baccharis* (Asteraceae) 40% followed by *Tibouchina* (Melastomataceae) (12%). The species with the greatest gall richness were *Baccharis platypoda* DC. (9%), *Baccharis salzmanii* DC. (6%), *Baccharis pseudomyriocephala* (6%), *Baccharis reticularia* DC. (4%), *Baccharis itatiaie* (4%), *Tibouchina faveolata* (4%). The family Cecidomyiidae (Diptera) was the most frequent (98%), followed by Tephritidae (Diptera) (1%) and the order Lepidoptera (1%).

The most common gall shapes were intumescence (26%), fusiform (25%), globose (16%) and discoid (13%). The most attacked organ was the stem (56%), followed by the leaf (32%) and the terminal branch (11%). Eighty-nine percent (89%) of galls were glabrous.

Tabela 2. Number of gall-inducing insects associated to plant families at Campos de Altitude from Serra da Mantiqueira, Minas Gerais. Families without galls were listed as "other families" (Amaryllidaceaem, Apocynaceae, Asclepiadaceae, Celastraceae, Cunnonaceae, Dennstaldtaliaceae, Escalloniaceae, Gesnariaceae, Lycopodiaceae, Lythraceae, Myrtaceae, Onagraceae, Orabanchaceae, Oxalacidaceae, Phyllanthaceae, Piperaceae, Proteaceae, Rubiaceae, Salicaceae, Scrophulariaceae, Solanaceae, Turneraceae, Velloziaceae).

Families	Host plants		Galls	
	Richness	%	Richness	%
Asteraceae	61	32.6	52	55.9
Ericaceae	9	4.8	1	1.1
Euphorbiaceae	8	4.3	5	5.4
Fabacae	6	3.2	1	1.1
Lamiaceae	8	4.3	3	3.2
Lauraceae	2	1.1	2	2.2
Malpighiaceae	1	0.5	1	1.1
Melastomataceae	33	17.6	17	18.3
Myrsinaceae	5	2.7	2	2.2
Orchidaceae	2	1.1	2	2.2
Pentaphyllacaceae	2	1.1	2	2.2
Poaceae	3	1.6	1	1.1
Verbenaceae	6	3.2	4	4.3
Outras famílias	41	21.9	0	0
Total	187	100	93	100

Discussion

Gall-inducing insects and their host plants have been widely studied in recent decades in different Brazilians vegetation types, e.g.: Pantanal (Julião et al. 2002), Amazon (Julião et al. 2005, Almada & Fernandes 2011, Maia 2012), Restinga (Maia 2001, 2005, Maia et al. 2002, Mendonça 2007, Oliveira & Maia 2005), Cerrado (Fernandes & Price 1988, Maia & Fernandes 2004, Gonçalves-Alvim & Fernandes 2001), Rupestrian Fields (Carneiro et al. 2009b), Tropical Dry Forest on Limestone Outcrops (Coelho et al. 2009) and Caatinga (Santos et al. 2011). This is the first study that describes the galls and host plants of Campos de Altitude.

In this study, we documented 93 gall-inducing insects, from those only 23 (23%) had been previously recorded. Previous studies have reported *Baccharis platypoda* DC. (Table 1, Figure 1(k, l, m, n, o) with 5 galls (Fernandes et al. 1996, Carneiro et al. 2009b); *Baccharis pseudomyriocephala* (Table 1, Figure 1(s, t), 2(a, b, c, d) with 6 galls (Araújo et al. 2003); *Baccharis reticularia* (Table 1, Figure 2(e,f,g,h) with 4 galls (Carneiro et al. 2009b); *Baccharis salzmanii* DC. (Table 1, Figure 2(k,m) with 2 galls (Carneiro et al. 2009b); *Baccharis trimera* (Table 1, Figure 2(q) with 1 gall (Carneiro et al. 2009b), *Hololepis penduculata* (Table 1, Figure 3(d)) with 1 gall (Carneiro et al. 2009b); Mikania meticulata (Table 1, Figure 3(e)) with 1 gall (Carneiro et al. 2009b); *Symphyopappus brasiliensis* (Table 1, Figure 3(g,h)) with 2 galls (Carneiro et al. 2009b). The fact that only 23% of the galls described in this study have already been recorded in previous studies reinforces the need to increase the sampling efforts of gall-inducing insects in Brazil.

The families Asteraceae and Melastomataceae are the richest and most abundant in Altitudinal and Rupestrian Fields in Brazil (Martinelli 1996). In this study, the family Asteraceae was also the most frequent, representing 33% of the plants collected, followed by the Melastomataceae (17%). These results corroborate data of Safford (1999) from Campos de Altitude. The author demonstrates that Asteraceae represents (20%) of all the floristic richness, whereas the genus *Baccharis* is responsible for 5% of it. The host plant pattern was the same. Asteraceae responded for 56% of total host plants followed by Melastomataceae (18%).

Gall-inducing insects are commonly found in plant families and genera richest in species (Fernandes 1992, Blanche & Westoby 1995). Although the families Asteraceae and Melastomataceae concentrated 74% of the gall-inducing insects, only two genera, *Baccharis* (Asteraceae) (42%) and *Tibouchina* (Melastomataceae) (12%) responded for 54% of the total. Previous studies have shown that some taxa concentrate a large number of galls (Fernandes & Price 1988, Fernandes et al. 1996, Blanche 2000). Some genera have been considered super-hosts. Working with *Baccharis*, Fernandes et al. (1996) reported 121 gall species in only 40 host plant species. In another study, Carneiro et al. (2009b) recorded that *Baccharis* has the highest number of gall-inducing insects in Rupestrian Fields from the Espinhaço Range. Thus, *Baccharis* may be the taxon that hosts the greatest number of gall-inducing insects in the Neotropics.

Investigating the correlation of the effects of soil fertility on gall-inducing insect richness in Australian National Parks, Blanche & Westoby (1995) found a negative correlation, however spurious. The authors argue that the genus *Eucalyptus* (Myrtaceae) is richer and more abundant on infertile environments and for concentrate a greater galling insect richness would be the main cause of the pattern. Other genera, such as *Salix* (Salicaceae) and *Quercus* (Fagaceae), are known to host great galling insect richness (Price 1992). One of the factors that contributes to the genera *Eucalyptus*, *Quercus*, *Salix* concentrating a greater galling richness is the fact that they recover quickly from impacts such as fire, severe droughts, as well as intense herbivory (Price 1992, Blanche & Westoby 1995). The same can be said about the genera *Baccharis* and *Eremanthus* in Rupestrian Fields of the Espinhaço Range (M.A.A. Carneiro Personal Observation. But see also Carneiro et al. 2009b). However, further studies are needed in order to find factors that explain the high galling insect richness associated with these super diverse genera. In our study, 98% of galling species belong to the family Cecidomyiidae (Diptera); this reflects the great richness of this family in Brazil and in the Neotropics (Gagné 1994, Fernandes et al. 2001, Cuevas-Reyes et al. 2004).



Figure 1. Host plants and their galls at Campos de Altitude from four regions located at Serra da Mantiqueira, Minas Gerais. PEB = Parque Estadual do Brigadeiro, PNC = Parque Nacional do Caparaó, PIB = Parque Estadual do Ibitipoca, PNI=Parque Nacional do Itatiaia. Asteraceae (*Aspilia foliosa* (a-b), *Baccharis aratatubensis* (c), *Baccharis brevifolia* (d), *Baccharis dubia* (e), *Baccharis itatiaiae* (f-i), *Baccharis myriocephala* (j), *Baccharis platypoda* (k-r), *Baccharis pseudomyriocephala* (s-t)).

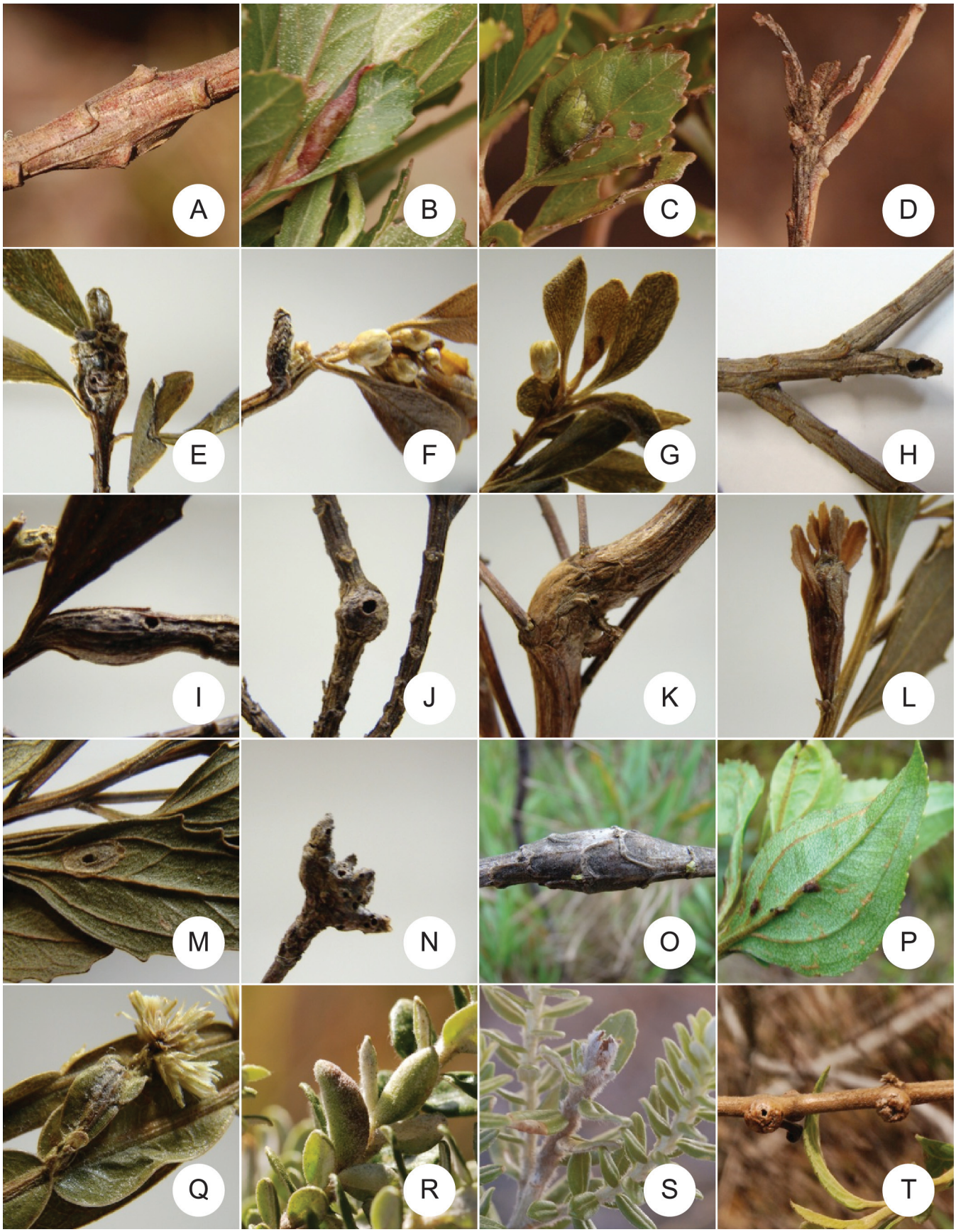


Figure 2. Host plants and their galls at Campos de Altitude from four regions located at Serra da Mantiqueira, Minas Gerais. PEB = Parque Estadual do Brigadeiro, PNC = Parque Nacional do Caparaó, PIB = Parque Estadual do Ibitipoca, PNI=Parque Nacional do Itatiaia. Asteraceae (*Baccharis pseudomyriocephala* (a-d), *Baccharis reticularia* (e-h), *Baccharis salzmanii* (i-n), *Baccharis stylosa* (o-p), *Baccharis trimera* (q), *Baccharis uncinella* (r-s), *Cyrtocymura scorpioides* (t).

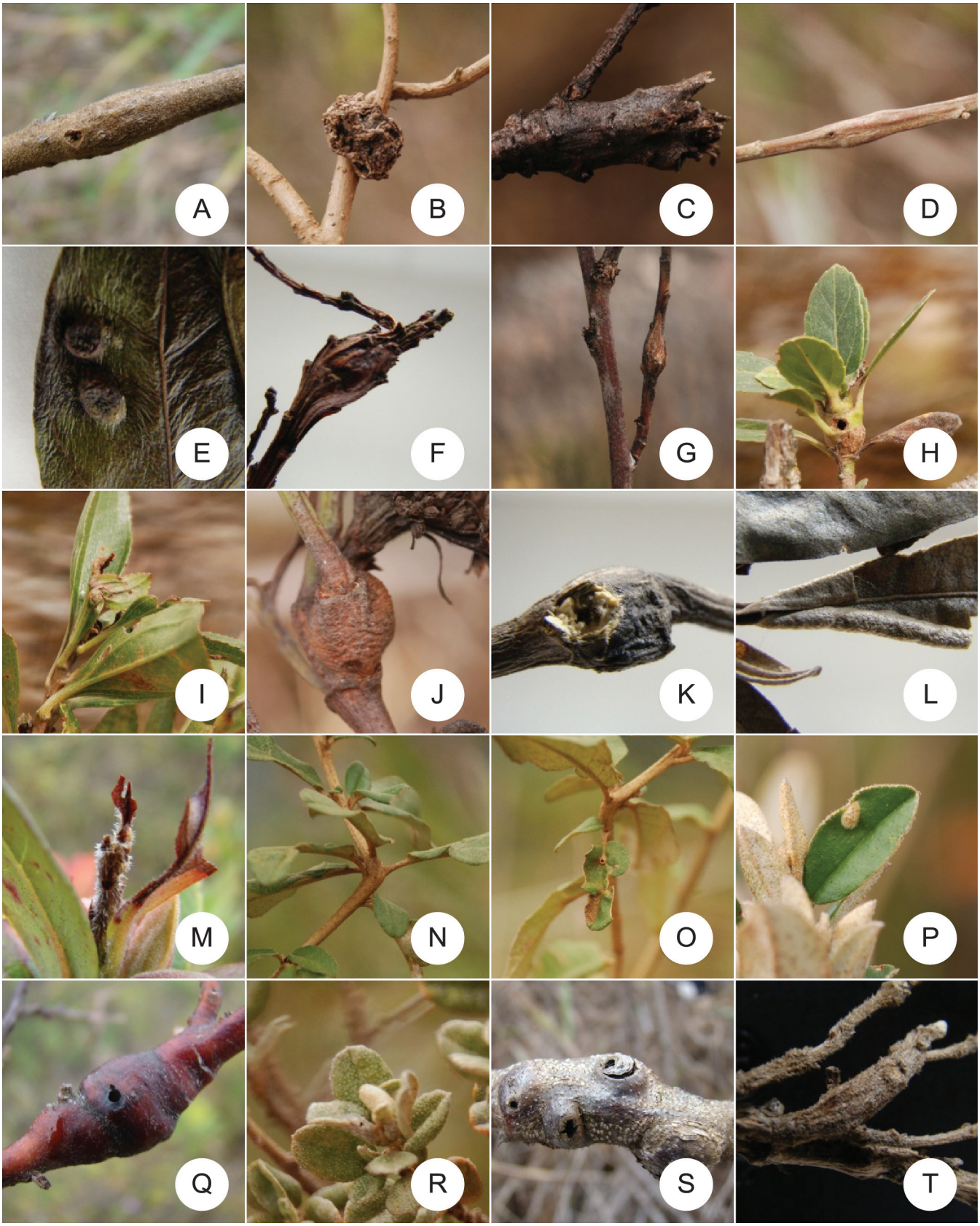


Figure 3. Host plants and their galls at Campos de Altitude from four regions located at Serra da Mantiqueira, Minas Gerais. PEB = Parque Estadual do Brigadeiro, PNC = Parque Nacional do Caparaó, PIB = Parque Estadual do Ibitipoca, PNI=Parque Nacional do Itatiaia. Asteraceae (*Cyrtocymura scorpioides* (a-b), *Grazielia gaudichaudeana* (c), *Hololepis pedunculata* (d), *Mikania reticulata* (e), *Pseudobrickellia angustissima* (f), *Symphyopappus brasiliensis* (g-i), *Symphyopappus itatiayensis* (j), *Erementhus erythropappa* (k-l)), Ericaceae (*Gaylussacia decipiens* (m)), Euphorbiaceae (*Croton buxifolius* (n-o), *Croton dichrous* (p), *Croton migrans* (q), *Croton splendidus* (r)), Fabaceae (*Dalbergia* sp. (s)), Lamiaceae (*Hyptis monticola* (t)).

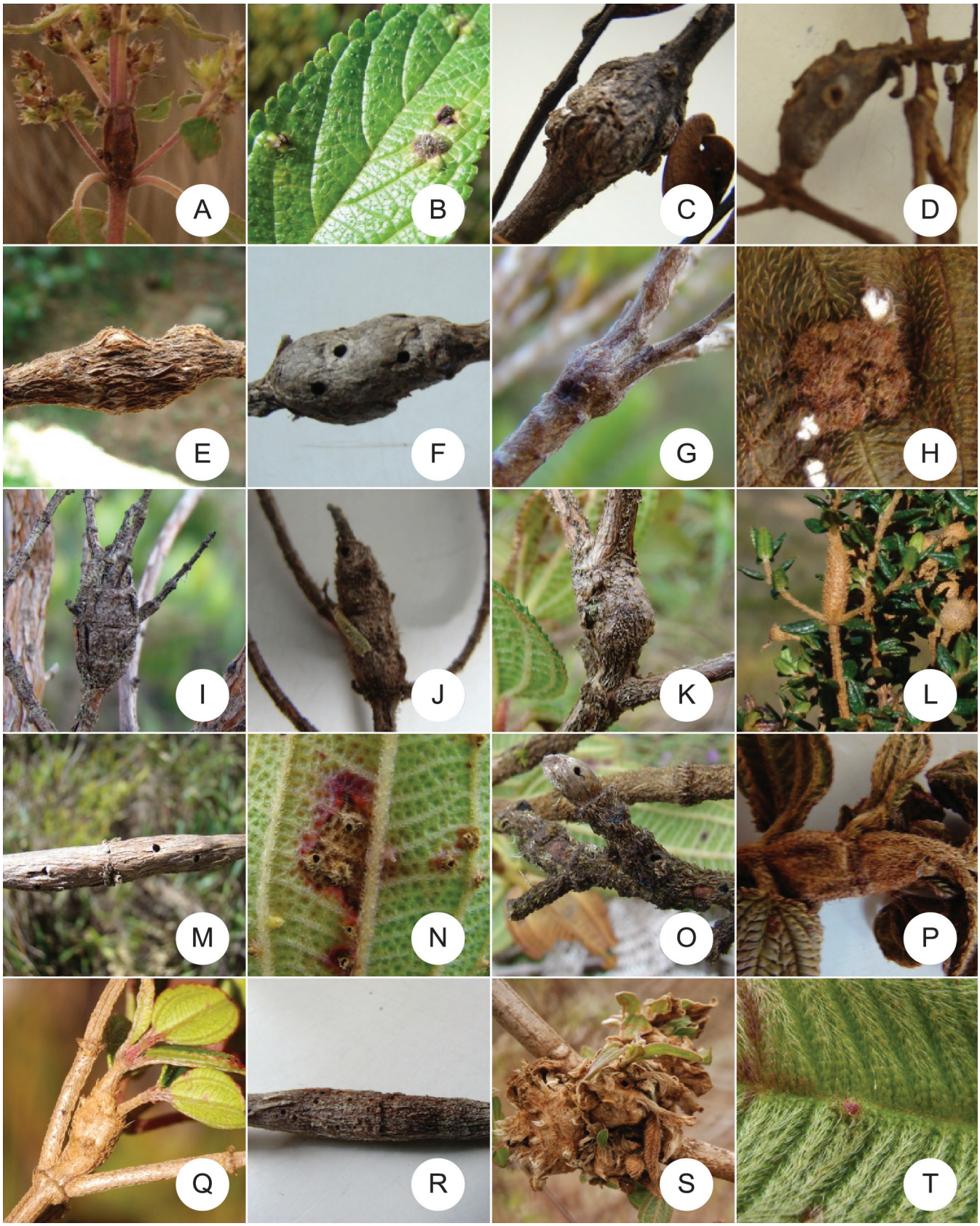


Figure 4. Host plants and their galls at Campos de Altitude from four regions located at Serra da Mantiqueira, Minas Gerais. PEB = Parque Estadual do Brigadeiro, PNC = Parque Nacional do Caparaó, PIB = Parque Estadual do Ibitipoca, PNI=Parque Nacional do Itatiaia. Lamiaceae (*Hyptis racemulosa* (a), sp1 (b)), Lauraceae (*Ocotea tristis* (c), *Diplusodon buxifolius* (d), Malpighiaceae (*Byrsonima variabilis* (e)), Melastomataceae (*Camponanesia rufa* (f), *Lavoisiera compta* (g), *Leandra aurea* (h), *Marcetia taxifolia* (i), *Microlicia* sp. (j-k), *Tibouchina faveolata* (l-o), *Tibouchina collina* (p), *Tibouchina hospita* (q), *Tibouchina martiusiana* (r), *Tibouchina multiflora* (s-t).

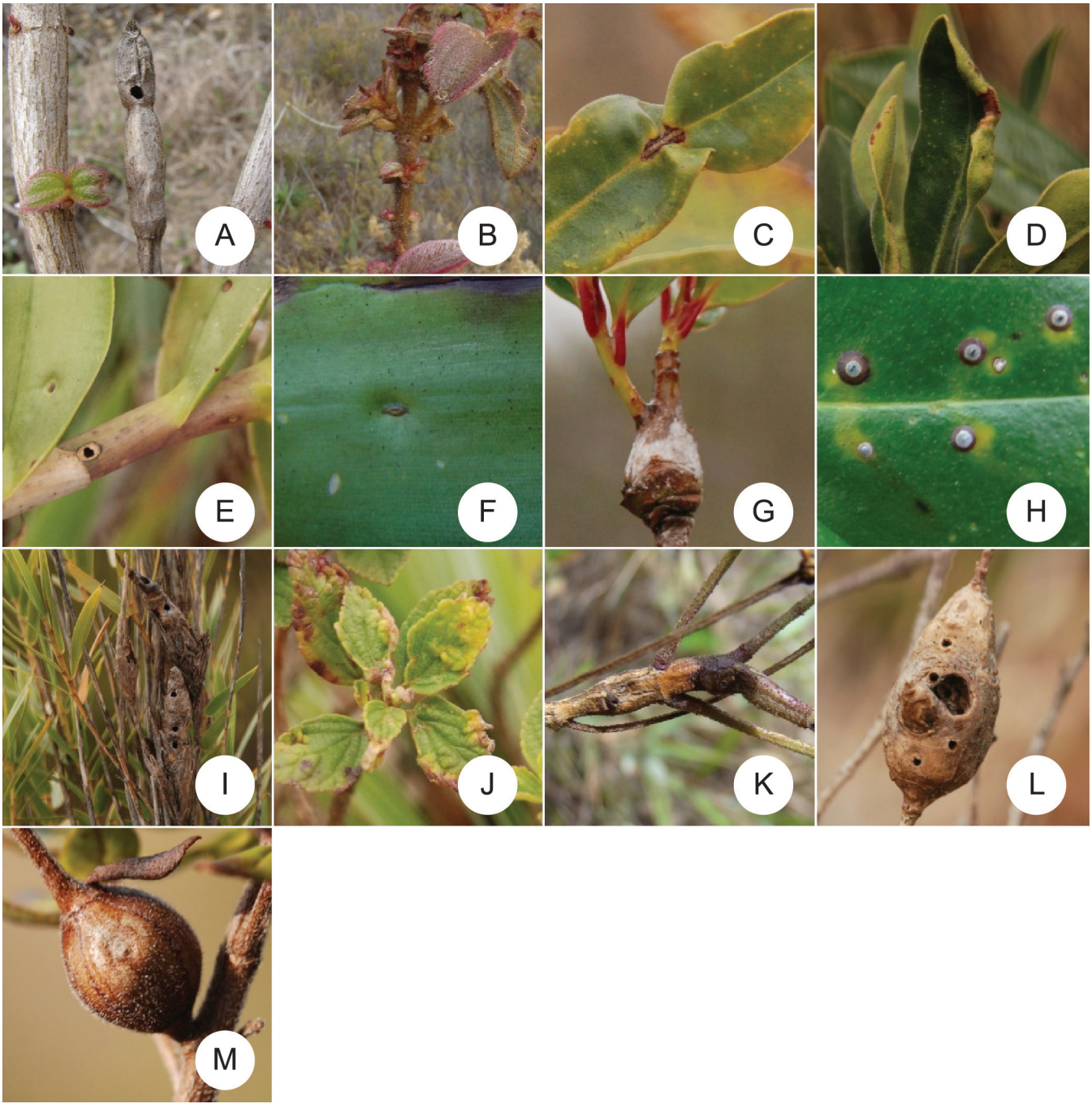


Figure 5. Host plants and their galls at Campos de Altitude from four regions located at Serra da Mantiqueira, Minas Gerais. PEB = Parque Estadual do Brigadeiro, PNC = Parque Nacional do Caparaó, PIB = Parque Estadual do Ibitipoca, PNI=Parque Nacional do Itatiaia. Melastomataceae (*Tibouchina multiflora* (a), *Tibouchina* sp. (b) Myrsinaceae (*Myrsine coriacea* (c-d)), Orchidaceae (*Epidendrum secundum* (e-f)), Pentaphylacaceae (*Ternstroemia brasiliensis* (g-h), Poaceae (*Chusquea pinifolia* (i)), Verbenaceae (*Lantana* sp1 (j-k), sp1 (l), sp2 (m)).

Descriptive studies of gall-inducing insects in Brazil have a pattern that relates to the host plant organs most often attacked. Studies conducted in different biomes such as Cerrado (Maia & Fernandes 2004), Atlantic Rain Forest (Fernandes & Negreiros 2006), Pantanal (Julião et al. 2002), Tropical Dry Forests (Coelho et al. 2009) point to higher gall richness on leaves. However, in our study, 56% of the galls concentrated on stems, while only 32% concentrated on leaves. These results differ from most studies to date. Working in Rupestrian Fields across the Espinhaço Range, Carneiro et al. (2009b) also found the same pattern of high gall richness on stems. The authors argue that insects hosted in the plant stems have a greater resistance to mechanical damage and availability of tissues of higher nutritional quality than those on leaves (see also Veldtman & McGeoch 2003, Inbar et al. 2004, Price 2005). Protection against external factors is one of the main selective pressures for the gall-inducing insects (Price et al. 1987). However, it is unclear as to why the results from Rupestrian Fields and Campos de Altitude were the only ones to show this pattern in Brazil. Perhaps, since these sites are more exposed to abiotic factors such as wind, temperature variations and high fire frequency (Giulietti et al. 1987, Giulietti & Pirani 1988, Safford 1999,

2001), different from other Brazilian ecosystems, (Julião et al. 2002, Fernandes & Negreiros 2006) there exists a selective pressure that favors a greater number of stem galls.

Studies relating to richness patterns and to natural history of gall-inducing insects in Brazil are still incipient (Maia 2005). This is the first study that describes the galls and their host plants from Altitudinal Fields. Among the seven priorities for research and conservation of Campos de Altitude traced by Safford (1999), stands out the need for increased efforts in floristic and faunal inventories. Poor understanding of the biological resources from conservation units as well as the lack of knowledge of what is endemic or what is threatened hinders the proper management of natural resources and prevents the mapping, endemism analysis, geographical distribution as well as diversity patterns, essential for the development of conservation strategies. Therefore, further research is required in order to reach a better understanding of gall-inducing insect richness, given the importance of this guild for biodiversity conservation and its significance as a model for ecological studies.

Acknowledgements

We thank the two anonymous reviewers for the critical review and suggestions on the manuscript, Valeri Garcia for the English improvement and Dr. João Renato Stehmann for plant identifications. The Instituto Estadual de Florestas I.E.F. for logistical support. To FAPEMIG (2893/98) and CNPq (472811/2006-1; 30.9633/2007-9) for financial support. To CAPES for the scholarship awarded to M. S. Coelho and M. A. A. Carneiro. This study was in partial fulfillment for the requirements for the degree of Masters of Science in Ecology, Conservation and Management of Wildlife of M. S. Coelho, at the Universidade Federal de Minas Gerais.

References

ABRAHAMSON, W.G. & WEIS, A.E. 1997. Evolutionary ecology across three trophic levels: goldenrods, gallmakers and natural enemies. Princeton University Press, New Jersey, 456p.

ALMADA, E.D. & FERNANDES, G.W. 2011. Insetos indutores de galhas em florestas de terra-firme em reflorestamentos com espécies nativas na Amazônia Oriental. Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi. Ser. Cienc. Nat. 6:1-10.

ANDRADE, P.M. & SOUZA, H.C. 1995. Contribuição ao conhecimento da vegetação do Parque Estadual do Ibitipoca, Lima Duarte Minas Gerais. Rev. arvore. 19:249-261.

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP - APG II. 2003. An update of the Angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APGII. Bot. J. Linn. Soc. 141:399-436. http://dx.doi.org/10.1046/j.1095-8339.2003.t01-1-00158.x

ARAÚJO, A.P.A., CARNEIRO, M.A.A. & FERNANDES, G.W. 2003. Efeitos do sexo, do vigor e do tamanho da planta hospedeira sobre a distribuição de insetos indutores de galhas em *Baccharis pseudomyriocephala* Teodoro (Asteraceae). Rev. Bras. Entomol. 47:483-490. http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262003000400001

BARRETO, H.L. 1949. Regiões fitogeográficas de Minas Gerais. Bol. Geogr. 14:14-28.

BLANCHE, K.R. 2000. Diversity of insect-induced galls along a temperature-rainfall gradient in the tropical savannah region of the Northern Territory, Australia. Austral Ecol. 25:311-318. http://dx.doi.org/10.1046/j.1442-9993.2000.01040.x

BLANCHE, K.R. & WESTOBY, M. 1995. Gall-forming insect diversity is linked to soil fertility via host plant taxon. Ecology. 76:2334-2337. http://dx.doi.org/10.2307/1941706

CAIAFA, A.N. & SILVA, A.F. 2005. Composição florística e espectro biológico de um campo de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais- Brasil. Rodriguésia. 56:163-173.

CARNEIRO, M.A.A., BRANCO, C.S.A., BRAGA, C.E.D., ALMADA, E.D., COSTA, M.B.M., FERNANDES, G.W. & MAIA, V.C. 2009a. Are gall midge species (Diptera: Cecidomyiidae) host plant specialists? Rev. Bras. Entomol. 53:365-378. http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262009000300010

CARNEIRO, M.A.A., BORGES, R.A.X., ARAÚJO, A.P.A. & FERNANDES, G.W. 2009b. Insetos indutores de galhas da porção sul da Cadeia do Espinhaço, MG. Rev. Bras. Entomol. 53:570-592. http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262009000400007

COELHO, M.S., ALMADA, E.D., FERNANDES, G.W., CARNEIRO, M.A.A., SANTOS, R.M., QUINTINO, A.V. & SANCHEZ-AZOFEIFA, A. 2009. Gall inducing arthropods from a seasonally dry tropical forest in Serra do Cipó, Brazil. Rev. Bras. Entomol. 53:404-414. http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262009000300015

CUEVAS-REYES, P., SIEBE, C., MARTÍNEZ-RAMOS, M. & OYAMA, K. 2003. Species richness of gall-forming insects in a tropical rain forest: correlations with plant diversity and soil fertility. Biodivers. Conserv. 12:411-422.3 http://dx.doi.org/10.1023/A:1022415907109

CUEVAS-REYES, P., QUESADA, M., HANSON, P., DIRZO, R. & OYAMA, K. 2004. Diversity of gall-inducing insects in a Mexican tropical dry Forest: the importance of plant species richness, life forms, host plant age and plant density. J. Trop. Ecol. 92:707-716.

ESPÍRITO-SANTO, M.M. & FERNANDES, G.W. 2007. How many species of gall- inducing insects are there on earth, and where are there?Ann Entomol. Soc. Am. 100:95-99.

ENGEVIX. 1995. Caracterização do meio físico da área autorizada para criação do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro - Relatório técnico final dos estudos - 8296-RE-H4-003/94 "VER. 1". Instituto Estadual da Floresta, BIRD/PRÓ- FLORESTA/SEPLAN, Belo Horizonte.

FERNANDES, G.W. 1992. Plant age and size effects on insular gall-forming species richness. GLOBAL. Ecol. Biogeogr. 2:71-74. http://dx.doi.org/10.2307/2997508

FERNANDES, G.W., COELHO, MS. & LÜTTGE, U. 2010. Photosynthetic efficiency of Clusia arrudae leaf tissue with and without Cecidomyiidae galls. Braz. J. Biol. 70:723-728. PMid:21085778. http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842010000400004

FERNANDES, G.W., JULIÃO, G.R., ARAÚJO, R.C., ARAÚJO, S.C., LOMBARDI, J.A., NEGREIROS, D. & CARNEIRO, M.A.A. 2001. Distribution and morphology of insect galls of the Rio Doce Valley, Brazil. Naturalia. 26:211-244.

FERNANDES, G.W., CARNEIRO, M.A.A., LARA, A.C.F., ALLAIN, L.R., JULIÃO, G.R., ANDRADE, G.I., REIS, T.R. & SILVA, I.M. 1996. Galling insects on neotropical species of *Baccharis* (Asteraceae). Trop. Zool. 9:315-332. http://dx.doi.org/10.1080/03946975.1996.10539315

FERNANDES, G.W. & NEGREIROS, D. 2006. A comunidade de insetos galhadores da RPPN Fazenda Bulcão, Aimorés, Minas Gerais, Brasil. Lundiana. 7:111-120.

FERNANDES, G.W. & PRICE, P.W. 1988. Biogeographical gradients in galling species richness: tests of hypotheses. Oecologia. 76:161-167. http://dx.doi.org/10.1007/BF00379948

FERRI, M.G. 1980. Vegetação Brasileira. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS – CETEC. 1983. Diagnóstico ambiental de Minas Gerais. Secretaria do Meio Ambiente de Minas Gerais, Belo Horizonte.

GAGNÉ, R.J. 1994. The gall midges of the region neotropical. Comstock, Ithaca.

GIULIETTI, A.M., MENEZES, N.L., PIRANI, J.R., MEGURO, M.L. & WANDERLEY, M.G.L. 1987. Flora da Serra do Cipó: Caracterização e lista de espécies. Bol. Bot. Univ. São Paulo. 9:1-152.

GIULIETTI, A.M. & PIRANI, J.R. 1988. Patterns of Geographic distribution of some Plant Species from the Espinhaço Range, Minas Gerais, Brazil. In Proceedings of a Workshop on Neotropical Biodiversity Distribution Patterns (P.E. Vanzolini & W.R. Heyer, ed.). Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, p.39-69.

GONÇALVES-ALVIM, S.J. & FERNANDES, G.W. 2001. Biodiversity of galling insects: historical, community and habitat effects in four neotropical savannas. Biodivers. Conserv. 10:79-98. http://dx.doi.org/10.1023/A:1016602213305

HOLMGREN, P.K., HOLMGREN, N.H. & BARNETT, L.C. 1990. Index Herbariorum. Part I: The Herbaria of The World. New York Botanical Garden, New York.

INBAR, M., WINK, M. & WOOL D. 2004. The evolution of host plant manipulation by insects: molecular and ecological evidence from gall-forming aphids on *Pistacia*. Mol. Phylogenet. Evol. 32:504-511. PMid:15223033. http://dx.doi.org/10.1016/j.ympev.2004.01.006

JULIÃO, G.R., AMARAL, M.E.C. & FERNANDES, G.W. 2002. Galhas de insetos e suas plantas hospedeiras no Pantanal sul-mato-grossense. Naturalia. 27:47-74.

JULIÃO, G.R., VENTICINQUE, E.M., FERNANDES, G.W. & KRAUS, J.E. 2005. Richness and abundance of gall-forming insects in the Mamirauá Varzea, a flooded Amazoniam forest. Uakari. 1:39-42.

LEMOS, A.B. & MELO-FRANCO, M.V. 1976. Situação atual dos Parques Florestais e Reservas Biológicas de Minas Gerais. Fund. J. Pin. 6:33-41.

MACHADO-FILHO, L., RIBEIRO, M.W., GONZALEZ, S.R., SCHENINI, C.A., SANTOS-NETO, A., PALMEIRA, R.C.B., PIRES, J.L., TEIXEIRA, W. & CASTRO, H.E.F. 1983. Geologia. In Projeto RADAMBRASIL (Brasil). Rio de Janeiro, Vitória, p.56-66.

MAIA, V.C. 2001. The gall midges (Diptera, Cecidomyiidae) from three restingas of Rio de Janeiro State, Brazil. Rev. Bras. Zool. 18:583-629. http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752001000200028

MAIA, V.C. 2005. Catálogo dos Cecidomyiidae (Diptera) do estado do Rio de Janeiro. Biota. Neotrop. 5:1-26. http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032005000300014

MAIA, V.C. 2012. Characterization of insect galls, gall makers, and associated fauna of Platô Bacaba (Porto de Trombetas, Pará, Brazil). Biota. Neotrop. 11:1-17.

MAIA, V.C., AZEVEDO, M.A.P. & COURI, M.S. 2002. New contribution to the knowledge of the gall midges (Diptera, Cecidomyiidae) from the restinga of Barra de Maricá (Rio de Janeiro, Brazil). Stud Diptero. 9:447-452.

MAIA, V.C. & FERNANDES, G.W. 2004. Insect galls from Serra de São José (Tiradentes, MG, Brazil.). Rev. Bras. Biol. 6:423-445.

MANI, M.S. 1964. The ecology of plant galls. Junk, The Hague.

MARTINELLI, G. 1996. Campos de Altitude. Editora Index, Rio de Janeiro.

MENDONÇA, M.S. 2007. Plant diversity and galling arthropod diversity searching for taxonomic patterns in an animal-plant interaction in the neotropics. B. Soc. Arg. Bot. 42:347-357.

MOREIRA, A.A.N. & CAMELIER, C. 1977. Relevo. In Geografia do Brasil: Região Sudeste. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, p.1-50.

MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., FONSECA, G.A.B. & KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature 403:853-858. PMid:10706275. http://dx.doi.org/10.1038/35002501

OYAMA, K., PÉREZ-PÉREZ, M.A., CUEVAS-REYES, P. & LUNA-REYES, R. 2003. Regional and local species richness of gall-inducing insects in two tropical rain forests in Mexico. J. Trop. Ecol.19:595-598. http://dx.doi.org/10.1017/S0266467403003651

OLIVEIRA, J.C. & MAIA, V.C. 2005. Ocorrência e caracterização de galhas de insetos na restinga de Grumari (Rio de Janeiro, RJ, Brasil). Arq. Mus. Nac. 63:669-675.

PRICE, P.W. 1992. Evolution and ecology of gall-inducing sawflies. In Biology of insect-induced galls. (J.D. Shorthouse, & O. Rohfritsch, eds.) Oxford University Press, New York, p.208-224.

PRICE, P.W., FERNANDES, G.W. & WARING, G.L. 1987. Adaptative nature of insect galls. Environ Entomol.16:15-24.

PRICE, P.W., FERNANDES, G.W., LARA, A.C.F., BRAWN, J., GERLING, D., BARRIOS, H., WRIGHT, M.G., RIBEIRO, S.P. & ROTHCLIFF, N. 1998. Global patterns in local number of insect galling species. J. Biogeogr. 25:581-591. http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2699.1998.2530581.x

PRICE, P.W. 2005. Adaptative radiation of gall-inducing insects. Basic. Appl. Ecol. 6:413-421. http://dx.doi.org/10.1016/j.baae.2005.07.002

RAMAN, A., SCHAEFER, C.W. & WITHERS, T.M. 2005. Biology, ecology, and evolution of gall-inducing arthropods. Science, New Hampshire.

RAMAN, A. 2007. Insect-induced plant galls of India: unresolved questions. Curr Sci. 92:748-757.

RIBEIRO, T.R., MEDINA, B.M.O. & SCARANO, F.R. 2007. Species composition and biogeographic relations of the rock outcrop flora on the high plateau of Itatiaia, SE-Brazil. Rev. Bras. Bot. 30:623-639. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042007000400008

RIZZINI, C.T. 1963. Nota prévia sobre a divisão fitogeográfica do Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística, Rio de Janeiro.

RIZZINI, C.T. 1979. Tratado de fitogeografia do Brasil. Hucitec, São Paulo.

SAFFORD, H.D. 1999. Brazilian Páramos I: An introduction to the physical environment and vegetation of the campos de altitude. J. Biogeogr. 26:693-712. http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2699.1999.00313.x

SAFFORD, H.D. 2001. Brazilian Paramos. III. Patterns and Rates of Postfire Regeneration in the Campos de Altitude. Biotropica 33:282-302.

SANTOS, J.C., ALMEIDA-CORTEZ, J.S. & FERNANDES, G.W. 2011. Righness of gall-inducing insects in the tropical dry forest (caatinga) of Pernambuco. Rev. Bras. Entomol. 55:45-54. http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262011000100009

SHORTHOUSE, J.D., WOOL, D. & RAMAN, A. 2005. Gall-inducing insects - Nature's most sophisticated herbivores. Basic. Appl. Ecol. 6:407-411. http://dx.doi.org/10.1016/j.baae.2005.07.001

VELDTMAN, R. & McGEOCH, M.A. 2003. Gall-forming insect species richness along a non-scleromorphic vegetation rainfall gradient in South Africa: the importance of plant community composition. Austral Ecol. 28:1-13. http://dx.doi.org/10.1046/j.1442-9993.2003.01234.x

VELOSO, H.P., RANGEL FILHO, A.L.R. & LIMA, J.C.A. 1991. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro.

WEIS, A.E., WALTON, R. & CREGO, C.L. 1988. Reactive plant tissue sites and the population biology of gall makers. Annu Rev Entomol. 33:467-486. http://dx.doi.org/10.1146/annurev.en.33.010188.002343

Received 10/24/2012
Revised 10/24/2012
Accepted 11/18/2013

Protozooplankton and its relationship with environmental conditions in 13 water bodies of the Mogi-Guaçu basin - SP, Brazil

Inessa Lacativa Bagatini[1,4], Ana Lúcia Gerardi Spínola[1], Bianca de Miranda Peres[1], Adrislaine da Silva Mansano[1], Mafalda Alexandra Antunes Rodrigues[1], Marco Antônio Portugal Luttembarck Batalha[2], José Valdecir de Lucca[1], Mirna Januária Leal Godinho[1], Takako Matsumura Tundisi[3] & Mirna Helena Regali Seleghim[1]

[1]Laboratório de Ecologia de Microrganismos Aquáticos, Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, Rod. Washington Luís, Km 235, CEP 13565-905, São Carlos, SP, Brasil. http://www.ufscar.br
[2]Departamento de Botânica, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, Rod. Washington Luís, km 235, CEP 13565-905, São Carlos, SP, Brasil. http://www.ufscar.br
[3]Instituto Internacional de Ecologia – IIE, Rua Bento Carlos, 750, CEP 13560-660, São Carlos, SP, Brasil. http://www.iie.com.br/
[4]Corresponding author: Inessa Lacativa Bagatini, e-mail: inessalacativa@gmail.com

BAGATINI, I.L., SPÍNOLA, A.L.G., PERES, B.M., MANSANO, A.S., RODRIGUES, M.A.A., BATALHA, M.A., LUCCA, J.V., GODINHO, M.J.L., TUNDISI, T.M. & SELEGHIM, M.H.R. **Protozooplankton and its relationship with environmental conditions in 13 water bodies of the Mogi-Guaçu basin - SP, Brazil**. Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/en/abstract?article+bn02913042013

Abstract: Protozooplankton is an important component of the aquatic microbial food webs and its composition, density, and distribution reflect the chemical, physical, and biological aspects of the environment. Considering the scarce literature on freshwater protozoans in Brazil and on protozoan ecology in subtropical environments, we listed the ciliates and amoebae taxa found in 13 water bodies in São Paulo State and analyzed their abundance in relation to the environmental variables. We collected two samples in each environment, fixed immediately with mercuric chloride and stained with bromophenol blue. After microscopical analysis, 74 protozoan genera were identified and the Ciliophora were dominant in the majority of the environments. The Stichotrichia, represented mostly by the genus *Halteria*, occurred in all environments, and was the dominant subclass in five of them. The canonic correspondence analysis of the most frequent genera and the environmental variables showed that nitrite and nitrate were the variables that better explained the distribution of *Limnostrombidium*, *Urotricha*, and *Vorticella*. The densities of the genera *Halteria*, *Coleps*, and of the species *Cinetochilum margaritaceum* were positively affected by increasing concentrations of dissolved oxygen, particulate phosphate, conductivity, and temperature. *C. margaritaceum* were also negatively affected by increasing concentrations of nitrite and nitrate. Considering that we made only one sampling in each environment, the richness was high compared to the mean diversity of lakes in the São Paulo State. The Diogo Lake, located in an ecological reserve, was the richest one, confirming the need of more research on the biodiversity of more preserved environments.
Keywords: *ciliates, amoebae, plankton, environmental variables, freshwater.*

BAGATINI, I.L., SPÍNOLA, A.L.G., PERES, B.M., MANSANO, A.S., RODRIGUES, M.A.A., BATALHA, M.A., LUCCA, J.V., GODINHO, M.J.L., TUNDISI, T.M. & SELEGHIM, M.H.R. **Protozooplâncton e suas relações com as condições ambientais em 13 corpos d'água da bacia do Rio Mogi-Guaçu – SP, Brasil**. Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/pt/abstract?article+bn02913042013

Resumo: O protozooplâncton é um componente importante da rede trófica microbiana de ambientes aquáticos e sua composição, densidade e distribuição refletem os aspectos físicos, químicos e bióticos do ambiente. Considerando a escassa literatura sobre protozoários de água doce no Brasil e sobre sua ecologia em ambientes subtropicais, inventariamos os táxons de ciliados e amebas em 13 corpos d'água do Estado de São Paulo e analisamos a variação na abundância dos gêneros/espécies de maior incidência em relação às variáveis ambientais. Coletamos duas amostras por ambiente, fixando-as com cloreto de mercúrio e corando-as com azul de bromofenol para posterior quantificação e identificação em microscópio ótico. Identificamos 74 gêneros de ciliados e amebas, e os Ciliophora dominaram na maioria dos ambientes. A subclasse Stichotrichia ocorreu em todos os ambientes, predominando em cinco deles, especialmente pela ocorrência o gênero *Halteria*. A Análise de Correspondência Canônica mostrou que as concentrações de nitrito e nitrato são as principais variáveis que explicam a distribuição dos gêneros *Limnostrombidium*, *Urotricha* e *Vorticella*. O aumento na concentração de oxigênio dissolvido, condutividade, temperatura e concentração de fosfato particulado afetou positivamente a densidade dos gêneros *Halteria* e *Coleps* e da espécie *Cinetochilum margaritaceum*, que foi ainda influenciada negativamente pelo aumento nas concentrações de nitrito e nitrato. Considerando-se que foi realizada apenas uma coleta, a riqueza de espécies foi alta quando comparada à média de taxa encontrada para corpos d'água do Estado de São Paulo. O ambiente mais rico, Lagoa do Diogo, localiza-se em uma estação ecológica, confirmando a necessidade de mais pesquisas sobre a diversidade em ambientes menos impactados.
Palavras-chave: *ciliados, amebas, plâncton, variáveis ambientais, água doce.*

Introduction

Protozoans can control microbial populations and also serve as food items for organisms of higher trophic levels, in addition, they act as important remineralizers and nutrient recyclers in aquatic environments (*e.g*. Beaver & Crisman 1989a). Despite their cosmopolitan distribution, they are not evenly distributed, but live in microhabitats that reflect physical, chemical, and biotic environmental aspects (Lee et al. 1985).They can be excellent biological indicators, especially due to their small size, short generation times, stress sensibility, ease of sampling, and occurrence in many types of environments (Cairns Junior et al. 1993).

Despite their ecological importance and the possibility of using the species as important tools to evaluate the degree of environmental impact caused by human activity, the protozoans have not been studied enough and the data about their diversity and distributions are scarce, especially in Asia and South America (Lévêque et al. 2005).

Studies of aquatic systems are focused on larger organisms and the number of species in Brazilian continental aquatic communities is still imprecise and difficult to estimate. Among the difficulties we can highlight the great number of hydrographic basins never surveyed; insufficient infrastructure for samplings and number of researchers, the dispersion of information that are often difficult to access, and the need for taxonomic revision for many groups (Agostinho et al. 2005).

In Brazil, studies focusing on protists started around 1910 and since the 1980s have increased (Godinho & Regali-Seleghim 1999). In São Paulo State, 75 freshwater environments have been analyzed until 2011 and 471 different protozoan *taxa*, distributed in 218 genera and 304 species, were recorded (Regali-Seleghim et al. 2011).

Since it is important to monitor the biodiversity to quantify human impacts in freshwater environments, aiming to improve their conservation (Lévêque et al. 2005), and considering the scarce data on freshwater protozoans from Brazil, we characterized the ciliate and sarcodine communities occurring in 13 water bodies of São Paulo State, which had not been studied previously, and analyzed the fluctuations of the most important genera in relation to the environmental variables.

Material and Methods

1. Studied sites

Two samples (replicates) were collected from each of the 13 shallow freshwater environments (3 m of maximum depth) located at the Mogi-Guaçu Water Resources Management Unit (UGRHI) from December 15th to 20th in 1999 (Table 1).

The Mogi-Guaçu UGRHI (Figure 1) has a catchment area of 14,653 km^2 composed by urban, industrial and rural regions. These last ones are used for livestock, poultry farming and agricultural activities that are predominantly cultures of sugar cane, coffee, citrus, corn and cotton. The main agro-industrial sectors are the sugar and alcohol, vegetable oils, beverages and cellulose and paper industries (COMPANHIA... 2001).

The region also has an important conservation area called Jataí Ecological Station, located in the municipality of Luis Antônio, where one of the water bodies was sampled, the Diogo Lake (DL). Among the other environments, the Paço Municipal Lake (PML), the Praça Basílio Ceschin Pond (PBC), the Urban Lake of Santa Cruz da Conceição (UL), the Prainha Pond (PP), the Elektro Reservoir (ER), the Araras Municipal Lake (LMA) and the David Reservoir (DR) are urban aquatic environments. The other sites are located within rural properties: Barro Preto Pond (BPP), Cabras Pond (CP), Ivo Carotini Lake (ICL), the Fazenda Aurora Reservoir (FAR) and São Geraldo Reservoir (SGR). Table 1 shows the cities locations and dates of sampling for each environment.

2. Collection and fixation of samples

Water samples were collected with a bucket from de edge of the water bodies. For protozoan analysis, we immediately fixed replicates of 200 ml aliquots with a saturated solution of mercuric chloride and stained with bromophenol blue (Pace & Orcutt 1981). The samples were concentrated by sedimentation and the supernatant was rejected. Protozoans were counted and identified in triplicates in 1 mL Sedgwick-Rafter chambers under an optic microscope (100 to 200x magnification).

For species identification, we used the following references: Bick (1972), Corliss (1979), Curds (1969), Dragesco & Dragesco-Kernéis (1986), Edmondson (1959), Foissner et al. (1991, 1992, 1994, 1995, 1999), Foissner & Berger (1996), Kahl (1930-35), Krainer (1991), Kudo (1977), Lee et al. (1985), Page (1976) and Pennak (1953). The protozoans were separated in groups according to the classification proposed by Lynn (2008) for ciliates and Adl et al. (2005) for Amoebozoa, Centrohelida and Rhizaria.

3. Physical and chemical variables

The pH, dissolved oxygen (mg O_2 L^{-1}), temperature (°C), and electrical conductivity (μS cm^{-1}) of water samples were measured with a multiparameter probe (Horiba U-10). The dissolved organic phosphate (DOP) concentration was obtained by the difference between dissolved inorganic phosphate concentration (DIP) and total dissolved phosphate concentration quantified according to

Table 1. Location and sampling date for each studied water body.

Site	City	Coordinates	Feature	Sampling date
Paço Municipal Lake (PML)	Jaboticabal	21° 15' 23.19" S and 48° 18' 27.40" W	Urban	18/12/1999
Ivo Carotini Lake (ICL)	Águas de Lindóia	22° 28' 32.36" S and 46° 37' 32.65" W	Rural	21/12/1999
Araras Municipal Lake (AML)	Araras	22° 21' 39.43" S and 47° 23' 1.24" W	Urban	21/12/1999
Urban Lake (UL)	Santa Cruz da Conceição	22° 8' 3.00" S and 47° 27' 35.63" W	Urban	15/12/1999
Cabras Pond (CP)	Guatapará	21° 29' 52.35" S and 48° 2' 10.44" W	Rural	16/12/1999
Praça Basílio Ceschin Pond (PBC)	Águas da Prata	21° 56' 3.60" S and 46° 42' 56.82" W	Urban	20/12/1999
Prainha Pond (PP)	Pitangueiras	21° 0' 30.12" S and 48° 13' 9.96" W	Urban	18/12/1999
Barro Preto Pond (BPP)	Guatapará	21° 29' 52.35" S and 48° 2' 10.44" W	Rural	16/12/1999
Diogo Lake (DL)	Luiz Antônio	21° 37' 25.57" S and 47° 48' 36.75" W	Ecological Station	16/12/1999
Elektro Reservoir (ER)	Pirassununga	21° 55' 34.94" S and 47° 22' 3.19" W	Urban	15/12/1999
Fazenda Aurora Reservoir (FAR)	Santa Cruz das Palmeiras	21° 48' 46.36" S and 47° 12' 37.62" W	Rural	15/12/1999
David Reservoir (DR)	Santa Cruz das Palmeiras	21° 49' 35.94" S and 47° 14' 44.19" W	Urban	15/12/1999
São Geraldo Reservoir (SGR)	Sertãozinho	21° 7' 37.70" S and 48° 2' 42.67" W	Rural	18/12/1999

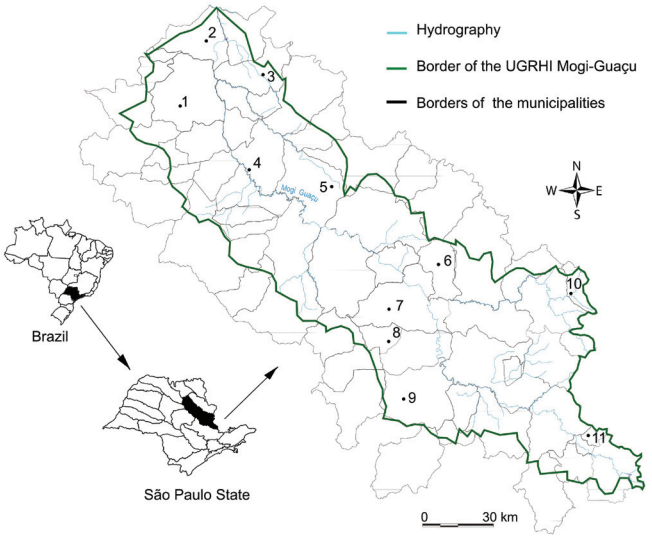


Figure 1. The Mogi-Guaçu Water Resources Management Unit (UGRHI Mogi-Guaçu). The numbers represent the municipalities sampled: 1 Jaboticabal, 2 Pitangueiras, 3 Sertãozinho, 4 Guatapará, 5 Luís Antônio, 6 Santa Cruz das Palmeiras, 7 Pirassununga, 8 Santa Cruz da Conceição, 9 Araras, 10 Águas da Prata, 11 Águas de Lindóia. (http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/basecon/r0estadual/sintese/images/ugrhi09.pdf - modified).

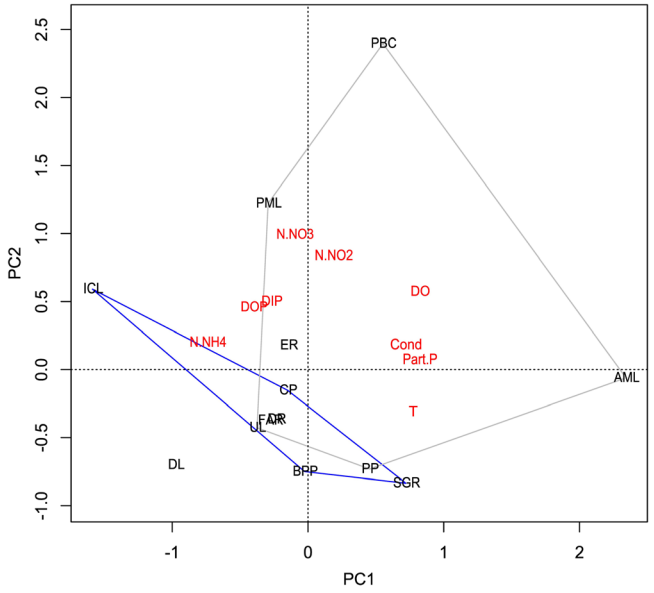


Figure 2. Diagram of Principal Component Analysis (PCA) applied to environmental variables. Proportion explained by axis: 31.5% (PC1) and 25.5% (PC2). Sites are connected by type: urban (gray line), rural (blue line) and ecological station (just site DL).

Strickland & Parsons (1960). We quantified the total nitrogen and total phosphorus according to Valderrama (1981); nitrate ($N\text{-}NO_3$) according to Mackereth et al. (1978); nitrite ($N\text{-}NO_2$) according to Bendchreider & Robinson (1952, cited in Golterman et al. 1978) and ammonium ($N\text{-}NH_4$) according to Koroleff (1976). The particulate phosphate (Part.P) was calculated by the difference between total phosphorus and total dissolved phosphate.

4. *Statistical analysis*

All statistical tests were conducted in the R computing environment (R Development Core Team 2009), with statistical significance set at $p < 0.05$. The Spearman rank correlation coefficient (ρ) was used to test linear correlations. For multivariate analyses, the environmental variables were standardized by Z-score transformation and the pH was withdrawn from the analysis due to its high linear correlation with Dissolved Oxygen ($\rho=0.84$, p-value < 0.001). An ordination diagram resulting from the Principal Component Analysis (PCA) was used to summarize the environmental variables differences among the studied sites. The optimal model for the Canonical Correspondence Analysis (CCA) was selected by the Akaike Information Criterion (AIC). In the CCA diagram, only the genera with higher frequency (occurring at least in six environments) were used.

Results

1. *Physical and chemical analyses: differences between the studied sites*

The diagram of the PCA (Figure 2) with the abiotic variables summarizes the relationships of these variables in the different studied sites, which are grouped according to the environment type: rural, urban, or conservation unit. The first axis of the PCA explained 31.4% of the variation and is mainly associated with dissolved oxygen, total particulate phosphorus, temperature, and conductivity.

The second axis of the PCA (Figure 2), which explains 25.5% of the environmental variation among the samplings (sites) is mainly associated with dissolved phosphate (organic and inorganic), nitrite and nitrate. Among the samples that had the lowest scores for this axis are the ones from the DL (–0.70) and the BPP (–0.75), in which we found the greatest richness of morphotypes: 73 and 71, respectively. These environments, unlike the other two that had the lowest scores for axis 2, the SGR (–0.83) and the PP (–0.73), also had negative scores for axis 1.

2. *Protozooplankton community structure*

We identified 69 species belonging to 50 genera, and other 24 genera were not identified to the species level, totalizing 74 genera in the 13 environments (Appendix 1). The protozoa were separated into four major groups: Ciliophora, Amoebozoa, Rhizaria and Centrohelida (Heliozoa). Amoebozoa and Rhizaria make up the artificial group of amoebas.

When the identification at lower taxonomical level was not possible, we separated the specimens by morphotypes. The morphotype was used as richness unit, however, similar morphotypes from different environments were not compared. Thus, the sum of the richness of the 13 environments should not be considered as an estimate of total richness.

Once the material was fixed, the identification of some naked amoebae was limited, since many taxonomic characteristics of this protozoan group are related to their locomotion (Page 1976). This rendered difficult the separation between the major groups Rhizaria and Amoebozoa, therefore these morphotypes were assigned as "naked amoebae" in figures and tables.

Among the 13 environments, the Diogo Lake was the richest (73 taxa), whereas the Elektro reservoir presented the lowest richness (3 taxa) (Table 2). Although not significantly different, the mean richness of rural environments (excluding the ecological station) was higher (27.4 morphotypes) than mean richness of urban environments (15 morphotypes).

In number of taxa, the Ciliophora dominated most of the environments, except São Geraldo Reservoir, where the numbers of taxa of amoebae and Ciliophora were the same (Table 2). In the plankton of Praça Basílio Ceschin Pond (PBC), Araras Municipal Lake (AML) and Elektro Reservoir (ER) there were no amoebae.

Table 2. Protozoan richness (morphotypes) and density (cell. mL^{-1}) for the studied environments: BPP (Barro Preto Pond), CP (Cabras Pond), DL (Diogo Lake), ICL (Ivo Carotini Lake), AML (Araras Municipal Lake), PP (Prainha Pond), PML (Paço Municipal Lake), UL (Urban Lake), PBC (Praça Basílio Ceschin Pond), DR (David Reservoir), ER (Elektro Reservoir), FAR (Fazenda Aurora Reservoir) and SGR (São Geraldo Resevoir). X is the mean value for the environments.

	Richness				Density (ind.mL^{-1})			
	Total	**Cil.**	**Ameboid**	**Heliozoa**	**Total**	**Cil.**	**Ameboid**	**Heliozoa**
LBP	71	57	14	0	16.02	15.17	0.85	0
CP	28	24	2	2	12.57	11.57	0.95	0.05
DL	73	66	7	0	3.33	3.12	0.21	0
ICL	18	17	1	0	18.80	16.99	1.81	0
AML	6	6	0	0	51.91	51.91	0	0
PP	28	26	2	0	10.48	6.18	4.30	0
PML	22	14	8	0	9.91	4.16	5.75	0
UL	10	9	1	0	30.68	2.03	28.65	0
PBC	12	12	0	0	10.20	10.20	0	0
DR	24	23	1	0	5.44	5.42	0.02	0
ER	3	3	0	0	0.60	0.60	0	0
FAR	4	3	1	0	84.93	61.10	23.83	0
SGR	16	8	8	0	5.29	5.14	0.15	0
X	24.23	20.62	3.46	0.15	20.01	14.89	5.12	0.00

Ciliophora was also more abundant in most environments, except for the Prainha Pond (PP), where its density was similar to amoebae, and for the Paço Municipal (PML) and Urban (UL) lakes, where amoebae was more abundant. The total density of protozoans varied from 596 ind.L^{-1}, in the Elektro Reservoir (ER), to 84.93 × 10^3 ind.L^{-1}, in the Fazenda Aurora Reservoir (FAR) (Table 2).

Except for the Diogo Lake, the sum of the three dominant taxa corresponded to more than 50% of the total protozooplankton in the environments (Table 3). The genus *Halteria* occurred among the dominant species in 11 environments. Amoebae species dominated numerically in the Urban Lake (*Pseudodifflugi*a sp), in the Paço Municipal Lake (genus *Mayorella*) and in the Prainha Pond.

Among the groups found, 18 in total, only Stichotrichia was present in all 13 environments (Table 4) and was predominant in five of them (Figure 3), especially by the occurrence of *Halteria*. The Stichotrichia, along with subclasses Choreotrichia and Oligotrichia, belongs to the class Spirotrichea (Lynn 2008). These two subclasses and Prorodontida (Class Prostomatea in the current classification and Prostomatida according to Foissner et al. (1999)) occurred in 10 environments, whereas Peritrichia occurred in 12.

Despite the wide distribution of Peritrichia, it occurred among the three most important groups in the plankton of only four environments (Figure 3), and made up from 1.1% (Cabras Pond) to 90%, (Elektro Reservoir) of the protozooplankton community.

3. Influence of environmental variables on protozooplankton

The most abundant genera/species that occurred in more than six environments were also analyzed in relation to the nine environmental variables through CCA. The best CCA model, according to the Akaike Information Criterion, was the complete model (Figure 4) and was significant (p = 0.037). The proportion of the variation in the distribution of the genus/species explained by the axis 1 of the CCA was 39.8%, whereas the axis 2 explained 25.5%. The species-environment correlation was high for the first two axes of CCA: 0,993 and 0,989.

The CCA showed that the genera *Pseudodifflugia* and *Mesodinium* were positively influenced by the orthophosphate concentration and negatively affected by conductivity, particulate phosphate, dissolved oxygen, and temperature. The forms of nitrogen did not affect the distribution of these genera.

The concentrations of nitrite and nitrate are the main variables that explain the distribution of *Enchelys*, *Rimostrombidium*, *Paradileptus*, and, especially, *Limnostrombidium*, *Urotricha*, and *Vorticella*, which occur also in environments with higher concentrations of orthophosphate.

The increase in the concentration of dissolved oxygen, particulate phosphate, conductivity, and temperature affects positively the density of the genera *Coleps* and *Halteria* and the species *Cinetochilum margaritaceum* (Ehrenberg, 1831) Perty, 1849. This species is negatively affected by increase on nitrite and nitrate concentrations. Since DO is strongly related with pH, it was assumed that these variables have similar influences on the distribution of the protozoan genus/species in this work.

Discussion

In our work, it was not possible to make a reliable characterization of the environments since they were sampled only once, but it was possible to show that there were differences among the samples and that it likely reflects some differences in the catchment area and in the human activities around the environments, as there were a separation among rural and urban environments in the PCA, and it also influenced protozoan community.

Among the samples with lowest scores for the axis 2 (related with dissolved phosphate, nitrite and nitrate) of the PCA are the ones from DL and BPP that presented the greatest richness of morphotypes. Our results showed higher richness in samples (environments) with lower concentration of dissolved phosphate and nitrogen forms, what differs from the results obtained by Buosi et al. (2011) that showed increasing richness of ciliate community in response to nutrients amendment in Brazilian aquatic environment. Beaver & Crisman (1989b), also found, for 30 Florida (subtropical) lakes, that ciliate species richness is positively related to lake productivity, and the richest lake (hypereutrophic) had 24.5 species. Our contrasting results may be due to the unique sampling for each environment or to other variables than phosphate and nitrogen influencing the productivity of the environments, since the BPP is a rural environment and DL lies within a conservation area and probably suffers less anthropic influence.

The richness of morphotypes in the analyzed environments in UGRHI-Mogi-Guaçu was higher than the mean found in other water

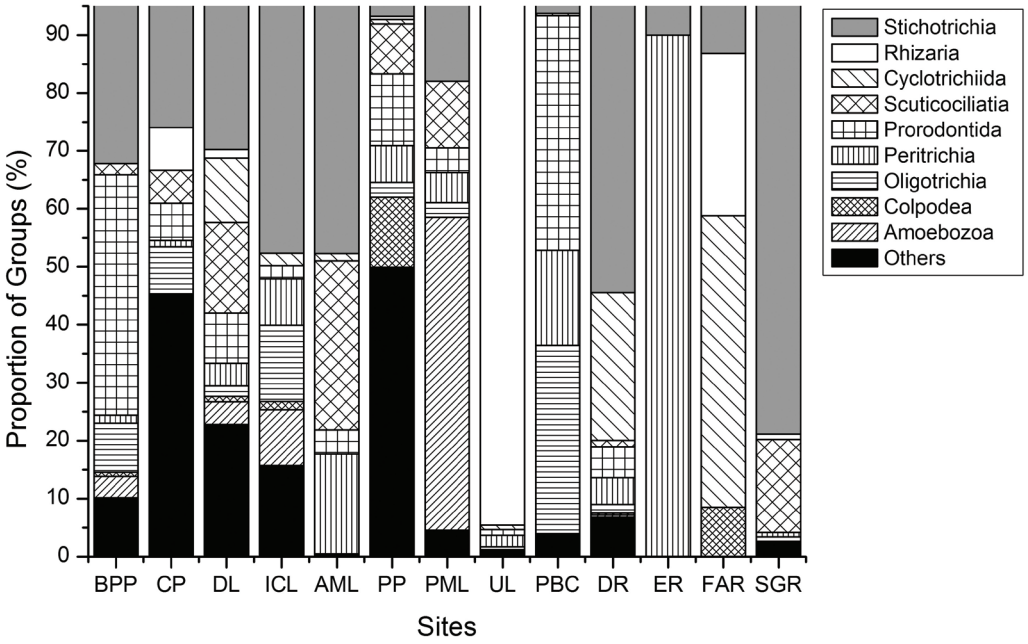


Figure 3. Major groups and their relative abundances in the 13 studied environments. BPP (Barro Preto Pond), CP (Cabras Pond), DL (Diogo Lake), ICL (Ivo Carotini Lake), AML (Araras Municipal Lake), PP (Prainha Pond), PML (Paço Municipal Lake), UL (Urban Lake), PBC (Praça Basílio Ceschin Pond), DR (David Reservoir), ER (Elektro Reservoir), FAR (Fazenda Aurora Reservoir) and SGR (São Geraldo Reservoir).

Table 3. Dominant taxa in the 13 studied environments and their relative abundances. Σ= sum of relative abundances.

		Dominant taxa		
	Σ	**1**	**2**	**3**
Ivo Carotini Lake	70.4%	*Halteria cirrifera* (47.6%)	*Limnotrombidium* sp (13.1%)	*Arcella* sp (9.6%)
Praça Basílio Ceschin Pond	72.6%	*Limnostrombidium* sp (32.5%)	*Urotricha globosa* (20.6%)	*U.* cf. *agilis* (19.5%)
Barro Preto Lake	71.9%	*Urotricha* cf. *agilis* (34.6%)	*Halteria grandinella* (28.8%)	*Limnostrombidium viride* (8.5%)
Cabras Pond	51.6%	*Halteria* cf *grandinella* (25.5%)	*Tintinnidium* cf. *semiciliatum* (17.3%)	*Rimostrombidium humile* (8.8%)
Diogo Lake	45.6%	*Halteria grandinella* (24.3%)	*Mesodinium pulex* (11.1%)	*Cinetochilum margaritaceum* (10.2%)
Prainha Pond	57.2%	"Naked amoebae" (40.5%)	*Urotricha* sp (8.7%)	*C. margaritaceum* (8%)
Paço Municipal Lake	71.7%	*Mayorella* cf. *limacis* (40.7%)	*Halteria grandinella* (17.8%)	*Mayorella bicornifrons* (13.3%)
David Reservoir	77%	*Stichotricha secunda* (42.8%)	*Askenasia volvox* (24.1%)	*Halteria* sp. (10.1%)
Elektro Reservoir	100%	*Vorticella aquadulcis* (85%)	*Halteria grandinella* (10%)	*Epistylis* sp. (5%)
São Geraldo Reservoir	95.3%	*Halteria grandinella* (78.3%)	*C. margaritaceum* (16.1%)	*Pseudodifflugia* sp (0.9%)
Urban Lake	96.2%	*Pseudodifflugia sp.* (93.4%)	*Campanella sp.* (1.6%)	*Halteria sp.* (1.2%)
Araras Municipal Lake	94%	*Halteria sp.* (47.7%)	*C. margaritaceum* (29.2%)	*Vorticella mayeri* (17.2%)
Fazenda Aurora Reservoir	91.5%	*Mesodinium* sp. (50.3%)	*Pseudodifflugia sp.* (28.1%)	*Halteria sp.* (13.1%)

Table 4. Protozoan groups found and the number of environments (N.E.) in which they occurred.

Group	N.E.	Group	N.E.	Group	N.E.
Stichotrichia	13	Scuticociliatia	8	Hymenostomatia	2
Peritrichia	12	Peniculia	7	Pleurostomatida	2
Prorodontida	10	Colpodea	6	Armophorea	1
Choreotrichia	10	Cytphoria	3	Amoebozoa	7
Oligotrichia	10	Heterotrichia	3	Rhizaria	6
Cyclotrichiida	8	Karyorelictea	3	Centrohelida	1
Haptorida	8	Suctoria	3	"Naked amoebae"	5

bodies from São Paulo State. According to Regali-Seleghim et al. (2011), the richness of taxa was between 17 and 20, on water bodies that have been analyzed just once in Biota/FAPESP. Regali-Seleghim (2001) found a maximum of 58 taxa in one sampling in a shallow water body, the Monjolinho lake in São Carlos, after a study of 1 year and six months with monthly sampling. Gomes & Godinho (2003) have related 28 taxa of Sarcodina and Ciliophora to the eutrophic lake Monte Alegre, Ribeirão Preto – SP, during a period of one year.

Considering the sampling effort for each environment and the relative high richness found in some of them, we highlight the necessity of this kind of study in poorly explored environments. Agostinho et al. (2005) reports that preservation of fauna and flora

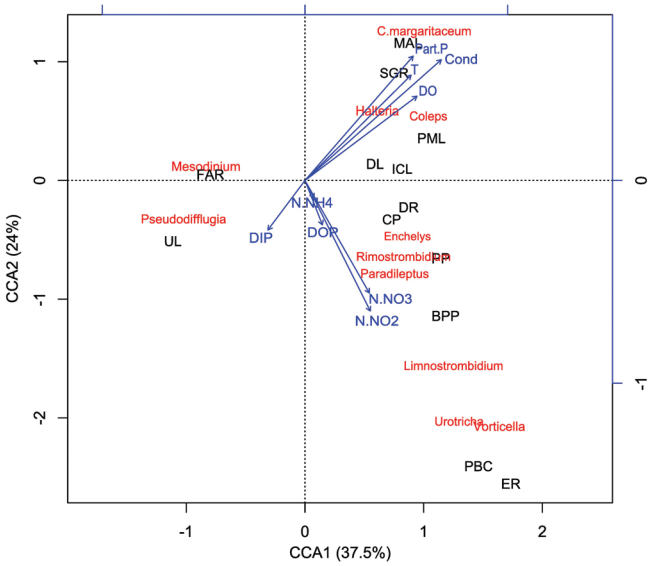


Figure 4. Canonical Correspondence Analysis (CCA) ordination diagram showing the relationships between more frequent (i.e. present in six or more sites) protozoan genera and environmental variables. The unique species of the genus *Cinetochilum* was *C. margaritaceum.*

has been the main reason to the establishment of the major protected areas in Brazil on the last decades. Several environments from these areas include water bodies and wetlands, but their fauna and flora, aquatic and terrestrial, have been little studied or surveyed. Protected areas in which aquatic organisms have been intensely inventoried show the importance of these efforts for biodiversity conservation (Agostinho et al. 2005).

Despite the high richness found, comparatively to other studies, all the environments presented relatively low densities (Table 2). Beaver & Crisman (1989a) found that the number of ciliate in oligotrophic lakes is below 10 ind.mL^{-1}, whereas more productive lakes exhibit greater abundance. In Brazilian reservoirs, however, lower ciliate cell concentrations are recorded in eutrophic environments: in Iraí reservoir (Paraná) ciliate density ranged from 7.2 to 47.1 ind.mL^{-1} (Velho et al., 2005), in São Paulo State, protozoan densities ranged from 3.60 to 389 ind.mL^{-1} in Monte Alegre Lake (Gomes & Godinho 2003) and in Monjolinho lake, ciliate densities ranged from 6.21 to 98.07 ind.mL^{-1}, and amoebae from 0.54 to 22.46 ind.mL^{-1} (Regali-Seleghim 2001).

Concerning the dominant ciliates in this work, several are frequently reported in Brazilian aquatic environments, such as *Halteria grandinella* (Müller, 1973) Dujardin, 1841, *Cinetochilum margaritaceum Limnostrombidium* sp., *Mesodinium* sp., *Urotricha* spp. and *Vorticella* spp. (e.g. Barbieri & Godinho-Orlandi 1989, Buosi et al. 2011, Dias et al. 2008, Gomes & Godinho 2003, Mansano et al. 2013, Pauleto et al. 2009, Regali-Seleghim et al. 2011), and have widespread geographic distribution in Brazil (Foissner et al. 1999, Šimek et al. 2000).

The abundance of amoebae was lower than ciliates considering most environments. Despite some authors claim that amoebas are poorly known in freshwater plankton (e.g. Laybourn-Parry 1992), studies have shown the importance of testate amoebae in plankton of some Brazilian environments (Alves et al. 2010, Bini et al. 2003, Costa et al. 2011, Lansac-Tôha et al. 2007, Velho et al. 2003). Arndt (1993), in a review about planktonic groups from freshwater, claims that amoebae have been underestimated on limnological studies because of methodological problems, even though rarely they could be as abundant as, or even more abundant than ciliates.

The amoeba of the genus *Mayorella* was predominant in the PML. The predominance of amoebas could be related to eutrophication, since *Mayorella* has been specially associated to cyanobacteria grazing in freshwater and saltwater environments (Cook et al. 1974, Laybourn-Parry et al. 1987). This environment presented high score to PCA axis 2 (Figure 2), related to dissolved phosphate and nitrate, which are the main nutrients associated to eutrophication of aquatic environments (Kratzer & Brezonik 1981, Toledo Junior et al. 1983).

Among the main protozoa, the genus *Halteria* is noteworthy, especially because of the species *H. grandinella*. Researches about the protozoa composition in Brazilian water bodies - Lobo Reservoir (São Carlos, SP), Rio Grande Reservoir (São Paulo, SP), Ilha Solteira Reservoir (Ilha Solteira, SP), reservoirs in the basin of Piranhas-Assu River (Rio Grande do Norte state), Lake Monte Alegre (Ribeirão Preto, SP) and Monjolinho Reservoir (São Carlos, SP) - found that *H. grandinella* was among the most frequent and abundant species in these environments (Araújo & Costa 2007, Barbieri & Godinho-Orlandi 1989, Gomes & Godinho 2003, Mansano et al. 2013, Regali-Seleghim 1992, 2001).

The *Halteria* spp. dominance could be due to characteristics such as wide diet and effective escape from predation. According Jürgens & Šimek (2000), *Halteria* spp feeds on organisms belonging to several trophic levels (bacteria, nanoprotists, algae, debris), what can be a selective advantage compared to specialized ciliates, resulting in a wide occurrence and, in most cases, dominance of *Halteria* spp. in freshwater plankton. In addition, its ability to jump could improve their chances of survival in the environment. According to Gilbert (1994) and Jack & Gilbert (1997), the jumper habit is an effective strategy to escape from predatory by cladocerans and rotifers.

The *Halteria* genus was responsible for the higher frequency of Stichotrichia in the environments. This subclass, along to Choreotrichia and Oligotrichia, represented by *Rimostrombidium* and *Limnostrombidium*, belongs to Oligotrichida group, according to Foissner et al. (1999). Oligotrichida are common in the communities of oligotrophic to hypereutrophic sub-tropical lakes throughout the annual cycle (Beaver & Crisman 1990, Laybourn-Parry 1992). In studies conducted in subtropical water bodies by Regali-Seleghim et al. (unpublished data) in UGRHI Pardo, the taxonomic group with greater abundance was Oligotrichida, followed by Prostomatida, Hymenostomata (subdivided into Hymenostomatia, Peniculia and Scuticociliatia on the current classification), and Gymnostomatea (Haptorida on the current classification). Beaver & Crisman (1982, 1990) found predominance of Oligotrichida, Scuticocilatida and Haptorida in sub-tropical Florida lakes and the lacustrine protozooplankton have a significant haptorid (Gymnostomatea), peritrich (Laybourn-Parry 1992), and scuticociliate (within Hymenostomata) component (Beaver & Crisman 1989a).

Whereas a major part of researches about protozoa ecology uses the separation into groups proposed by Foissner et al. (1991, 1992, 1994, 1995), which brings together the genera *Halteria, Limnostrombidium,* and *Rimostrombidium* into *Oligotrichida*, our CCA showed that these genera, specially *Halteria*, respond to environmental variables on different ways. Although it would be necessary a greater number of sampling points to more robust interpretation of genera distribution, considering the 13 points and their abiotic differences, it was possible to make same inferences about the distribution of main genera in relation to the environmental variables, and the CCA was significant. Increasing total sampling points would improve interpretation of protozoan distribution, but

fewer samples do not invalidate statistical analyses, only restricts the interpretation and extrapolation of data.

In our work, *Limnostrombidium, Rimostrombidium, Urotricha* and *Vorticella* were more affected by inorganic nitrogen variation. Buosi et al. (2011) found a slight increase in *Limnostrombidium* sp. density in treatments enriched with phosphorus and nitrogen. Furthermore, nitrite and nitrate, which are easily assimilated by phytoplankton, may indirectly affect the distribution of *Limnostrombidium* spp, since many species of this genus shows mixotrophy (Laybourn-Parry et al. 1990), *Urotricha* spp, which is a herbivorous genus (Weisse & Frahm 2001), and *Vorticella spp*, which occurs specially in eutrophic environments and many are algae and cyanobacteria epibionts (Bick 1972, Laybourn-Parry et al. 1990).

The genera *Halteria* and *Coleps,* and *C. margaritaceum* were positively influenced by the concentration of dissolved oxygen, conductivity, temperature and particulate phosphate, and poorly or negatively related to nitrogen forms. *H. grandinella* and *C. margaritaceum* are more abundant in environments poor in nitrogen compounds, but with higher amounts of organic matter (Bick 1972). Since these ciliates were influenced by DO, they might also have been influenced by pH, due to the strong correlation between these variables. This correlation could be indicative of higher photosynthetic rates in the environments, since the release of oxygen by phytoplankton is associated with the consumption of carbon dioxide during photosynthesis, what may increase the pH of the environment. Mansano et al. (2013) reported positive correlation among *H. grandinella* density and DO, but no correlation with pH.

Regarding to the pH, *C. margaritaceum* was more abundant in more alkaline environments and *Limnostrombidium* and *Rimostrombidium* predominated in environments with lower pH values. These results corroborate those described by Mieczan (2007).

The genus *Coleps* and *C. margaritaceum* were found in similar environments. The species *Coleps hirtus* feeds on *C. margaritaceum*, avoids high concentrations of ammonium (Foissner et al. 1999) and has optimum growth at low concentrations of nitrite and nitrate (Bick 1972).

Besides the different responses of the most commons genera/species to the environmental variables, this work showed that although all the environments studied belong to one basin, they were different in composition of species, reflecting differences in nutrient concentration of the water bodies and possibly in the land use, since we found lower mean richness in urban environments. Galbraith & Burns (2010) suggest that differences in taxonomic structure of ciliate and phytoplankton communities might also be predicted by the land use and vegetation cover in the catchment. Our results corroborate the need of more research in more preserved environments.

Acknowledgments

We are thankful to Airton Soares for help in the field, to Fernando Racy for valuable discussions and to FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) for financial support of the BIOTA program (Process n° 98/05091-2).

References

ADL, S.M., SIMPSON, A.G.B., FARMER, M.A., ANDERSEN, R.A., ANDERSON, O.R., BARTA, J.R., BOWSER, S.S., BRUGEROLLE, G., FENSOME, R.A., FREDERIC, S., JAMES, T.Y., KARPOV, S., KUGRENS, P., KRUG, J., LANE, C.E., LEWIS, L.A., LODGE, J., LYNN, D.H., MANN, D.G., MCCOURT, R.M., MENDOZA, L., MOESTRUP, Ø., MOZLEY-STANDRIDGE, S.E., NERAD, T.A., SHEARER, C.A., SMIRNOV, A.V., SPIEGEL, F.W. & TAYLOR, M.F.J.R. 2005. The New Higher Level Classification of Eukaryotes with Emphasis on the Taxonomy of Protists. J. Eukaryot. Microbiol. 52(5):399-451. http://dx.doi.org/10.1111/j.1550-7408.2005.00053.x

AGOSTINHO, A.A., THOMAZ, S.M. & GOMES, L.C. 2005. Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil. Megadiversidade. 1(1):70-78.

ALVES, G.M., VELHO, L.F., SIMÕES, N.R. & LANSAC-TÔHA, F.A. 2010. Biodiversity of testate amoebae (Arcellinida and Euglyphida) in different habitats of a lake in the Upper Paraná River floodplain. Eur. J. Protistol. 46:310-318. http://dx.doi.org/10.1016/j.ejop.2010.07.001

ARAÚJO, M.F.F. & COSTA, I.A.S. 2007. Comunidades microbianas (bacterioplâncton e protozooplâncton) em reservatórios do semi-árido brasileiro. Oecol. Bras. 11:422-432. http://dx.doi.org/10.4257/oeco.2007.1103.11

ARNDT, H. 1993. A critical review of the importance of rhizopods (naked and testate amoebae) and actinopods (heliozoan) in lake plankton. Mar. Microb. Food Webs. 7(1):3-29.

BARBIERI, S.M. & GODINHO-ORLANDI, M.J.L. 1989. Planktonic protozoa: in a typical reservoir: temporal variation in abundance and composition. Rev. Hydrobiol. Trop. 22(4):275-285.

BEAVER, J.R. & CRISMAN, T.L. 1982. The trophic response of ciliated protozoans in freshwater lakes. Limnol. Oceanogr. 27:246-253. http://dx.doi.org/10.4319/lo.1982.27.2.0246

BEAVER, J.R. & CRISMAN, T.L. 1989a. The role of ciliated protozoa in pelagic freshwater ecosystems. Microb. Ecol. 17:111-136. http://dx.doi.org/10.1007/BF02011847

BEAVER, J.R. & CRISMAN, T.L. 1989b. Analysis of the community structure of planktonic ciliated protozoa relative to trophic state in Florida lakes. Hydrobiologia. 174:177-184. http://dx.doi.org/10.1007/BF00008155

BEAVER, J.R. & CRISMAN, T.L. 1990. Seasonality of planktonic ciliated protozoa in 20 subtropical Florida lakes of varying trophic state. Hydrobiologia. 190:127-135. http://dx.doi.org/10.1007/BF00014103

BICK, H. 1972. Ciliated protozoa. An illustrated guide to the species as biological indicators in freshwater. World Health Organization, Geneva.

BINI, L.M., VELHO, L.F.M. & LANSAC-TÔHA, F.A. 2003. The effect of connectivity on the relationship between local and regional species richness of testate amoebae (Protozoa, Rhizopoda) in floodplain lagoons of the Upper Paraná River, Brazil. Acta Oecol. 24(1):145-151. http://dx.doi.org/10.1016/S1146-609X(03)00040-7

BUOSI, P.R.B., PAULETO, G.M., LANSAC-TÔHA, F.A. & VELHO, L.F.M. 2011. Ciliate community associated with aquatic macrophyte roots: Effects of nutrient enrichment on the community composition and species richness. Eur. J. Protistol. 47:86-102. http://dx.doi.org/10.1016/j.ejop.2011.02.001

CAIRNS JUNIOR, J., McCORMICK, P.V. & NIEDERLEHNER, B.R. 1993. A proposed framework for developing indicators of ecosystem health. Hydrobiologia. 263(1):1-44. http://dx.doi.org/10.1007/BF00006084

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. 2001. Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2000. CETESB.

COOK, W.L., AHEARN, D.J., REINHARDT, D.J. & REIBER, R.J. 1974. Blooms of an algophorous amoeba associated with *Anabaena* in fresh water lake. Water, Air, and Soil Poll. 3:71-80. http://dx.doi.org/10.1007/BF00282728

CORLISS, J.O. 1979. The ciliated protozoa: characterization, classification and guide to the literature. 2nd ed. Pergamon, New York.

COSTA, D. M., ALVES, G.M., VELHO, L.F.M. & LANSAC-TÔHA, F.A. 2011. Species richness of testate amoebae in different environments from the upper Paraná river floodplain (PR/MS). Acta Sci. Biol. Sci. 33(3):263-270.

CURDS, C.R. 1969. An illustrated key to the British freshwater ciliated protozoa commonly found in activated sludge. Wat. Pollut. Res. Tech. Paper 12.

DIAS, R.J.P., WIELOCH, A.H. & D'AGOSTO, M. 2008. The influence of environmental characteristics on the distribution of ciliates (Protozoa,

Ciliophora) in an urban stream of southeast Brazil. Braz. J. Biol. 68(2):287-295.

DRAGESCO, J. & DRAGESCO-KERNÉIS, A. 1986. Ciliés libres de l'Afrique intertropicale: introduction a la connaissance et à l'étude des ciliés. Orstom, Paris.

EDMONDSON, W.T. 1959. Freshwater biology. 2nd ed. Wiley, New York.

FOISSNER, W. & BERGER, H. 1996. A user friendly guide to the ciliates (Protozoa, Ciliophora) commonly used by hydrobiologists as bioindicators in rivers, lakes, and waste waters, with notes on their ecology. Freshwater Biol. 35:375-482.

FOISSNER, W., BLATTERER, H., BERGER, H. & KOHMANN, F. 1991. Taxonomische und ökologische revision der ciliaten des saprobiensystems- Band I: Cyrtophorida, Oligotrichida, Hypotrichia, Colpodea. Informationsberichte des Bayer. Landesamtes für wasserwirtschaft, München, 1/91.

FOISSNER, W., BERGER, H. & KOHMANN, F. 1992. Taxonomische und ökologische revision der ciliaten des saprobiensystems- Band II: Peritrichia, Heterotrichida, Odontostomatida.. Informationsberichte des Bayer. Landesamtes für wasserwirtschaft, München, 5/92.

FOISSNER, W., BERGER, H. & KOHMANN, F. 1994. Taxonomische und ökologische revision der ciliaten des saprobiensystems- Band III: Hymenostomata, Protostomatida, Nassulida. Informationsberichte des Bayer. Landesamtes für wasserwirtschaft, München, 5/92.

FOISSNER, W., BERGER, H., BLATTERER, H. & KOHMANN, F. 1995. Taxonomische und ökologische revision der ciliaten des saprobiensystems- Band IV: Gymnostomatea, Loxodes, Suctoria. Informationsberichte des Bayer. Landesamtes für wasserwirtschaft, München, 1/95.

FOISSNER, W., BERGER, H. & SCHAUMBURG, J. 1999. Identification and ecology of limnetic plankton ciliates. Bayerisches Lamdesamt für wasserwirtschaft. Informationsberichte, Munich.

GALBRAITH, L.M. & BURNS, C.W. 2010. Drivers of ciliate and phytoplankton community structure across a range of water bodies in southern New Zealand. J. Plankton Res. 32:327-339. http://dx.doi.org/10.1093/plankt/fbp134

GILBERT, J.J. 1994. Jumping behavior in the oligotrich ciliates *Strobilidium velox* and *Halteria grandinella* and its significance as a defense against rotifer predators. Microb. Ecol. 27:189-200. http://dx.doi.org/10.1007/BF00165817

GODINHO, M.J.L & REGALI-SELEGHIM, M.H. 1999. Diversidade de protozoários de vida livre: Protozoa. In Biodiversidade do Estado de São Paulo: Síntese do conhecimento ao final do século XX, 1. Microrganismos e Vírus (V.P. Canhos & R.F. Vazoller, eds.). FAPESP, São Paulo p. 82-91.

GOLTERMAN, H. L., CLYMO, R. S., OHNSTAD, M.A. 1978. Methods for physical & chemical analysis of Fresh Water. 2nd. Edition Blackwell Scientific Publications. IBP, n. 8.

GOMES, E.A.T. & GODINHO, M.J.L. 2003. Structure of the protozooplankton community in a tropical shallow and eutrophic lake in Brazil. Acta Oecol. 24:153-161. http://dx.doi.org/10.1016/S1146-609X(03)00039-0

JACK, J.D. & GILBERT, J.J. 1997. Effects of Metazoan Predators on Ciliates on Freshwater Plankton Communities. J. Euk. Microbiol. 44(3):194-199. http://dx.doi.org/10.1111/j.1550-7408.1997.tb05699.x

JÜRGENS, K. & ŠIMEK, K. 2000. Functional response and particle size selection of *Halteria* cf. *grandinella*, a common freshwater oligotrichous ciliate. Aquat. Microb. Ecol.. 22:57-68. http://dx.doi.org/10.3354/ame022057

KAHL, A. 1930-35. Urtiere oder Protozoa. Wimpertiere oder Ciliata (infusoria). Die Tierwelt Deutschlands. G.Fisher, Jena, parts 18 (1930) 25(1932), 30 (1935).

KOROLEFF, F. 1976. Determination of nutrients. In: Grasshoff, K., ed., Methods of seawater analysis. Verlag Chemie, Weinhein, New York, p.117-181.

KRAINER, K.H. 1991. Contributions to the morphology, infraciliature and ecology of the planktonic ciliates *Strombidium pelagicum* n.sp. *Pelagostrombidium mirabile* (Penard, 1916) n.g., n. comb., and *Pelagostrombidium fallax* (Zacharias, 1896) n.g., n. comb. (Ciliphora, Oligotrichida). Eur. J. Protistol. 27:60-70. http://dx.doi.org/10.1016/S0932-4739(11)80428-1

KRATZER, C.R. & BREZONIK, P.L. 1981. A Carlson-type trophic state index for nitrogen in Florida lakes. Water Resour. Bull. 17(4):713 – 715. http://dx.doi.org/10.1111/j.1752-1688.1981.tb01282.x

KUDO, R.R. 1977. Protozoology. 5th ed. Charles C. Thomas, Illinois.

LANSAC-TÔHA, F.A, ZIMMERMANN-CALLEGARI, M.C, ALVES, G.M, VELHO, L.F.M & FULONE, L.J. 2007. Species richness and geographic distribution of testate amoebae (Rhizopoda) in Brazilian freshwater environments. Acta Sci. Biol. Sci. 29(2):185-195.

LAYBOURN-PARRY, J. 1992. Protozoan Plankton Ecology. Chapman and Hall, London.

LAYBOURN-PARRY, J., JONES, K. & HOLDICH, J.P. 1987. Grazing by *Mayorella* sp. (Protozoa:Sarcodina) on cyanobacteria. Funct. Ecol. 1:99-104. http://dx.doi.org/10.2307/2389711

LAYBOURN-PARRY, J., OLVER, J., ROGERSON, A. & DUVERGÉ, P.L. 1990. The temporal and spatial patterns of protozooplankton abundance in a eutrophic temperate lake. Hydrobiologia. 203:99-110. http://dx.doi.org/10.1007/BF00005618

LEE, J.J., HUTNER, S.H. & BOVEE, E.C. 1985. An illustrated guide to the protozoa. Allen Press, Kansas.

LÉVÊQUE, C., BALIAN, E.V. & MARTENS, K. 2005. An assessment of animal species diversity in continental waters. Hydrobiologia. 542:39-67. http://dx.doi.org/10.1007/s10750-004-5522-7

LYNN, D.H. 2008. The ciliated protozoa: characterization, classification and guide to the literature. 3rd ed. Springer, Dordrecht.

MACKERETH, F.J.H., HERON, J. & TALLING, J.F. 1978. Water Analysis: Some Revised Methods for Limnologists. Freshwater Biological Association. Scientific Association. Kendall: Titus Wilson & Son Ltd.

MANSANO, A.S., HISATUGO, K.F., LEITE, M.A., LUZIA, A.P. & REGALI-SELEGHIM, M.H. 2013. Seasonal variation of the protozooplanktonic community in a tropical oligotrophic environment (Ilha Solteira reservoir, Brazil). Brazil. Braz. J. Biol. 73(1): page not defined.

MIECZAN, T. 2007. Relationships among ciliated protozoa and water chemistry in small peat-bog reservoirs (Łęczna-Włodawa Lakeland, Eastern Poland). Oceanol. Hydrobiol. St. 36(2):77-86. http://dx.doi.org/10.2478/v10009-007-0014-5

PACE, M.L. & ORCUTT, JR, J.D. 1981. The relative importance of protozoans, rotifers and crustaceans in a freshwater zooplankton community. Limnol. Oceanogr. 36:822-830. http://dx.doi.org/10.4319/lo.1981.26.5.0822

PAGE, F.C. 1976. An illustrated key to freshwater and soil amoebae with notes on cultivation and ecology. Freshwater Biological Association Scientific publication nº 34. Cumbria.

PAULETO, G.M., VELHO, L.F.M., BUOSI, P.R.B., BRÃO, A.F.S., LANSAC-TÔHA, F.A & BONECKER, C.C. 2009. Spatial and temporal patterns of ciliate species composition (Protozoa: Ciliophora) in the plankton of the Upper Paraná River floodplain. Braz. J. Biol. 69(2):517-527. http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842009000300007

PENNAK, R.W. 1953. Freshwater invertebrates. Ronald, New York.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2009. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. (http://www.R-project.org).

REGALI-SELEGHIM, M.H. 1992. Flutuações nas comunidades planctônicas e bentônicas de um ecossistema artificial raso (Represa do Monjolinho, São Carlos - SP), com ênfase das populações de protozoários e bactérias. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

REGALI-SELEGHIM, M.H. 2001. Rede trófica microbiana em um sistema eutrófico raso (Reservatório do Monjolinho, São Carlos - SP) - estrutura e função. Tese de doutorado. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

REGALI-SELEGHIM, M.H., GODINHO, M.J.L & MATSUMURA-TUNDISI, T. unpublished data. Ciliados de vida livre em corpos aquáticos das UGRHI-Mntiqueira, Alto Tietê e Pardo.

REGALI-SELEGHIM, M.H., GODINHO, M.J.L. & MATSUMURA-TUNDISI, T. 2011. Checklist dos "protozoários" de água doce do Estado de São Paulo, Brasil. Biota Neotropica. 11(1a): http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1a/en/abstract?inventory+bn0141101a2011. (último acesso em 19/07/2012).

ŠIMEK, K., JÜRGENS, K., NEDOMA, J., COMERMA, M. & ARMENGOL, J. 2000. Ecological role and bacterial grazing of *Halteria* spp.: small freshwater oligotrichs as dominant pelagic ciliate bacterivores. Aquat. Microb. Ecol. 22:43-56. http://dx.doi.org/10.3354/ame022043

STRICKLAND, J. & PARSONS, T. 1960. A manual of seawater analysis. Bull. Fish. Res. Board Can. 125:1-185.

TOLEDO JUNIOR, A.P., TALARICO, N., CHINEZ, S.J. & AGUDO, E.G. 1983. Aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processo de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. In Anais 120º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. CETESB, p.1-34.

VALDERRAMA, J.C. 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and phosphorus in natural waters. Mar. Chem. 10:109-122. http://dx.doi.org/10.1016/0304-4203(81)90027-X

VELHO, L.F.M., LANSAC-TÔHA, F.A. & BINI, L.M. 2003. Influence of environmental heterogeneity on the structure of testate amoebae (Protozoa, Rhizopoda) assemblages in the plankton of the upper Paraná River floodplain, Brazil. Int. Rev. Hydrobiol. 88:154-166. http://dx.doi.org/10.1002/iroh.200390011

VELHO, L.F.M., PEREIRA, D.G., PAGIORO, T.A., SANTOS, V.D., PERENHA, M.C.Z. & LANSAC-TÔHA, F.A. 2005. Abundance, biomass and size structure of planktonic ciliates in reservoirs with distinct trophic states. Acta Limnol. Bras. 17:361-371.

WEISSE, T. & FRAHM, A. 2001. Species-specific interactions between small planktonic ciliates (*Urotricha* spp.) and rotifers (*Keratella* spp.). J. Plank. Res. 23(12):1329-1338. http://dx.doi.org/10.1093/plankt/23.12.1329

Received 10/16/2012
Revised 10/23/2013
Accepted 11/26/2013

Appendix 1. Protozoan species list for the 13 water bodies from the UGRHI Mogi-Guaçu. The numbers represent the density (ind.mL^{-1}) of each taxon and the numbers between brackets represent the number of morphotypes.

	PML	SGR	BPP	DL	CP	PP	DR	ER	PBC	ICL	UL	AML	FAR
Ciliophora													
Intramacronucleata													
Armophorea Lynn, 2004													
Armophorida Jankowksi, 1964													
Caenomorpha cf. *uniserialis* Levander, 1894				0.01									
Colpodea Small & Lynn, 1981													
Bursariomorphida Fernández-Galiano, 1978													
Bursaridium pseudobursaria (Faure-Fremiet, 1924) Kahl, 1927							0.02						
Bursaridium sp			0.03										
Bryometopida Foissner, 1985													
Thylakidium sp Schewiakoff, 1893			0.03	0.03		0.02				0.06			
Colpodida de Puytorac et al., 1974													
Colpoda sp			0.02										
Maryna sp						0.52							
Mycterothrix sp										0.21			
Cyrtolophosidida Foissner, 1978													
Cyrtolophosis mucicola Stokes, 1885			0.02			0.73							7.22
Cyrtolophosis sp			0.01										
Litostomatea Small & Lynn, 1981													
Haptoria Corliss, 1974													
Cyclotrichiida Jankowski, 1980													
Askenasia volvox Kahl, 1930							1.31		0.04				
Mesodinium pulex (Claparède & Lachmann) Stein, 1867				0.37									
Mesodinium sp						0.08	0.08			0.42	0.24	0.68	42.73
Haptorida Corliss, 1974 (syns. Spathidiida)													
Actinobolina sp			0.04										
Chaenea sp			0.02										
Didinium chlorelligerum Kahl, 1935					0.17								
Didinium sp				0.02									
Enchelydium sp			0.01										
Enchelyodon lasius Stokes, 1885			0.01										
Enchelyodon sp											0.02		
Enchelys gasterosteus Kahl, 1926			0.06	0.05	0.03	0.04	0.02			0.17			
Enchelys sp			0.03										
Gymnostomatida não identificado				0.01									
Lacrimaria olor (Müller, 1786) Bory, 1924				0.02									
Lagynophrya sp										0.13			
Monodinium balbianii Fabre-Domergue, 1888			0.19	0.02					0.16				
Paradileptus elephantinus (Svec, 1897) Kahl, 1931				0.01	0.87	0.02	0.02		0.12				
Paradileptus sp.											0.18		
Phialina pupula Müller, 1773				0.01									
Trachelius ovum (Ehrenberg, 1831) Ehrenberg, 1838				0.01									
Pleurostomatida Schewiakoff, 1896													
Amphileptus pleurosigma (Stokes, 1884) Foissner, 1984				0.01									
Amphileptus sp				0.01									
Litonotus sp				0.01						0.04			
Oligohymenophorea de Puytorac et al., 1974													
Hymenostomatia Delage & Hérouard, 1896													
Glaucoma frontata (Stokes, 1886) Kahl, 1931										0.06			
Tetrahymena sp			0.01										
Hymenostomatia				0.01									
Peniculia Fauré-Fremiet in Corliss, 1956													
Disematostoma tetraedricum (Faure-Fremiet, 1924) Kahl, 1931			0.02										
Frontonia leucas (Ehrenberg, 1834) Ehrenberg, 1838				0.02									
Frontonia sp										0.03		0.24	
Lembadion cf. *bullinum* (Müller, 1786) Perty, 1849				0.01									
Lembadion lucens (Maskell, 1887) Kahl, 1931				0.04			0.05						
Lembadion sp			0.02										
Marituja pelágica Gajewskaja, 1928						0.06							
Paramecium bursaria (Ehrenberg, 1831) Focke, 1836			0.34										
Paramecium cf. *aurelia-komplex* Müller, 1773				0.03									
Paramecium cf. *putrinum* Claparède & Lachmann, 1859					0.02								

Appendix 1. Continued...

	PML	SGR	BPP	DL	CP	PP	DR	ER	PBC	ICL	UL	AML	FAR
Paramecium putrinum Claparède & Lachmann, 1859				0.02									
Paramecium sp			0.04				0.03						
Stokesia vernalis Wenrich, 1929				0.05	1.06	0.04							
Urocentrum turbo (Müller, 1786) Nitzsch, 1827			0.04	0.07			0.11						
Peritrichia Stein, 1859													
Campanella sp	0.04			0.02						1.51	0.49		
Carchesium pectinatum Zacharias, 1897						0.24	0.19						
Carchesium sp					0.06						0.12		
Epistilys sp								0.03					
Pseudovorticella monilata (Tatem, 1870) Foissner & Schiffmann, 1974					0.08								
Telotrochia de *Campanella* sp				0.03									
Telotrochia de *Epistylis* sp				0.01									
Telotrochidium sp			0.04										
Trichodina sp	0.02												
Vorticella aquadulcis-komplex								0.51					
Vorticella campanula Ehrenberg, 1831			0.02	0.02									
Vorticella mayeri Fauré-Fremiet, 1920												8.93	
Vorticella spp	0.46	0.04	0.16	0.03 (3)		0.42	0.06		1.68				
Vorticelid				0.02									
Scuticociliatia Small, 1967													
Cinetochilum margaritaceum (Ehrenberg, 1831) Perty, 1849	1.14	0.85	0.31	0.34	0.72	0.84	0.06					15.15	
Ctedoctema acanthocryptum Stokes, 1884				0.15									
Cyclidium sp						0.06							
Scuticuciliatia				0.03 (2)									
Phyllopharyngea de Puytorac et al., 1974													
Cyrtophoria Fauré-Fremiet in Corliss, 1956													
Chlamydodon sp			0.02										
Pseudochilodonopsis fluviatilis Foissner, 1988				0.01									
Trithigmostoma srameki Foissner, 1988				0.02									
Trithigmostoma steini (Blochmann, 1895) Foissner, 1988									0.02				
Suctoria Claparède & Lachmann, 1858													
Podophrya sp			0.07			0.04							
Sphaerophrya magna Maupas, 1881				0.01									
Staurophrya sp						0.42							
Free-swimming of suctoria				0.03									
Prostomatea Schewiakoff, 1896													
Prorodontida Corliss, 1974													
Balanion sp						0.02							
Bursellopsis nigricans nigricans (Lauterborn, 1894) Foissner, Berger & Schaumburg, 1999				0.01		0.08							
Bursellopsis truncata (Kahl, 1927) Corliss, 1960				0.01									
Coleps hirtus cf. *viridis* Ehrenberg, 1831				0.05									
Coleps sp	0.27		0.83			0.27	0.07			0.03		2.17	
Holophrya discolor Ehrenberg, 1834	0.05		0.18		0.11								
Holophrya sp										0.18			
Pelagothrix sp							0.08						
Urotricha armata Kahl, 1927	0.02			0.02									
Urotricha cf. *agilis* Stokes, 1886			5.54	0.03		0.02	0.03		1.99				
Urotricha cf. *armata* Kahl, 1927					0.02								
Urotricha cf. *faurei* Dragesco, Iftode & Fryd-Versavei, 1974				0.17									
Urotricha globosa Schewiakoff, 1892									2.1	0.21			
Urotricha matthesi matthesi Krainer, 1995					0.62								
Urotricha spp	0.08		0.1		0.05	0.91	0.11		0.04		0.3		
Spirotrichea Bütschli, 1889													
Choreotrichia Small & Lynn, 1985													
Codonella sp										1.1			
Rimostrombidium caudatum Kahl, 1932						0.18	0.08						
Rimostrombidium humile (Penard, 1922) Petz & Foissner, 1992	0.02		0.04	0.05	1.11	0.06							
Rimostrombidium spp	0.02	0.01	0.03	0.03	0.11		0.04		0.1		0.17		
Tintinnidium cf. *semiciliatum* Sterki, 1879					2.17								
Tintinnidium sp										1.38			
Oligotrichia Bütschli, 1887/1889													

Appendix 1. Continued...

	PML	SGR	BPP	DL	CP	PP	DR	ER	PBC	ICL	UL	AML	FAR
Limnostrombidium cyst	0.01												
Limnostrombidium spp									3.32	2.47			
Limnostrombidium viride (Stein, 1867) Krainer, 1995	0.24	0.04	1.36	0.06	1.02	0.27	0.08				0.15		
Stichotrichia Small & Lynn, 1985													
Halteria chlorelligera Kahl, 1932		0.03											
Halteria cirrifera Kahl, 1935										8.95			
Halteria grandinella (Müller, 1973) Dujardin, 1841	1.76	4.14	4.62	0.81	3.21			0.06	0.62				
Halteria sp						0.69	0.55				0.36	24.74	11.15
Holosticha monilata Kahl, 1928				0.01									
Hypotrichidium conicum Ilowaisky, 1921									0.02				
Stichotricha secunda Perty, 1849						0.02	2.33						
Stichotricha sp	0.02		0.17	0.05									
Strongylidium sp			0.03										
Uroleptus cf *musculus* (Kahl, 1932) Foissner, Blatterer, Berger & Kohmann, 1991				0.01									
Uroleptus sp				0.02			0.02						
Stichotrichia not identified			0.33 (3)	0.09 (6)	0.05 (2)		0.06 (1)						
Postciliodesmatophora Gerassimova & Seravin, 1976													
Heterotrichea Stein, 1859													
Heterotrichida Stein, 1859													
Linostomella vorticella Foissner, Berger & Schaumburg, 1999			0.03				0.02						
Stentor muelleri Ehrenberg, 1832						0.11							
Loxodida Jankowski, 1980													
Loxodes sp			0.01			0.02				0.04			
Ciliophora not identified	0.01 (1)	0.03 (2)	0.34 (16)	0.14 (8)	0.09 (4)								
Amoebozoa Lühe, 1913, emend. Cavalier-Smith, 1998													
Mayorella bicornifrons Bovee, 1970	1.32												
Mayorella cf. *limacis* Bovee, 1970	4.03												
Arcella vulgaris Ehrenberg, 1830			0.51	0.12	0.02		0.02						
Arcella sp										1.81			
Thecate amoeba		0.01											
Polychaos timidum Bovee, 1972				0.01									
Amoeba diminuta Bovee, 1972			0.08										
Rhizaria													
Cercozoa Cavalier-Smith, 1998 (insertae sedis)													
Pseudodifflugia cf. *fascicularis* Penard, 1902				0.02	0.93								
Pseudodifflugia cf. *gracilis* Schlumberger, 1845				0.03									
Pseudodifflugia sp		0.05				0.06					28.65		23.83
Naked amoeboid	0.4 (6)	0.09 (6)	0.26 (12)	0.03 (3)		4.24 (1)							
Eukaryota (insertae sedis)													
Centrohelida Kühn, 1926													
Sphaerastrum fockei West, 1901					0.03								
Astrodisculus radians Stern, 1924					0.02								

Pequenos mamíferos não-voadores (Didelphimorphia, Rodentia) em campos litorâneos do extremo sul do Brasil

Fernando Marques Quintela[1,5], Bruno Igure Gonçalves[2], Gabriel Eberts Trindade[2], Maurício Beux dos Santos[3] & Alexandro Marques Tozetti[4]

[1]Programa de Pós-graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 9500, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil. http://www.ufrgs.br
[2]Laboratório de Ecologia de Vertebrados Terrestres, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Campus Carreiros, Av. Itália, Km 8, CEP 96201-900, Rio Grande, RS, Brasil. http://www.furg.br
[3]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 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. http://www.ufsm.br
[4]Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, Av. Unisinos, 950, CEP 93022-000, São Leopoldo, RS, Brasil. http://www.unisinos.br
[5]Autor para correspondência: Fernando Marques Quintela, e-mail: fmquintela@yahoo.com.br

QUINTELA, F.M., GONÇALVES, B.I., TRINDADE, G.E., SANTOS, M.B. & TOZETTI, A.M. **Non-volant small mammals (Didelphimorphia, Rodentia) in coastal grasslands of southernmost Brazil**. Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/en/abstract?inventory+bn03013042013

Abstract: Non-volant small mammals are key elements in natural environments due its importance as food resource. This study aimed to investigate the species composition and habitat occupancy by non-volant small mammals (Didelphimorphia, Rodentia) in a coastal grassland area in southern Rio Grande do Sul coastal plain. Between April 2009 and March 2010 pitffal traps were used to capture small mammals in coastal grasslands associated to sand dunes and arbustive Restinga. We sampled 180 individuals including two marsupials (*Cryptonanus guahybae* and *Didelphis albiventris*) and seven rodent species (*Calomys laucha*, *Cavia aperea*, *Ctenomys flamarioni*, *Deltamys kempi*, *Oligoryzomys flavescens*, *Oxymycterus nasutus* and *Scapteromys tumidus*). *Cryptonanus guahybae*, *D. albiventris* and*C. flamarioni* were captured only in dunes while *C. aperea* and *O. nasutus* were recorded only in arbustive Restinga habitats. *Calomys laucha*, *D. kempi*, *O. flavescens* and *O. nasutus* were captured in both habitats. *Oligoryzomys flavescens* and *C. laucha* were the most representative species in both habitats, comprising respectively 40.7 and 38.9% of captures in dunes and 56.3 and 34.9% of captures in Restinga habitats. The species richness recorded in the sampled coastal grasslands area was lower than those previously recorded in subtropical forest coastal systems.
Keywords: *coastal environments, marsupials, rodents, Calomys laucha, Oligoryzomys flavescens, assemblage.*

QUINTELA, F.M., GONÇALVES, B.I., TRINDADE, G.E., SANTOS, M.B. & TOZETTI, A.M. **Pequenos mamíferos não-voadores (Didelphimorphia, Rodentia) em campos litorâneos do extremo sul do Brasil**. Biota Neotrop. 13(4): http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/pt/abstract?inventory+bn03013042013

Resumo: Pequenos mamíferos não-voadores são elementos chave em ambientes naturais devido a sua importância como recurso alimentar. Este estudo teve como objetivo investigar a composição de espécies e a ocupação de habitat por pequenos mamíferos não-voadores (Didelphimorphia, Rodentia) em uma área de campos litorâneos na região sul da planície costeira do Rio Grande do Sul. Entre abril de 2009 e março de 2010 armadilhas de interceptação e queda foram utilizadas para a captura de pequenos mamíferos em campos associados a dunas e a restinga arbustiva. Foram amostrados 180 indivíduos pertencentes a duas espécies de marsupiais (*Cryptonanus guahybae* e *Didelphis albiventris*) e sete espécies de roedores (*Calomys laucha*, *Cavia aperea*, *Ctenomys flamarioni*, *Deltamys kempi*, *Oligoryzomys flavescens*, *Oxymycterus nasutus* e *Scapteromys tumidus*). *Cryptonanus guahybae*, *D. albiventris* e *C. flamarioni* foram capturados somente em dunas, enquanto que *C. aperea* e *O. nasutus* foram registrados somente em restinga arbustiva. *Calomys laucha*, *D. kempi*, *O. flavescens* e *O. nasutus* foram capturados em ambos os ambientes. *Oligoryzomys flavescens* e *C. laucha* foram as espécies mais representativas em ambos os ambientes, compreendendo respectivamente 40,7 e 38,9% das capturas em dunas, e 56,3 e 34,9% das capturas em restinga. A riqueza de espécies registrada na área de campo litorâneo amostrada foi inferior a aquelas previamente registradas em sistemas florestais costeiros subtropicais.
Palavras-chave: *ambientes costeiros, marsupiais, roedores, Calomys laucha, Oligoryzomys flavescens, assembléia.*

Introdução

Pequenos mamíferos são elementos chave em comunidades naturais, atuando em diversos níveis tróficos e nos processos de predação e dispersão de sementes (Moura et al. 2008). Neste contexto, inventários focando assembléias desses organismos são a base para a compreensão de processos ecológicos tais como dinâmica de populações e estruturas de comunidades e para o desenvolvimento de planos de manejo em ambientes naturais (Moura et al. 2008).

No Rio Grande do Sul, a maioria dos inventários com ênfase em pequenos mamíferos não-voadores foi conduzida em formações florestais tais como Floresta com Araucária (Floresta Ombrófila Mista) (Cademartori et al. 2002, 2004, Dalmagro & Vieira 2005, Iob & Vieira 2008), ecótono Floresta com Araucária-Campo (Pedó 2005), Floresta Atlântica *sensu stricto* (Floresta Ombrófila Densa) (Horn 2005) e florestas de restinga (Oliveira 1985, Langone 2007, Quintela et al. 2012, Sponchiado et al. 2012). Entretanto, muito pouco se conhece sobre a composição e riqueza de espécies em dunas costeiras e ambientes associados.

As dunas costeiras, no Brasil, representam ecossistemas típicos de bacias sedimentares, denominados "restingas", formados durante eventos de transgressão e regressão marinha do Holoceno (Araújo & Lacerda 1987). Devido à alta drenagem, escassez de nutrientes e efeito de dessecação do spray salino, as dunas costeiras têm sido consideradas desertos edáficos, onde os movimentos da areia, os níveis de umidade, o *input* salino, a vegetação e os microclimas são elementos chave para a ocorrência e distribuição de espécies animais (McLachlan 1991). Os campos litorâneos ou mantos de dispersão eólica são resultantes da erosão eólica sobre as dunas costeiras (Vieira 1984). Nos mantos estabilizados, as sucessivas etapas de colonização da vegetação acabam por criar um habitat mais estruturado, desenvolvendo-se aí formações de restinga herbácea/subarbustiva, arbustiva e arbórea (Waechter 1985, Falkenberg 1999). Apesar das condições extremas, estudos recentes têm revelado níveis consideráveis de riqueza específica de vertebrados nesses sistemas, incluindo anfíbios (Oliveira et al. 2013) e répteis (Santos et al. 2012).

Estudos sobre pequenos mamíferos em ambientes litorâneos do Rio Grande do Sul são restritos a determinadas espécies como *Ctenomys flamarioni* Travi (Ctenomyidae) (e.g. Gava & Freitas 2003, Freitas 2006, Fernandes et al. 2007) e *Calomys laucha* G. Fischer (Camargo et al. 2006). Aspectos como composição de assembléias, padrões de abundância e densidade, área de vida, uso do habitat e microhabitat por marsupiais e roedores em dunas costeiras permanecem pouco conhecidos. O objetivo deste trabalho é determinar a riqueza e a composição de espécies de pequenos mamíferos não-voadores (marsupiais e pequenos roedores) em uma área de campos litorâneos associados a dunas costeiras e restingas arbustivas no extremo sul do Brasil.

Material e Métodos

1. Área de estudo

Este estudo foi conduzido em uma área de aproximadamente 0.42 km² de campos litorâneos situados na Praia do Cassino (32° 07' 54" S e 52° 20' 53" W), município de Rio Grande, Rio Grande do Sul (Figura 1). O clima na região é classificado como subtemperado úmido, com temperatura media anual de 18,1 °C, precipitação média anual de 1.162 mm e estações bem definidas (Maluf 2000). Os meses mais chuvosos são julho, agosto e setembro (Vieira 1983).

Foram amostrados dois ambientes distintos: (1) campos úmidos associados ao cordão de dunas costeiras (designados como "dunas costeiras"). Solo em grande parte arenoso exposto, com predominância gramíneo/herbácea, sendo representativas *Panicum racemosum* Spr. e *Senecio crassiflorus* (Lam.) DC. (2) campos associados a formações arbustivas de restinga (denominados "restingas arbustivas"). Formação arbustiva/arbórea com alta representatividade de *Lithraea brasiliensis* Marchand e *Chrysophyllum marginatum* (Hook & Arn.) (Santos et al. 2013), e substrato composto por serapilheira sobre solo arenoso. A primeira formação está localizada mais próxima à praia oceânica em relação à segunda.

2. Amostragens

As coletas foram realizadas entre abril de 2009 e março de 2010. Os pequenos mamíferos foram capturados em armadilhas de interceptação e queda constituídas por quatro baldes de 100 litros conectados por uma cerca-guia de tela plástica (malha 1,45 mm) de 40 m de comprimento e 0,50 m de altura. As cercas-guia foram enterradas cerca de 10 cm no substrato, trespassando os baldes nesta mesma profundidade. Os baldes foram dispostos linearmente em cada armadilha. Cada estação de captura compreendeu duas armadilhas. Três estações espaçadas por aproximadamente 600 m foram instaladas em cada ambiente, totalizando 12 armadilhas, 480 m de cerca-guia e 48 baldes. O espaçamento entre as estações foi estabelecido com o objetivo de se obter uma maior distribuição dos esforços de amostragem sobre os ambientes, considerando-se a possibilidade de ocorrência de espécies de baixa vagilidade. Os baldes permaneceram abertos por cinco dias consecutivos em períodos quinzenais, totalizando 120 dias de amostragem e um esforço de captura de 5.760 baldes/dia e noite. Os baldes foram revisados diariamente durante os períodos de amostragem.

Todos os indivíduos foram coletados e identificados a partir da análise de caracteres externos e crânio-dentários. Crânios e peles foram depositados na coleção de mamíferos do Museu de Ciências Naturais da Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), Canoas, Rio Grande do Sul (MCNU). A nomenclatura taxonômica utilizada segue Paglia et al. (2012). As coletas foram autorizadas pelo Instituto Chico Mendes (ICMBio; processo no. 29358-1).

Resultados

Foram capturados 180 indivíduos pertencentes a duas espécies de marsupiais (*Cryptonanus guahybae* Tate e *Didelphis albiventris* Lund) e sete espécies de roedores (*Calomys laucha*, *Cavia aperea* Erxleben, *Ctenomys flamarioni*, *Deltamys kempi* Thomas, *Oligoryzomys flavescens* Waterhouse, *Oxymycterus nasutus* Waterhouse e *Scapteromys tumidus* Waterhouse). As duas espécies de marsupiais e cinco espécies de roedores foram registradas em ambientes de dunas, enquanto seis espécies de roedores foram registradas em ambientes de restinga (Tabela 1). Em ambos os ambientes *Oligoryzomys flavescens* foi a espécie com maior número de capturas, seguida por *Calomys laucha* (Figura 2). O sucesso de captura foi 1,84% em dunas costeiras e 4,40% em restinga arbustiva.

Discussão

A riqueza de espécies (n=9) encontrada na área de campos litorâneos amostrada no presente estudo foi inferior a aquelas registradas na maioria dos inventários previamente realizados em outros ecossistemas do Brasil subtropical, a exemplo de Cherem & Perez (1996) (n=11), Horn (2005) (n=11), Pedó (2005) (n=13), Graipel et al. (2006) (n=11), Langone (2007) (n=10), Quintela et al. (2012) (n=11). Este fato pode ser um reflexo da menor complexidade estrutural dos ambientes de campo litorâneo quando comparados às formações florestais e mosaicos ambientais onde os estudos supramencionados foram realizados. Uma correlação positiva entre riqueza de espécies de pequenos mamíferos não-voadores e

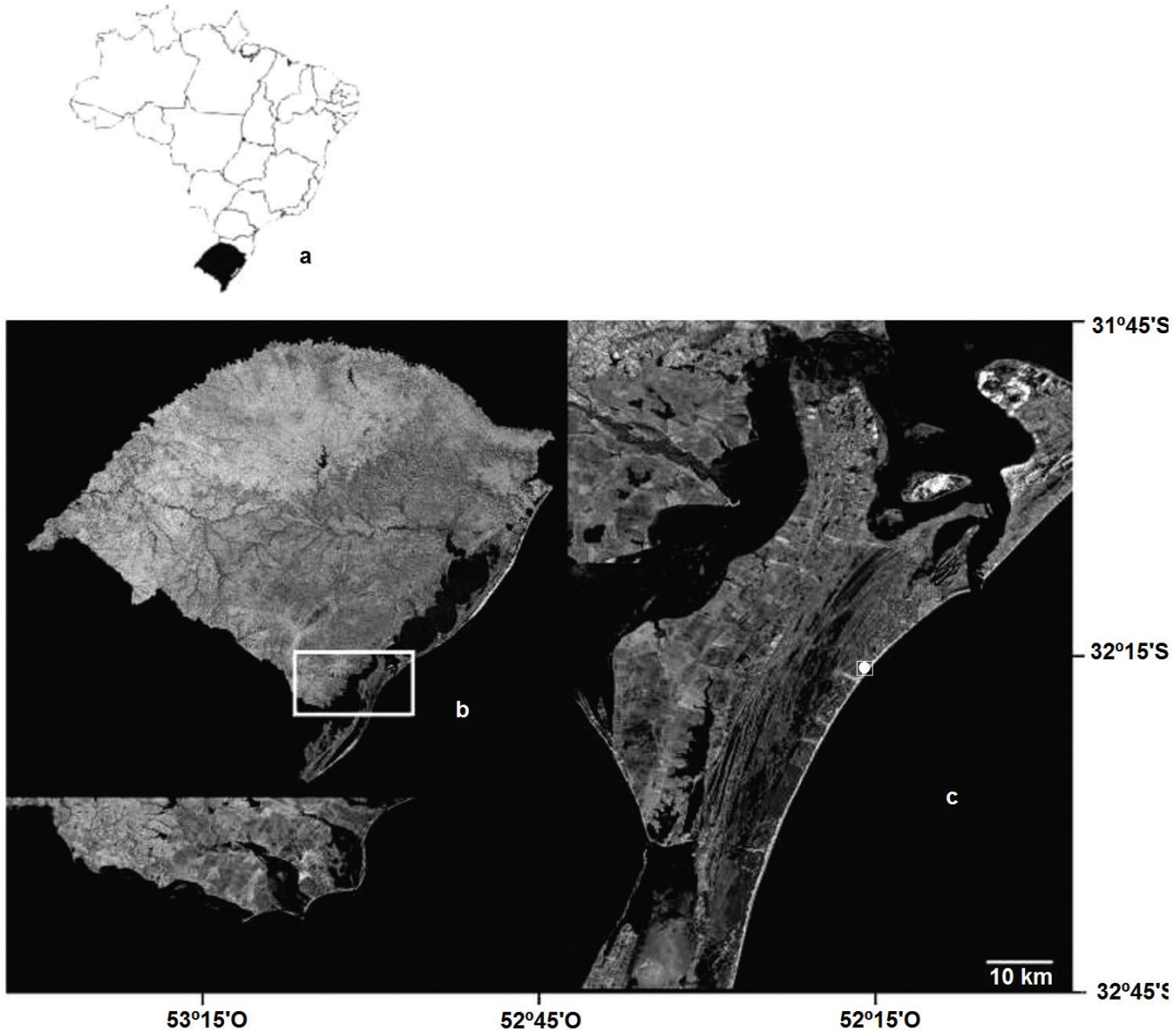


Figura 1. Localização do Estado do Rio Grande do Sul (a), região sul da Planície Costeira (b) e área de estudo (c).

Figure 1. Location of state of Rio Grande do Sul State (a), southern Coastal Plain (b) and study area (c).

complexidade de habitat já foi demonstrada em diversas investigações em ecossistemas tropicais e subtropicais (e.g. August 1983, Fonseca 1989, Kerley 1992, Lyra Jorge et al. 2001). Cabe também ressaltar a diferença entre os métodos de captura utilizados no presente estudo (armadilhas de interceptação e queda) e nos estudos precedentes (*live traps*), o que pôde ter contribuído para as dissimilaridades observadas entre a riqueza e a composição de espécies.

De acordo com McLachlan (1991), a riqueza de espécies faunísticas em dunas costeiras está relacionada a diferenças na vegetação e complexidade de habitat ao longo de um gradiente perpendicular à praia oceânica. No presente estudo, uma riqueza similar foi registrada nos dois ambientes amostrados, apesar das diferenças estruturais entre os dois sistemas. Entretanto, diferenças quanto à composição de espécies foram observadas entre os dois ambientes. *Ctenomys flamarioni* é endêmico das dunas frontais (Fernandes et al. 2007) e *Calomys laucha* tem associação com habitats abertos (González & Lanfranco 2010). Todas as demais espécies já foram registradas tanto em fisionomias abertas quanto em formações florestais no bioma Pampa (Langone 2007, González & Lanfranco 2010, Quintela et al. 2012, Sponchiado et al. 2012). Apesar de não terem sido registradas, é provável que *Cryptonanus guahybae* e *Didelphis albiventris* também ocorram em campo litorâneo associado à restinga arbustiva. *Cryptonanus guahybae* já foi capturado em matas de restinga com alta densidade de indivíduos arbóreos (Quintela et al. 2011, 2012), enquanto *D. albiventris* é uma espécie generalista quanto ao habitat, comumente encontrada tanto em áreas abertas quanto em formações florestais (González & Lanfranco 2010). *Deltamys kempi*, *Oxymycterus nasutus* e *Scapteromys tumidus* são relacionadas a áreas abertas úmidas e alagadas (Emmons & Feer 1997, González & Pardiñas 2002, González & Lanfranco 2010), sendo que a presença destas espécies nas fisionomias arbustivas pode indicar a influência de sistemas palustres das áreas abertas do entorno, tais como banhados e campos úmidos adjacentes. A presença destas três espécies de Akodontini em ambientes de restinga pode também estar relacionada

Tabela 1. Número de indivíduos capturados (N) e porcentagem relativa de capturas (%) das espécies de pequenos mamíferos não-voadores em dois ambientes de uma área de campos litorâneos no município de Rio Grande, Estado Rio Grande do Sul, Brasil.

Table 1. Number of captured individuals (N) and relative percentage of captures (%) of non-volant small mammals in two environments of a coastal grassland area in Rio Grande County, state of Rio Grande do Sul, Brazil.

Taxon	Dunas		Restinga	
	N	%	N	%
Didelphimorpia				
Didelphidae				
Cryptonanus guahybae (Tate, 1931)	1	1,8		
Didelphis albiventris Lund, 1840	1	1,8		
Rodentia				
Cricetidae				
Calomys laucha (Fischer, 1914)	21	38,9	44	34,9
Deltamys kempi (Thomas, 1817)	6	11,1	9	7,1
Oligoryzomys flavescens (Waterhouse, 1837)	22	40,7	71	56,3
Scapteromys tumidus (Waterhouse, 1837)	1	1,8	1	0,07
Oxymycterus nasutus Waterhouse, 1837			1	1,8
Caviidae				
Cavia aperea Erxleben, 1777			1	0,07
Ctenomyidae				
Ctenomys flamarioni Travi, 1981	1	1,8		
Total	53	100	127	100
Riqueza de espécies	7		6	

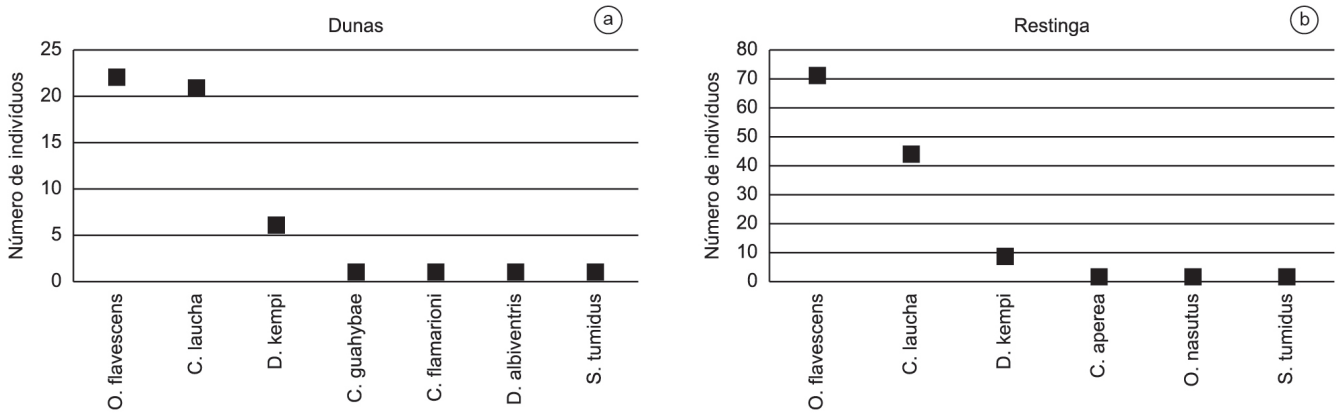


Figura 2. Rank de espécies de pequenos mamíferos não-voadores registrados em campos litorâneos associados a dunas (a) e restinga (b), município de Rio Grande, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

Figure 2. Rank of species of non-volant small mammals recorded in coastal fields associated to dunes (a) and Restinga (b), Rio Grande County, state of Rio Grande do Sul, Brazil.

à densa cobertura de serapilheira e consequente disponibilidade de artrópodes, itens predominantes na dieta destas espécies (González & Lanfranco 2010).

Oligoryzomys flavescens e *Calomys laucha* foram as espécies numericamente dominantes em ambos os ambientes amostrados. *Oligoryzomys flavescens* já foi registrada em uma variedade de habitats no Rio Grande do Sul, incluindo formações campestres (Oliveira 1985, Pedó 2005, Langone 2007, Sponchiado et al. 2012), banhado (Langone 2007), Floresta Ombrófila Mista (Marinho 2003, Dalmagro & Vieira 2005), floresta palustre (Oliveira 1985, Marinho 2003, Quintela et al. 2012) e floresta arenosa ciliar (Quintela et al. 2012). Já *Calomys laucha* esteve ausente na maioria dos estudos precedentes, sendo registrada por Oliveira (1985) em área campestre. Isso sugere que *C. laucha*, possa ser uma espécie fortemente associada aos campos litorâneos na região sul da planície costeira do Rio Grande do Sul. Outras espécies com ocorrência assinalada para a região sul da Planície Costeira do Rio Grande do Sul são o didelfídeo *Lutreolina crassicaudata* Desmarest, os sigmodontíneos *Akodon azarae* G. Fischer, *A. reigi* González, Langguth & Oliveira, *Brucepattersonius iheringi* Thomas, *Holochilus brasiliensis* Desmarest, *H. vulpinus* Brants e *Wilfredomys oenax* Thomas e os histricomorfos *Cavea magna* Ximenez e *Ctenomys torquatus* Lichtenstein (Oliveira 1985, Fernandes et al. 2007, Bonvicino et al. 2008, Gava et al. 2012, Quintela et al. 2012, Sponchiado et al. 2012). É possível, portanto, que tais espécies ocorram em áreas de campo litorâneo, nos ambientes de maior adequabilidade.

O presente estudo revelou que a área de campos litorâneos amostrada abriga 47% do total de espécies de pequenos mamíferos não-voadores registradas na região sul da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (Oliveira 1985, Fernandes et al. 2007, Bonvicino et al.

2008, Gava et al. 2012, Quintela et al. 2012, Sponchiado et al. 2012), o que reforça a importância da preservação deste ecossistema para a manutenção da diversidade da mastofauna regional. Foi observada uma dissimilaridade na riqueza e composição de espécies entre os dois ambientes amostrados, sendo o ambiente de dunas costeiras o que apresentou maior riqueza e os únicos registros de marsupiais.

Agradecimentos

Somo gratos a Eduardo Coelho e Alexandre U. Christoff pela preparação de crânios e peles dos espécimes coletados, aos revisores anônimos pelas correções e sugestões ao manuscrito e aos órgãos financiadores do projeto CNPq, FAPERGS e CAPES pelo apoio financeiro e pelas bolsas de pós-graduação concedidas.

Referências Bibliográficas

ARAÚJO, D.S.D. & LACERDA, L.D. 1987. A natureza das restingas. Ciênc. Hoje 6(33):42-8.

AUGUST, P.V. 1983. The role of habitat complexity and heterogeneity in structuring tropical mammal communities. Ecol. 64(6):1495-1507. http://dx.doi.org/10.2307/1937504

BONVICINO, C.R., OLIVEIRA, J.A. & D'ANDREA, P.S. 2008. Guia dos roedores do Brasil, com chaves para gêneros baseadas em caracteres externas. Centro Pan-Americano de Febre Aftosa – OPAS/OMS, Rio de Janeiro.

CADEMARTORI, C.V., MARQUES, R.V., PACHECO, S.M., BAPTISTA, L.R.M. & GARCIA, M. 2002. Roedores ocorrentes em Floresta Ombrófila Mista (São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul) e a caracterização de seu hábitat. Com. Mus. Ciênc. Tecnol. PUCRS, Sér. Zool. 15(1):61-86.

CADEMARTORI, C.V., FÁBIAN, M.E. & MENEGHETI, J.O. 2004. Variações na abundância de roedores (Rodentia, Sigmodontinae) em duas áreas de Floresta Ombrófila Mista, Rio Grande do Sul, Brasil. Rev. Bras. Zooc. 6(2):147-167.

CAMARGO, C.R., COLARES, E.P. & CASTRUCCI, A.M.L. 2006. Seasonal pelage color change: news based on a South American rodent. An. Acad. Bras. Ciênc. 78(1):77-86. http://dx.doi.org/10.1590/S0001-37652006000100009

CHEREM, J.J. & PEREZ, D.M. 1996. Mamíferos terrestres de floresta de araucária no município de Três Barras, Santa Catarina, Brasil. Biotemas 9(2):29-46.

DALMAGRO, A.D. & VIEIRA, E.M. 2005. Patterns of habitat utilization of small rodents in an area of Araucaria forest in Southern Brazil. Austral Ecol. 30:353-362. http://dx.doi.org/10.1111/j.1442-9993.2005.01447.x

EMMONS, L.H. & FEER, F. 1997. Neotropical Rainforest mammals – A field guide. The University of Chicago Press, Chicago.

FALKENBERG, D.B. 1999. Aspectos da flora e da vegetação secundária da restinga de Santa Catarina, Sul do Brasil. Insula 28:1-30.

FERNANDES, F.A., FERNÁNDEZ-STOLZ, G.P., LOPES, C.M. & FREITAS, T.R.O. 2007. The conservation status of the tuco-tucos, genus *Ctenomys* (Rodentia: Ctenomyidae), in southern Brazil. Braz. J. Biol., 67(4, Suppl.):839-847. http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842007000500006

FONSECA, G.A.B. 1989. Small mammal species diversity in Brazilian tropical primary and secondary forests of different sizes. Revta. Bras. Zool. 6(3):381-422. http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81751989000300001

FREITAS, T.R.O. 2006. Cytogenetics status of four *Ctenomys* species in the South of Brazil. Genetica (The Hague), 126(1):227-235.

GAVA, A. & FREITAS, T.R.O. 2003. Inter and Intra-Specific Hybridization in Tuco-Tucos (*Ctenomys*) from Brazilian Coastal Plains (Rodentia: Ctenomyidae). Genetica (The Hague) 119:11-17.

GAVA, A., SANTOS, M.B. & QUINTELA, F.M. 2012. A new karyotype for *Cavia magna* (Rodentia: Caviidae) from an estuarine island and *C. aperea* from adjacent mainland. Acta Theriol. 57:9-14. http://dx.doi.org/10.1007/s13364-011-0042-0

GONZÁLEZ, E.M. & PARDIÑAS, F.J. 2002. *Deltamys kempi*. Mammal. Spec.771:1-4. http://dx.doi.org/10.1644/1545-1410(2002)711%3C0001:DK%3E2.0.CO;2

GONZÁLEZ, E.M. & LANFRANCO, J.A.M. 2010. Mamíferos de Uruguay. Guía de campo e introducción a su estúdio y conservación. Banda Oriental, Museo Nacional de Historia Natural, Vida Silvestre Uruguay, Montevideo.

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.

HORN, G.B. 2005. A assembléia de pequenos mamíferos da floresta paludosa do Faxinal, Torres-RS: sua relação com a borda e o roedor *Akodon montensis* (Rodentia, Muridae) como potencial dispersos de sementes endozoocóricas. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

IOB, G. & VIEIRA, E.M. 2008. Seed predation of *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae) in the Brazilian Araucaria Forest: influence of deposition site and comparative role of small and 'large' mammals. Plant Ecol. 198:185-196. http://dx.doi.org/10.1007/s11258-007-9394-6

KERLEY, G.I.H. 1992. Ecological correlates of small mammal community structure in the semi-arid Karoo, South Africa. J. Zool. 227:17-27. http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-7998.1992.tb04341.x

LANGONE, P.Q. 2007. Importância da matriz e das características do habitat sobre a assembléia de pequenos mamíferos em fragmentos de restinga no sul do Brasil. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

LYRA JORGE, M.C., PIVELLO, V.R., MEIRELLES, S.T. & VIVO, M. 2001. Riqueza e abundância de pequenos mamíferos em ambientes de Cerrado e Floresta, na Reserva Cerrado do Pé-de-gigante, Parque Estadual de Vassununga (Santa Rita do Passa Quatro, SP). Naturalia 26:287-302.

MALUF, J.R.T. 2000. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. Rev. Bras. Agromet. 8(1):141-150.

MARINHO, J.R. 2003. Estudo da comunidade e do fluxo gênico de roedores silvestres em um gradiente altitudinal de Mata Atlântica na área de influência da RST-453/RS-486 – Rota do Sol. Tese doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

McLACHLAN, A. 1991. Ecology of coastal dune fauna. J. Arid Environ. 21: 229-243.

MOURA, M.C., GRELLE, C.E.V. & BERGALLO, H.G. 2008. How does sampling protocol affect the richness and abundance of small mammals recorded in tropical forest? An example from the Atlantic Forest, Brazil. Neotrop. Biol. Conserv. 3(2):51-58.

OLIVEIRA, L.F.B. 1985. Estrutura e ordenação espaço-temporal de uma congregação de roedores no sul da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil (Mammalia, Rodentia, Cricetidae). Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

OLIVEIRA, M.C.L.M., SANTOS, M.B., LOEBMANN, D. & TOZETTI, A.M. 2013. Diversity and associations between coastal habitats and anurans in southernmost Brazil. An. Acad. Bras. Cienc. No prelo.

PAGLIA, A.P., FONSECA, G.A.B., RYLANDS, A.B., HERRMANN, 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/ Annotated Checklist of Brazilian Mammals. Occas. Pap. Conserv. Biol. 1-76.

PEDÓ, E. 2005. Assembléia de pequenos mamíferos não-voadores em área de ecótono campo – floresta com Araucária na região dos Campos de Cima da Serra, Rio Grande do Sul. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

QUINTELA, F.M., SANTOS, M.B., CHRISTOFF, A.U. & GAVA, A. 2011. Notas sobre morfologia, distribuição geográfica, história natural e citogenética de *Cryptonanus guahybae* (Didelphimorphia: Didelphidae). Mastozool. Neotrop. 18(2):247-257.

QUINTELA, F.M., SANTOS, M.B., CHRISTOFF, A.U. & GAVA, A. 2012. Pequenos mamíferos não-voadores (Didelphimorphia, Rodentia) em dois

fragmentos de matas de restinga de Rio Grande, Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Biota Neotrop. 12(1):261-266http://www.biotaneotropica.org.br/v12n1/en/abstract?inventory+bn02412012012 (ultimo acesso em 07/09/2012).

SANTOS, M.B., OLIVEIRA, M.C.L.M. & TOZETTI, A.M. 2012. diversidade e uso do ambiente por serpentes e lagartos em ambientes costeiros do extremo sul brasileiro. Biota Neotrop. 12(3):78-87. http://www.biotaneotropica.org.br/v12n3/pt/abstract?article+bn01812032012 ISSN 1676-0603 (ultimo acesso em 07/09/2012).

SANTOS, M.B., OLIVEIRA, M.C.L.M., GONÇALVES, T.P., ALMEIDA, F.M., LOEBMANN, D. & TOZETTI, A.M. 2013. Does human inffluence on coastal grassland habitats affect predation pressure on snakes? Biota Neotrop. 13(1):366-370. http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?short-communication +bn01913012013 (ultimo acesso em 18/07/2013).

SPONCHIADO, J., MELO, G.L. & CÁCERES, N.C. 2012. Habitat selection by small mammals in Brazilian Pampas biome. J. Nat. Hist. 46(21-22):1321-1335. http://dx.doi.org/10.1080/00222933.2012.655796

VIEIRA, E.F. 1983. Rio Grande: geografia física, humana e econômica. Sagra, Porto Alegre.

VIEIRA, E.F. 1984. Rio Grande do Sul: geografia física e vegetação. Sagra, Porto Alegre.

WAECHTER, J.L. 1985. Aspectos ecológicos da vegetação de restinga no Rio Grande do Sul, Brasil. Comum. Mus. Ciênc. Tecnol. PUCRS, ser. Bot. 33:49-68.

Recebido em 03/02/2013
Versão reformulada recebida em 19/11/2013
Publicado em 27/11/2013