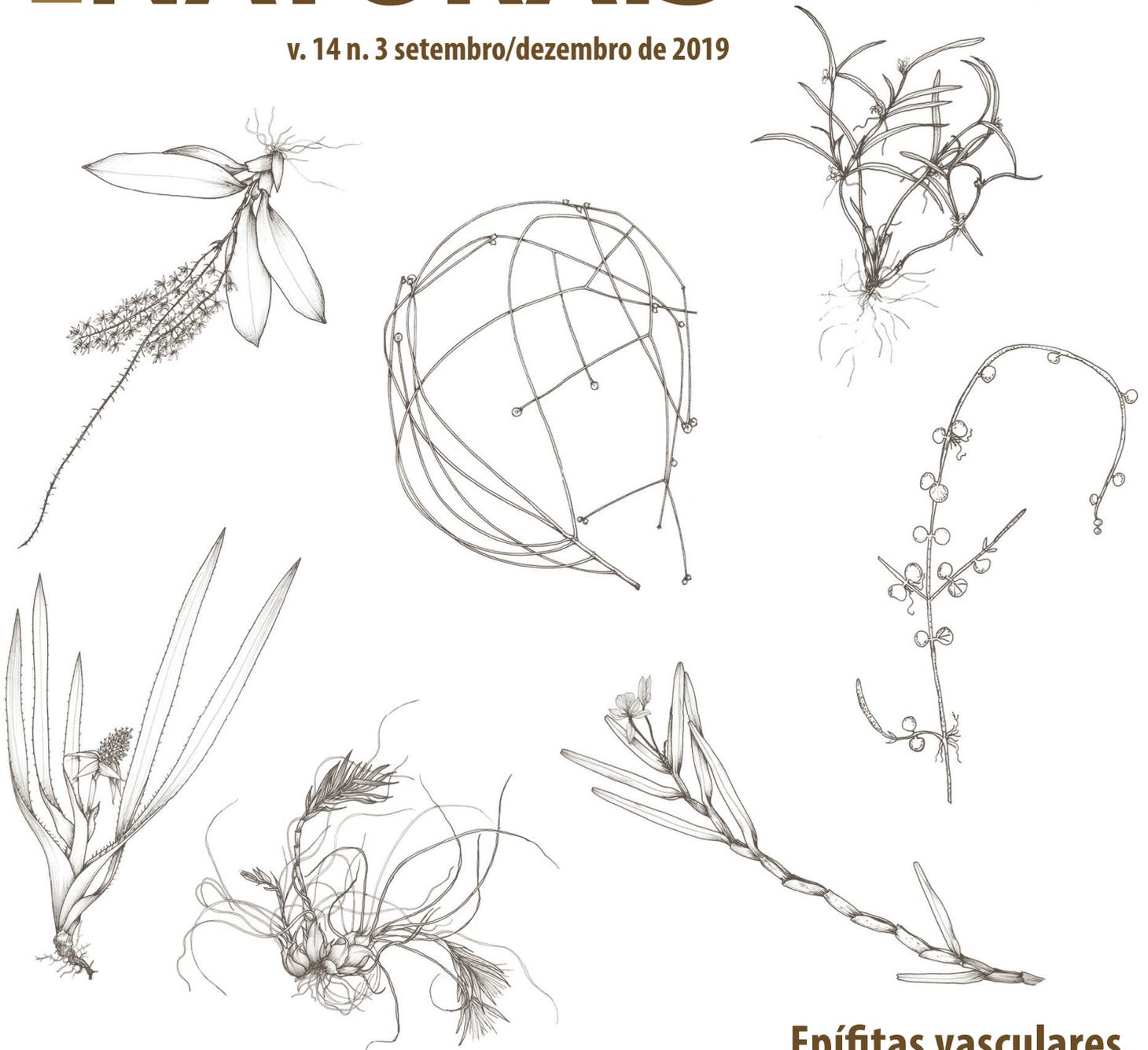


**BOLETIM** MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI  
**CIÊNCIAS**  
**NATURAIS**

v. 14 n. 3 setembro/dezembro de 2019



**Epífitas vasculares**



# Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi

Ciências Naturais



v. 14, n. 3  
setembro-dezembro  
2019

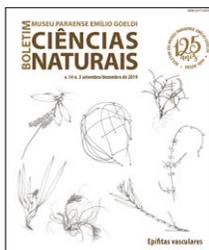


IMAGEM DA CAPA  
Espécies angiospermas  
epífitas de Belém, Pará.  
Ilustrações:  
A. Alvarez (2018).

## BOLETIM DO MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI. CIÊNCIAS NATURAIS (ISSN 2317-6237)

O Boletim do Museu Paraense de História Natural e Ethnographia foi criado por Emílio Goeldi e o primeiro fascículo surgiu em 1894. O atual Boletim é sucedâneo daquele. *The Boletim do Museu Paraense de História Natural e Ethnographia was created by Emílio Goeldi, and the first number was issued in 1894. The present one is the successor to this publication.*

### EDITOR CIENTÍFICO

**Fernando da Silva Carvalho Filho**

### EDITORES ASSOCIADOS

**Adriana Maria Coimbra Horbe**

**Alexander C. Lees**

**Alexandre Salino**

**Anna Luiza Ilkiu Borges**

**Fernando Jacques Althoff**

**José de Sousa e Silva Júnior (Cazuza)**

**Laszlo Nagy**

**Lezilda Carvalho Torgan**

**Maria Inês Feijó Ramos**

**Pedro Lage Viana**

**Shirley Martins Silva**

**Toby Gardner**

### CONSELHO EDITORIAL CIENTÍFICO

**Ana Maria Giulietti** - Universidade Estadual de Feira de Santana - Feira de Santana - Brasil

**Augusto Shinya Abe** - Universidade Estadual Paulista - Rio Claro - Brasil

**Carlos Afonso Nobre** - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - São José dos Campos - Brasil

**Douglas C. Daly** - New York Botanical Garden - New York - USA

**Hans ter Steege** - Utrecht University - Utrecht - Netherlands

**Ima Célia Guimarães Vieira** - Museu Paraense Emílio Goeldi - Belém - Brasil

**John Bates** - Field Museum of Natural History - Chicago - USA

**José Maria Cardoso da Silva** - Conservação Internacional - Belém - Brasil

**Laurent Polidori** - l'Ecole Supérieure des Géomètres Topographes - Le Mans - França

**Lauro Valentim Stoll Nardi** - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Porto Alegre - Brasil

**Miguel Trefaut Rodrigues** - Universidade de São Paulo - São Paulo - Brasil

**Nelson Papavero** - Museu de Zoologia - Universidade de São Paulo - São Paulo - Brasil

**Peter Mann de Toledo** - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - São José dos Campos - Brasil

**Philippe Kok** - Royal Belgian Institute of Natural Sciences - Brussels - Bélgica

**Roberto Dall'Agnol** - Universidade Federal do Pará - Belém - Brasil

**Rui Cerqueira** - Universidade Federal do Rio de Janeiro - Rio de Janeiro - Brasil

**William Woods** - University of Kansas - Lawrence - USA

### NÚCLEO EDITORIAL

**Rafaele Lima** - Assistente editorial

**Talita do Vale** - Edição, versão eletrônica e capa deste número

**Normalização** - Núcleo Editorial Boletim

**Projeto Gráfico** - Elaynia Ono

Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações  
Museu Paraense Emílio Goeldi

# Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi

## Ciências Naturais



ISSN 2317-6237

Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi	Cienc. Nat.	Belém	v. 14	n. 3	p. 307-486	setembro-dezembro 2019
-------------------------------	-------------	-------	-------	------	------------	------------------------

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA:  
Museu Paraense Emílio Goeldi  
Núcleo Editorial - Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi  
Av. Perimetral, 1901  
Terra Firme – CEP 66077-530  
Belém - PA - Brasil  
Telefone: 55-91-3075-6186  
E-mail: boletim.naturais@museu-goeldi.br

VERSÃO ONLINE DA REVISTA:  
<http://editora.museu-goeldi.br/naturais-old>  
[http://issuu.com/bgoeldi\\_cn](http://issuu.com/bgoeldi_cn)

SUBMISSÃO DE TRABALHOS:  
<https://boletimcn.museu-goeldi.br/bcnaturais/login>

AQUISIÇÃO:  
Permuta: [mgdoc@museu-goeldi.br](mailto:mgdoc@museu-goeldi.br)  
Venda: [livraria@museu-goeldi.br](mailto:livraria@museu-goeldi.br)

INDEXADORES  
CAB Abstracts  
IBSS - International Bibliography of the Social Sciences  
LATINDEX - Sistema Regional de Información en Línea para  
Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Zoological Record

Não é permitida a reprodução parcial ou total de artigos ou notas publicadas, sob nenhuma forma ou técnica, sem a prévia autorização do editor. Ficam isentas as cópias para uso pessoal e interno, desde que não destinadas a fins promocionais ou comerciais. As opiniões e considerações emitidas nos artigos assinados são de inteira responsabilidade dos autores, e não refletem necessariamente a posição dos editores ou da instituição responsável pela publicação.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação CIP

Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais. 2019. – Belém: MPEG, 2019. v. 14 n. 3., v. il.  
Semestral: 1984-2002  
Interrompida: 2003-2004  
Quadrimestral a partir do v. 1, 2005.

Títulos anteriores: Boletim Museu Paraense de História Natural e Ethnographia 1894-98; Boletim Museu Paraense de História Natural e Ethnographia (Museu Goeldi) 1902; Boletim do Museu Goeldi (Museu Paraense) de História Natural e Ethnographia 1906-1914; Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi de História Natural e Etnografia 1933; Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi 1949-2002, série Zoologia, série Botânica e série Ciências da Terra; Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Ciências Naturais, em 2005. A partir de 2006, Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais.

ISSN 2317-6237

1. Zoologia. 2. Botânica. 3. Ecologia. 4. Biotecnologia. 5. Geociências. I. Museu Paraense Emílio Goeldi.

CDD-21ª.ed. 500

© Direitos de Cópia/Copyright 2019 por/by MCTIC/Museu Goeldi



MINISTÉRIO DA  
EDUCAÇÃO

MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,  
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES



## CARTA DO EDITOR

A última edição de 2019 do **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** traz estudos de diversas áreas do conhecimento, desenvolvidos em várias partes do Brasil.

Na área da Zoologia, o artigo de Barros e colaboradores apresentou os resultados de um detalhado estudo que objetivou verificar como a diversidade e a densidade da comunidade mesozooplanctônica é afetada pelas mudanças das variáveis hidrológicas causadas por diferentes níveis de precipitação. Este estudo foi desenvolvido na zona costeira do estado do Pará, na Amazônia brasileira.

Na área da Botânica, são publicados quatro artigos, sendo dois deles baseados em estudos com espécies coletadas próximo ou dentro de centros urbanos. No primeiro, Visnadi apresentou os resultados de um levantamento das espécies de briófitas presentes no parque Ibirapuera, localizado em um grande centro urbano, a cidade de São Paulo. Nesse espaço, foram encontradas 63 espécies, entre as quais uma variedade e uma espécie são endêmicas do Brasil, duas espécies estão ameaçadas de extinção, sendo feito pela primeira vez o registro de uma delas para o país.

No outro artigo, de autoria de Brito e colaboradores, foi apresentado um minucioso estudo taxonômico das plantas epífitas vasculares (plantas que crescem sobre outras), encontradas em Belém, no nordeste da Amazônia brasileira. Os autores apresentaram chaves dicotômicas de identificação, descrições, informações atualizadas sobre a distribuição geográfica e ilustrações das espécies citadas no artigo. Foram encontradas 22 espécies, sendo que a maioria é pertencente à família das orquídeas. Um dos exemplares de bromélia encontrado representa um novo registro para o estado do Pará e foi coletado no *Campus* de Pesquisa do Museu Paraense Emílio Goeldi. Os resultados desses dois estudos indicam que a biodiversidade brasileira ainda é pouco estudada, já que, mesmo em áreas antropizadas e próximo a centros urbanos, ainda há espécies que nunca haviam sido registradas localmente ou para o país.

Ainda na área da Botânica, o artigo de Maciel-Silva e colaboradores apresentou os resultados de um estudo taxonômico das espécies aquáticas e palustres de plantas da família Cyperaceae, obtidas na Estação Científica Ferreira Penna, localizada na Floresta Nacional de Caxiuanã, próximo ao município de Breves, na Amazônia brasileira. Os autores apresentaram chave taxonômica, caracteres diagnósticos, informações sobre a distribuição geográfica e imagens sobre as 26 espécies encontradas.

O outro artigo com resultados botânicos, de autoria de Gonçalves-Silva e colaboradores, apresenta um estudo morfológico das folhas de seis espécies de plantas dos gêneros *Miconia* e *Leandra*, ambas da família Melastomataceae, coletadas em áreas de savana e de floresta de araucária, no estado do Paraná, no Sul do Brasil.

No estudo de Silva e colaboradores, a estrutura e a morfologia do amido extraído dos tubérculos de duas espécies de inhame (*Dioscorea altissima* e *Dioscorea alata*) foram caracterizadas. Os resultados obtidos indicam que o amido destas duas espécies apresenta propriedades que podem ser utilizadas na indústria de embalagens e também podem ser empregadas como matéria-prima na indústria de alimentos.

Nos artigos de Magalhães e colaboradores e Brito e colaboradores, foram caracterizadas as proteases extraídas de uma espécie de cogumelo (*Lentinus crinitus*). Assim como no estudo de Silva *et al.*, estes dados têm aplicação industrial, principalmente nas áreas alimentícia, farmacêutica e cosmética.

No campo das Ciências da Terra, Oliveira apresentou informações detalhadas sobre as mudanças ambientais ocorridas durante o período Quaternário através da investigação feita com base nos depósitos de leque aluvial da fazenda São Pedro II, em Horizonte – Superfície Geomorfológica de Palmas/Água Doce, nos estados do Paraná e de Santa Catarina.

Para finalizar esta carta, gostaria de agradecer aos inúmeros pesquisadores de instituições do Brasil, pela dedicação na avaliação dos manuscritos publicados nesta edição. Também sou muito grato ao Dr. William Overal, pela leitura e correção dos textos em inglês, e à Rafaele Lima e à Talita do Vale, pelo profissionalismo e celeridade no trabalho de editoração.

**Fernando da Silva Carvalho Filho**

Editor Científico

CARTA DO EDITOR  
EDITOR'S NOTE

ARTIGOS  
ARTICLES

**Composição e mudanças espaciais e temporais da diversidade e densidade do mesozoplâncton em um estuário amazônico (Emboráí Velho, Pará, Brasil)**

Composition and spatio-temporal changes in mesozooplankton diversity and density in an Amazonian estuary (Emboráí Velho, Pará, Brazil)

Francisco Alex Lima Barros | Marcela Pimentel de Andrade | Thaynara Raelly da Costa Silva |

Luci Cajueiro Carneiro Pereira | Rauquírio Marinho da Costa .....307

**Bosque como refúgio para as briófitas: o caso do parque Ibirapuera, em São Paulo, Brasil**

City parks as refuges for bryophytes: the case of Ibirapuera Park, in São Paulo, Brazil

Sandra Regina Visnadi ..... 331

**Estudo taxonômico das angiospermas epífitas de Belém, Pará, Brasil**

Taxonomic study of the angiosperm epiphytes of Belém, Pará, Brazil

Evellyn Garcia Brito | Julio dos Santos de Sousa | Wendell Vilhena de Carvalho | Ely Simone Cajueiro Gurgel .....363

**Cyperaceae aquáticas e palustres na Floresta Nacional de Caxiuanã, Pará, Amazônia, Brasil**

Cyperaceae aquatic and palustris in the Caxiuanã National Forest, Pará, Amazon, Brazil

Julienne de Fátima Maciel-Silva | Clebiana de Sá Nunes | Leandro Valle Ferreira | André dos Santos Bragança Gil ..... 391

**Leaf structural characters of *Leandra* and *Miconia* (Miconieae: Melastomataceae): taxonomic and ecological significance**

Caracteres estruturais foliares de *Leandra* e *Miconia* (Miconieae: Melastomataceae): importância taxonômica e ecológica

Raísa Gonçalves-Silva | Odair José Garcia de Almeida | Luiz Antonio de Souza .....425

**Extração e caracterização de amido de espécies de *Dioscorea* cultivadas na Amazônia**

Extraction and characterization of starch from *Dioscorea* species cultivated in the Amazon

Larissa Svetlana Cavalcante Silva | Salomão Rocha Martim | Raiane Aila Teixeira de Souza | Ana Rita Gaia Machado |

Lorisa Simas Teixeira | Leilane Bentes de Sousa | Marne Carvalho de Vasconcellos | Maria Francisca Simas Teixeira .....439

**Produção e caracterização de enzimas proteolíticas de *Lentinus crinitus* (L.)**

**Fr. 1825 DPUA 1693 do bioma amazônico (Polyporaceae)**

Production and characterization of proteolytic enzymes of *Lentinus crinitus* (L.)

Fr. 1825 DPUA 1693 from the Amazonian biome (Polyporaceae)

Alessandra Alves da Silva Magalhães | Taciana de Amorim Silva | Maria Francisca Simas Teixeira |

Raimundo Felipe Cruz Filho | Suelen Dias da Silva | Dib Mady Diniz Gomes | José Odair Pereira .....453

**Produção e caracterização parcial de proteases aspárticas sintetizadas por**

***Lentinus crinitus* (L.) Fr. 1825 DPUA 1693 (Polyporaceae)**

Production and partial characterization of aspartic proteases synthesized by

*Lentinus crinitus* (L.) Fr. 1825 DPUA 1693 (Polyporaceae)

Erica Caroline de Matos Brito | Rodrigo da Silva Braga | Maria Francisca Simas Teixeira | Salomão Rocha Martim .....463

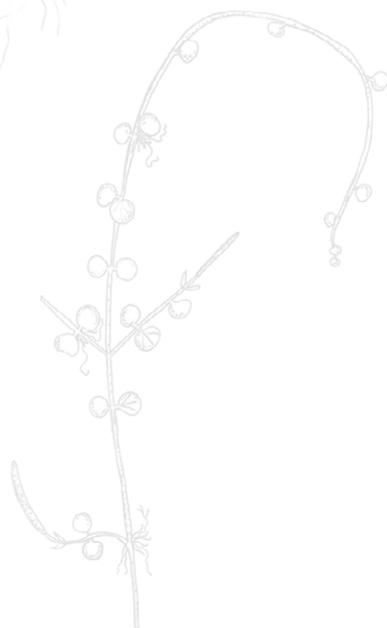
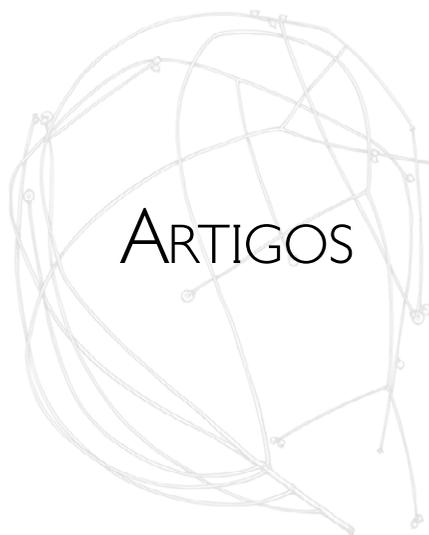
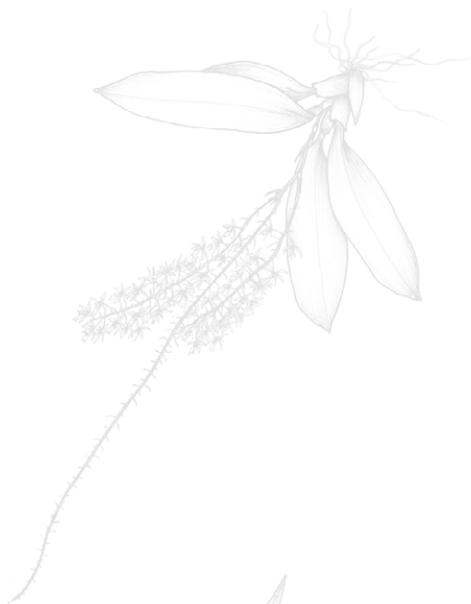
**Mudanças ambientais quaternárias verificadas por meio de depósito de leque aluvial no Planalto de Palmas, Paraná e Água Doce, Santa Catarina, no Sul do Brasil**

Quaternary environmental changes verified by means of alluvial fan deposits at

Palmas Plateau in Paraná and Água Doce in Santa Catarina in the South of Brazil

Leandro Oliveira .....473

ARTIGOS





# Composição e mudanças espaço-temporais da diversidade e densidade do mesozoplâncton em um estuário amazônico (Emboráí Velho, Pará, Brasil)

## Composition and spatio-temporal changes in mesozooplankton diversity and density in an Amazonian estuary (Emboráí Velho, Pará, Brazil)

Francisco Alex Lima Barros<sup>1</sup>  | Marcela Pimentel de Andrade<sup>1</sup>  | Thaynara Raelly da Costa Silva<sup>1</sup>  |  
Luci Cajueiro Carneiro Pereira<sup>1</sup>  | Rauquírio Marinho da Costa<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidade Federal do Pará. Bragança, Pará, Brasil

**Resumo:** O presente estudo investigou o efeito da precipitação sobre os componentes hidrológicos e seus impactos sobre a comunidade mesozooplancônica no estuário do Emboráí Velho, no Norte do Brasil. Coletas nictemerais foram realizadas com redes de plâncton de 200  $\mu\text{m}$  de abertura de malha. O estuário do Emboráí apresentou dominância de águas mesohalinas e euhalinas, turvas, bem oxigenadas, com moderadas concentrações de clorofila-a e altas temperaturas. O mesozoplâncton esteve composto por um total de 27 espécies, entre as quais *Acartia lilljeborgi*, com densidade de até  $2.708 \pm 4.955 \text{ ind.m}^{-3}$ , e *Oikopleura dioica* ( $745 \pm 1.280 \text{ ind.m}^{-3}$ ), ambas na estação E1, com destaque em novembro. *Paracalanus quasimodo* ( $559 \pm 828 \text{ ind.m}^{-3}$ ) e *Pseudodiaptomus richardi* ( $429 \pm 713 \text{ ind.m}^{-3}$ ) apresentaram maiores densidades na estação E1, em abril. *Oithona hebes* ( $247 \pm 327 \text{ ind.m}^{-3}$ ) e *Euterpina acutifrons* ( $339 \pm 677 \text{ ind.m}^{-3}$ ) apresentaram maiores valores na estação E1, em novembro, enquanto que *Pseudodiaptomus marshi* ( $130 \pm 230 \text{ ind.m}^{-3}$ ) e *Oithona oswaldocruzi* ( $56 \pm 97 \text{ ind.m}^{-3}$ ), maiores densidades em novembro e em agosto, respectivamente, nesta mesma estação. A alternância da dominância das espécies identificadas esteve determinada por suas tolerâncias às variações de salinidade, disponibilidade de fontes autotróficas (clorofila-a) de alimento e pelas taxas de recrutamento.

**Palavras-chave:** Costa amazônica. Plâncton costeiro. Precipitação. Variáveis ambientais.

**Abstract:** The present study investigated the effect of precipitation on hydrological components and their impacts on the mesozooplankton community in the Emboráí Velho estuary, northern Brazil. Nycthemeral samplings were performed with 200  $\mu\text{m}$  mesh plankton nets. The Emboráí estuary showed a predominance of turbid, well-oxygenated mesohaline and euhaline waters, with moderate concentrations of chlorophyll-a and high temperatures. Mesozooplankton was composed of a total of 27 species, highlighting *Acartia lilljeborgi*, with abundances up to  $2,708 \pm 4,955 \text{ ind.m}^{-3}$ , and *Oikopleura dioica* ( $745 \pm 1,280 \text{ ind.m}^{-3}$ ), both at station E1, in November. *Paracalanus quasimodo* ( $559 \pm 828 \text{ ind.m}^{-3}$ ) and *Pseudodiaptomus richardi* ( $429 \pm 713 \text{ ind.m}^{-3}$ ) showed higher abundances at E1 station in April. *Oithona hebes* ( $247 \pm 327 \text{ ind.m}^{-3}$ ) and *Euterpina acutifrons* ( $339 \pm 677 \text{ ind.m}^{-3}$ ) showed the highest values at station E1 in November, while *Pseudodiaptomus marshi* ( $130 \pm 230 \text{ ind.m}^{-3}$ ) and *Oithona oswaldocruzi* ( $56 \pm 97 \text{ ind.m}^{-3}$ ) presented higher abundances in November and August, respectively, at this same station. The alternation of dominance of the identified species was determined by their tolerances to variations in salinity, availability of autotrophic food sources (chlorophyll-a), and recruitment rates.

**Keywords:** Amazonian coast. Coastal plankton. Precipitation. Environmental variables.

---

BARROS, F. A. L., M. P. ANDRADE, T. R. C. SILVA, L. C. C. PEREIRA & R. M. COSTA, 2019. Composição e mudanças espaço-temporais da diversidade e densidade do mesozoplâncton em um estuário amazônico (Emboráí Velho, Pará, Brasil). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 14(3): 307-330.

Autor para correspondência: Francisco Alex Lima Barros. Universidade Federal do Pará. Instituto de Estudos Costeiros. Laboratório de Plâncton e Cultivo de Microalgas. Alameda Leandro Ribeiro, s/n – Aldeia. Bragança, PA, Brasil. CEP 68600-000 (alxbarros@gmail.com).

Recebido em 14/02/2019

Aprovado em 10/11/2019

Responsabilidade editorial: Fernando da Silva Carvalho Filho



## INTRODUÇÃO

Os estuários são ecossistemas de transição entre o continente e o oceano, onde ocorre a mistura da água do mar e da água doce oriunda da drenagem continental (Miranda *et al.*, 2002). São considerados ambientes de extrema importância para as regiões costeiras, pois apresentam elevada heterogeneidade bioquímica e disponibilidade de minerais e de nutrientes essenciais às redes tróficas aquáticas, sendo responsáveis por diversos processos de produção e reciclagem de matéria orgânica (Bianchi, 2007). Na costa amazônica, estes ecossistemas apresentam características únicas, sobretudo por sua elevada produção biológica, a qual está principalmente relacionada ao aporte de nutrientes inorgânicos e de matéria orgânica particulada (MOP) e dissolvida (MOD) produzidas pelas florestas de manguezais (Dittmar & Lara, 2001). Tais condições proporcionam altas taxas de produtividade primária e secundária, as quais se traduzem em elevados valores de biomassa fitoplanctônica, zooplanctônica, nectônica e bentônica ao longo da zona costeira amazônica (Barletta-Bergan *et al.*, 2002; Rosa Filho *et al.*, 2006; Silva *et al.*, 2011; Matos *et al.*, 2012; Costa, K. *et al.*, 2013, 2018), modulando, assim, a composição e a dinâmica espaço-temporal de sua biota residente e transitória (Leite *et al.*, 2009; Magalhães *et al.*, 2015).

Entre os organismos que compõem a fauna dessas áreas, o zooplâncton constitui uma das comunidades mais abundantes e diversificadas, atuando na ciclagem dos nutrientes e na transferência de carbono e energia dos produtores primários aos consumidores dos níveis tróficos superiores, como peixes, mamíferos marinhos, tartarugas etc. (Richardson, 2008; Leandro *et al.*, 2014). O mesozooplâncton por sua vez, classe dimensional compreendida entre 200  $\mu\text{m}$  e 2 mm (Omori & Ikeda, 1984), está representado principalmente pelos copépodos, grupo dominante em ambientes estuarinos, constituindo cerca de 80% ou mais do número total de indivíduos desta comunidade (Gomez-Gutiérrez *et al.*, 1999). Desse modo, estudos relacionados às variações espaciais e

temporais da composição e da densidade dos organismos pertencentes a este grupo são de extrema importância para determinação de seu papel na trofodinâmica estuarina e marinha (Perissinotto *et al.*, 2003; Gonçalves *et al.*, 2015). Em regiões tropicais, essas variações são condicionadas, principalmente, por mudanças nas taxas de precipitação e de vazão fluvial (Nittrouer & DeMaster, 1986; Magalhães *et al.*, 2015; Atique *et al.*, 2016; Leite *et al.*, 2016), e, em menor escala, pela ação das marés, as quais, em estuários amazônicos, podem alcançar até 12 m (DHN, 2018).

De forma geral, os organismos do zooplâncton, e consequentemente o mesozooplâncton, são caracterizados por apresentarem elevada sensibilidade e curtos ciclos de vida (Mackas *et al.*, 2001; Resgalla Jr., 2011), atuando como excelentes indicadores de variações ambientais em ecossistemas costeiros e marinhos. Estas características possibilitam uma rápida resposta de tais comunidades às alterações ambientais, as quais se refletem em oscilações na densidade, na composição e na diversidade desses grupos (Andrade *et al.*, 2016). Dessa forma, estes organismos apresentam importante papel como 'sentinelas' das mudanças ambientais e climáticas em ecossistemas pelágicos (Hooff & Peterson, 2006; Hays *et al.*, 2005).

Neste contexto, o presente estudo tem por objetivo conhecer a composição do mesozooplâncton, avaliar o efeito das mudanças nos níveis de precipitação sobre as variáveis hidrológicas e, por conseguinte, sobre a estrutura e a dinâmica desta comunidade, bem como testar a hipótese de que a sazonalidade no ciclo das chuvas constitui o principal responsável pelas mudanças na salinidade, modificando, desta forma, a composição, a densidade e a diversidade do mesozooplâncton e de suas principais espécies no estuário do Emboraí Velho, no estado do Pará.

## MATERIAL E MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDO E CLIMATOLOGIA

O estuário do Emboraí Velho (0° 52' 54" S e 46° 26' 54" W; Figura 1) está situado no município de Augusto Corrêa,

no estado do Pará, Brasil, abrangendo uma área total de 30.506,4 ha, estando inserido em uma zona de estuário na costa amazônica oriental. Este ambiente drena parte do sistema de manguezal da costa do Urumajó – Área de Preservação Ambiental (APA) da costa do Urumajó –, onde ocorrem ecossistemas costeiros de restinga e mangue, ainda bem preservados (Sousa *et al.*, 2013).

O ecossistema estudado é classificado como permanentemente aberto, com altos valores de turbidez (= 409,2 UNT), bem misturado, e com profundidade máxima de 5 metros (Sousa *et al.*, 2013). Quanto aos aspectos hidrodinâmicos, esta região apresenta ecossistemas dominados por um regime de macromarés semidiurnas, com alturas de maré em torno de 2-4 m, nas marés de quadratura, e 4-6 m, nas marés de sizígia (Cohen *et al.*,

1999; Pereira *et al.*, 2009, 2010), padrão peculiar, quando comparado às demais regiões da costa amazônica brasileira.

A região onde localiza-se o ambiente em estudo apresenta clima equatorial úmido, marcado por elevadas temperaturas ao longo de todo o ano (varia entre 25 a 27 °C; INMET, 2018), grande volume de chuvas (média anual em torno de 2.296 mm; INMET, 2018) e elevada umidade relativa do ar (entre 80 e 91%; INMET, 2018). Os ventos alísios sopram normalmente de nordeste, com velocidades médias entre 2-4 m.s<sup>-1</sup>, podendo atingir velocidades máximas superiores a 10 m.s<sup>-1</sup> (CPTEC/INPE, 2018). A peculiaridade da região amazônica está associada à forte sazonalidade no ciclo das chuvas, com elevada precipitação, particularmente, nos meses de janeiro a julho, os quais contribuem com valor médio superior a 2.000 mm, no primeiro semestre

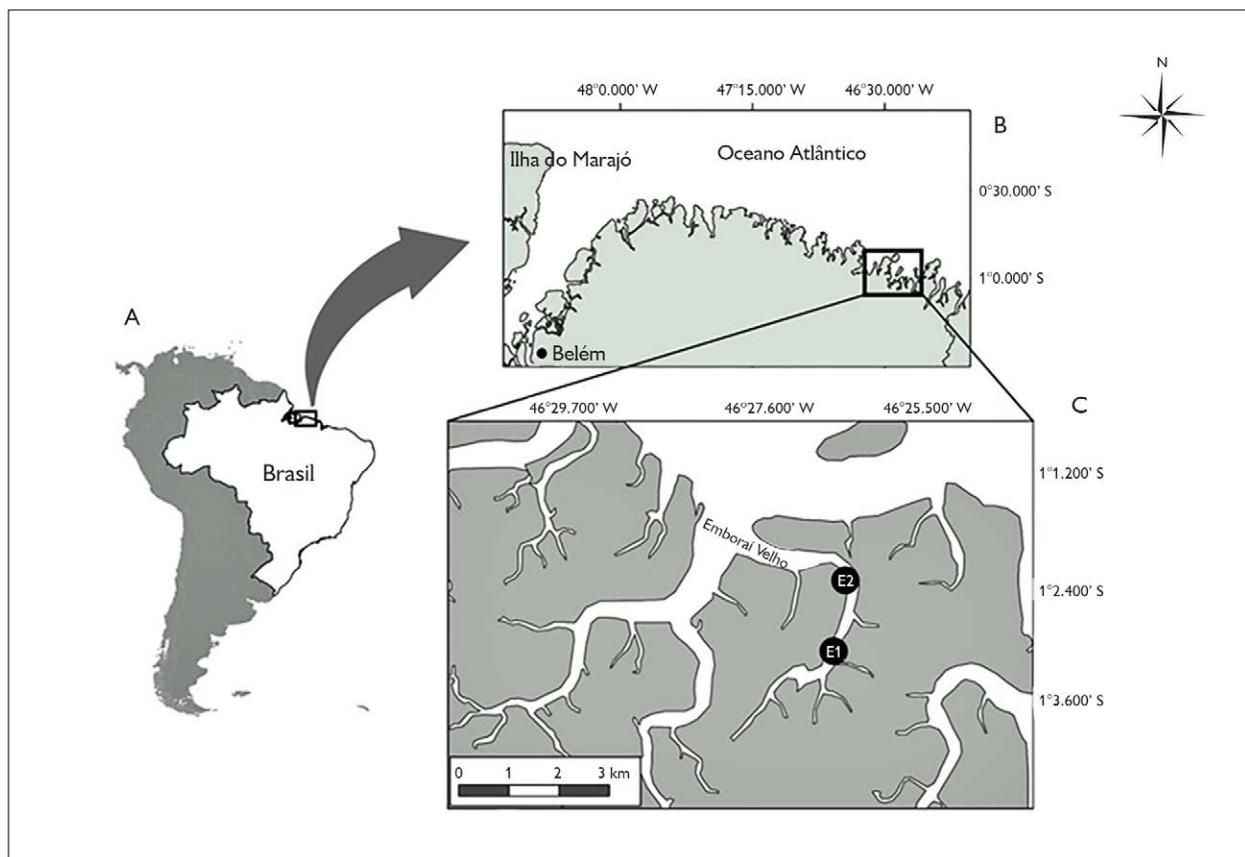


Figura 1. Área de estudo: A) América do Sul; B) localização do estuário do Emborai Velho, na costa amazônica, Norte do Brasil; C) posição das estações de coleta, estações superior (E1) e inferior (E2) no estuário do Emborai Velho.

de cada um dos últimos 18 anos (2000-2018). Por outro lado, na segunda metade do ano, representada pelos meses mais secos, entre agosto a dezembro, ocorre uma drástica redução no volume das chuvas, cujos valores médios históricos não chegam a 200 mm.

## DESENHO AMOSTRAL DO ESTUDO

Os dados de precipitação foram obtidos por meio do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), da estação meteorológica de Tracuateua (01° 04' 00" S e 46° 54' 00" W), situada a 60 km da vila de Nova Olinda.

As amostragens das variáveis físicas, químicas e biológicas foram realizadas, simultaneamente, em duas estações fixas (E1: 46° 26' 51,14" W e 1° 03' 16,37" S; E2: 46° 26' 33,13" W e 1° 2' 25,89" S), situadas ao longo do curso do estuário do Emborá Velho (Figura 1): uma no setor superior (E1), localizada na zona de cultivo de ostras, e outra no setor médio (E2). As campanhas foram realizadas nos meses de janeiro, abril (chuvoso), agosto e novembro (seco) de 2018, ao longo de um período de 25 h (coleta noturna), durante marés de sizígia, as quais correspondem ao período de maior hidrodinâmica estuarina. Todas as coletas ocorreram em intervalos regulares de três horas, resultando em um total de 72 amostras. As amostras foram coletadas por meio de arrastos horizontais, realizados na subsuperfície da água, utilizando-se, para tal, redes cônicas de plâncton com aberturas de malha de 200  $\mu$ m (redes apropriadas para a retenção de organismos mesozooplânctônicos), equipadas com fluxômetros mecânicos (*General Oceanics 2030R*), para a determinação do volume de água filtrada, estabelecido pela seguinte fórmula:

$$V = a \cdot n \cdot c$$

Onde,  $V$  é o volume de água filtrada pela rede após cada arrasto ( $m^3$ );  $a$  corresponde à área da boca da rede ( $m^2$ );  $n$  é o número de rotações do fluxômetro após os arrastos ( $F_{Final} - F_{Inicial}$ );  $c$  é o fator de aferição do fluxômetro após a calibração desse aparelho em metros por rotações.

Os arrastos tiveram duração entre 2-3 minutos, e foram realizados com auxílio de uma embarcação a motor, deslocando-se a uma velocidade de aproximadamente 1,5 nós. Ao final das amostragens, os organismos coletados foram retirados do copo coletor da rede de plâncton e imediatamente acondicionados em recipientes plásticos com capacidade de 600 mL, devidamente etiquetados, e fixados em formalina a 4% (concentração final), neutralizada com tetraborato de sódio ( $5 g \cdot L^{-1}$ ; Newell, G. & Newell, R., 1966).

As medidas de salinidade e temperatura foram realizadas *in situ* através de dois CTD (modelos XR-420), sendo os valores registrados a cada dez minutos. Adicionalmente, foram coletadas amostras de água subsuperficial com garrafas de *Niskin* (*General Oceanics Inc.*), das quais foram retiradas alíquotas de 300 mL para determinação do pH, da turbidez e da concentração de clorofila-a. Uma fração adicional de, aproximadamente, 100 ml foi fixada em recipientes de vidro de cor âmbar para determinação das concentrações de oxigênio dissolvido (OD).

## ANÁLISES DE LABORATÓRIO

As concentrações de OD foram determinadas segundo o método descrito por Strickland & Parsons (1972), enquanto que o pH e a turbidez foram mensurados através de um pHmetro (Labimeter PH2/PHS-3B) e de um turbidímetro (Hanna, 39706), respectivamente. As concentrações de clorofila-a foram determinadas através do método espectrofotométrico, descrito por Parsons & Strickland (1963).

Em laboratório, as amostras destinadas ao estudo do zooplâncton foram alíquotadas em um fracionador tipo *Folsom*, segundo a metodologia descrita na literatura (Boltovskoy, 1981). As amostras foram padronizadas e alíquotadas para gerar um conteúdo mínimo de 300 indivíduos (número normalmente utilizado em trabalhos da área). Logo após, foram realizadas a contagem e a identificação dos organismos zooplânctônicos ao menor nível taxonômico possível (Trégouboff & Rose, 1957; Björnberg, 1981; Bradford-Grieve *et al.*, 1999; WORMS, 2019),

com auxílio de placas de Petri quadriculadas e de um microscópio estereoscópico Zeiss (modelo Stemi 2000). Para a quantificação dos organismos de cada taxón, multiplicou-se o número de indivíduos presentes na amostra pelo fator de subamostragem, obtendo-se, dessa forma, o número total de indivíduos na amostra total.

Os dados quantitativos do zooplâncton foram utilizados para calcular a densidade ( $\text{ind.m}^{-3}$ ), a abundância relativa (%) e a frequência de ocorrência (FO) dos táxons identificados, bem como para determinar os índices ecológicos de diversidade  $H'$  (Shannon, 1948), equitabilidade  $J'$  (Pielou, 1977) e riqueza (número total de espécies nas amostras) dos organismos amostrados.

### ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os testes paramétricos de ANOVA-um fator ( $F$ ) e não paramétricos de Mann-Whitney ( $U$ ) e/ou de Kruskal-Wallis ( $H$ ) foram utilizados para verificar possíveis diferenças estatísticas ( $p < 0,05$ ) entre os dados das variáveis ambientais (salinidade, turbidez, OD, pH e temperatura) e os dados biológicos (concentrações de clorofila-a, densidade, diversidade, equitabilidade e riqueza de espécies), em escala espacial (estações de coleta) e temporal (dia/noite, mensal e sazonal), bem como entre os diferentes períodos de maré (enchente e vazante) (Underwood, 1997; Zar, 2010). As correlações entre os atributos biológicos (espécies) e os parâmetros ambientais foram determinadas utilizando-se o coeficiente de correlação de Spearman ( $r_s$ ).

Utilizando-se os dados de densidade das espécies dominantes do mesozooplâncton, foi realizada análise de correspondência canônica ou CCA (CONOCO 4.5). Estes dados foram transformados através da raiz quadrada (transformação de Hellinger), para investigar as possíveis relações existentes entre as espécies do mesozooplâncton e as variáveis abióticas (precipitação, salinidade, pH, OD, turbidez, temperatura) e biológicas (concentrações de clorofila-a) registradas durante cada um dos períodos sazonais incluídos neste estudo (Ter Braak & Smilauer, 2002).

## RESULTADOS

### PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

Com base nos índices pluviométricos obtidos para os meses de estudo, foi observada acentuada sazonalidade no ciclo das chuvas, com a precipitação média aumentando de  $64,9 \pm 34,3$  mm, na estação seca, para  $295,6 \pm 159,9$  mm, na estação chuvosa. Em uma escala mensal, os valores oscilaram entre 40,6 mm, em agosto, e 409,7 mm, em abril (Figura 2). Entre os meses investigados, foi observado que, em novembro, houve aumento de 95% no volume de chuvas, ao serem confrontados os dados do presente estudo com a série histórica levantada entre os anos de 2000 a 2017 para este mesmo mês.

### VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS

Os dados obtidos para os parâmetros hidrológicos (salinidade, pH, temperatura, turbidez e OD) e biológicos (concentrações de clorofila-a, densidade, diversidade, equitabilidade e riqueza das espécies), mencionados a seguir, foram agrupados (média  $\pm$  desvio padrão) e analisados em escala espacial, mensal, sazonal, entre marés e ciclo nictemeral.

A salinidade aumentou significativamente de  $21,77 \pm 7,83$ , no período chuvoso, para  $25,87 \pm 7,40$ , no período seco ( $F = 5,21$ ;  $p > 0,05$ ), com valores médios

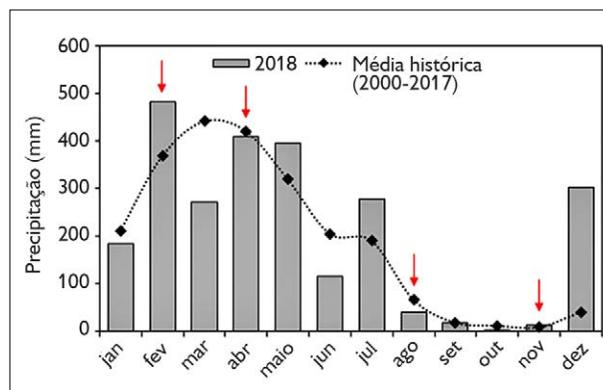


Figura 2. Precipitação mensal durante o período estudado em 2018, com média histórica plotada entre os anos de 2000 a 2017. As setas indicam os meses das campanhas de campo. Fonte: INMET (2018).

mensais variando de  $12,76 \pm 0,71$ , em abril, na estação E1, a  $32,8 \pm 2,96$ , em novembro, na estação E1 ( $H = 53,91$ ;  $p > 0,01$ ). A temperatura da água variou pouco durante o período de estudo ( $28,09 \pm 0,07$  a  $28,85 \pm 0,35$ ) (Figura 3). Esta variável foi relativamente constante,

com amplitude média mensal de  $0,26$  °C, a qual constitui uma característica típica de ambientes tropicais; já o pH variou de ácido para alcalino entre abril, na estação E1 ( $6,46 \pm 0,14$ ), e agosto, na estação E2 ( $8,15 \pm 0,11$ ) ( $H = 66,60$ ;  $p < 0,01$ ).

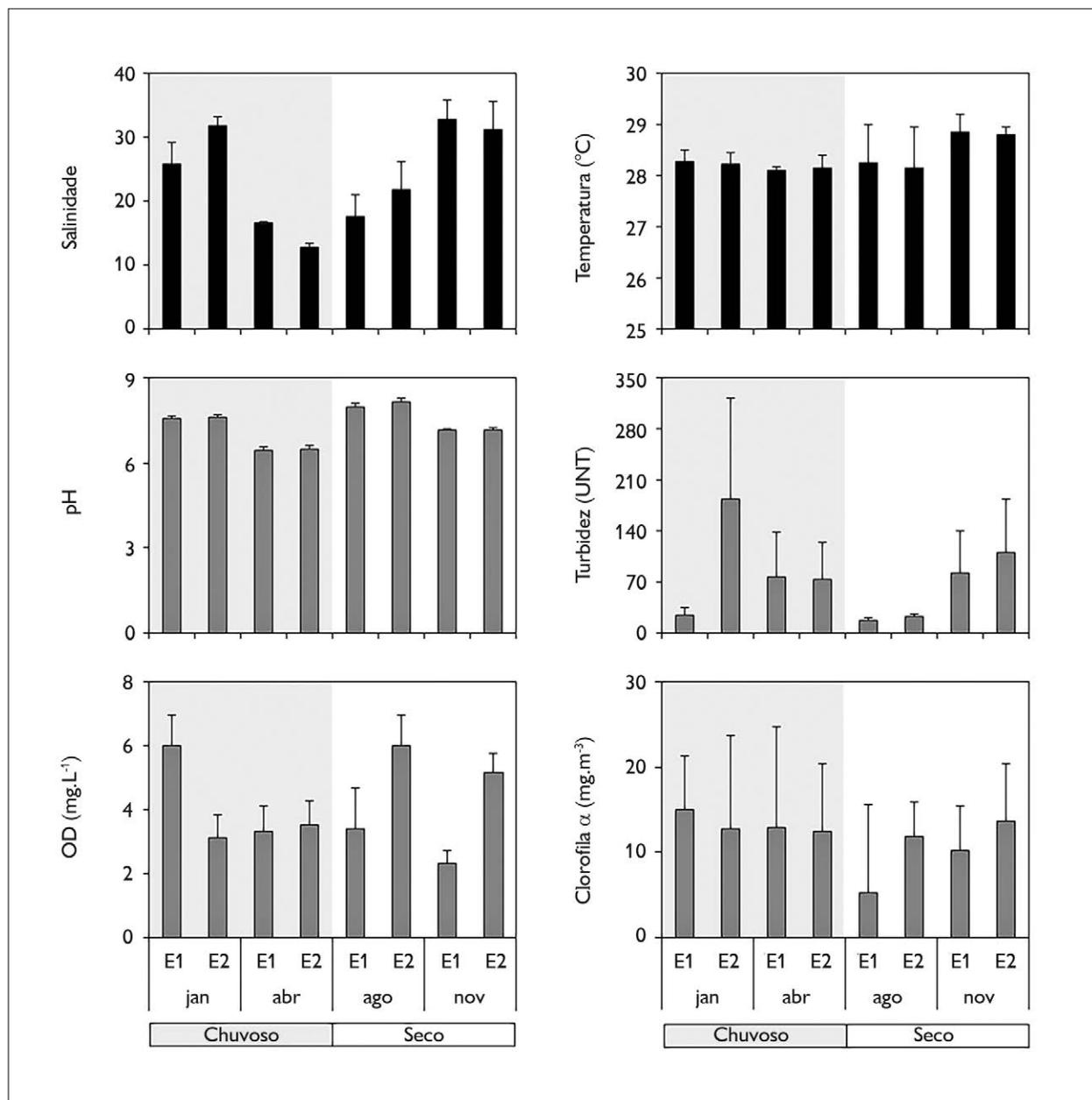


Figura 3. Variações espaciais e mensais médias (+DP) das variáveis hidrológicas e concentração de clorofila-a no estuário do Emborai Velho, no Norte do Brasil. A faixa cinza-claro representa a estação chuvosa. Notar diferença de escalas.

Não foi evidenciado padrão de variação sazonal para os valores médios de turbidez, concentrações de clorofila-a e OD. A turbidez apresentou diferenças mensais ( $H = 25,73$ ;  $p < 0,01$ ) registradas entre agosto, na estação E1 ( $17,58 \pm 3,38$  UNT), e janeiro, na estação E2 ( $184,29 \pm 138,21$  UNT). Um pico de  $15,04 \pm 6,21$  mg.m<sup>-3</sup> foi registrado para as concentrações de clorofila-a no mês de janeiro, na estação superior (E1), sendo também observadas diferenças significativas para esta variável entre os períodos de maré ( $F = 4,57$ ;  $p < 0,01$ ) e ciclo diurno ( $U = 284,50$ ;  $p < 0,01$ ), com os maiores valores registrados nas amostras coletadas na enchente e durante o dia ( $28,87$  mg.m<sup>-3</sup>), em abril, na estação E1. As concentrações de OD, por sua vez, apresentaram variação significativa apenas entre os setores de amostragem ( $U = 450,00$ ;  $p < 0,05$ ), oscilando entre  $2,34 \pm 0,37$  mg.L<sup>-1</sup>, na estação E1 (novembro), e  $6,00 \pm 0,98$  mg.L<sup>-1</sup>, na estação E2 (agosto).

## COMPOSIÇÃO E DINÂMICA DA COMUNIDADE MESOZOOPLANCTÔNICA

Segundo os resultados obtidos a partir das amostras analisadas, o estuário do Emboraí Velho pode ser caracterizado como espaço-temporalmente heterogêneo ( $p < 0,05$ ) no que diz respeito à densidade total do mesozooplâncton, a qual oscilou entre  $13 \pm 0,46$  ind.m<sup>-3</sup>, na estação E2, em abril, e  $34.364 \pm 1.733$  ind.m<sup>-3</sup>, na estação E1, em novembro. Entre os organismos identificados, foram registrados representantes dos seguintes filos: Sarcostigmophora, Cnidaria, Annelida, Mollusca, Arthropoda, Chaetognatha, Chordata e Echinodermata, estando 77,35% dos mesmos representados pela subclasse Copepoda, como pode ser observado na Figura 5A. Vinte e sete espécies foram identificadas, as quais estão distribuídas entre as ordens Calanoida, Cyclopoida e Harpacticoida, além de outras pertencentes às classes Appendicularia, Malacostraca e Sagittoidea (Apêndice).

Entre as espécies identificadas, destacaram-se: *Acartia lilljeborgi* (Giesbrecht, 1889), *Pseudodiaptomus*

*marshi* (Wright S, 1936), *P.richardi* (Dahl F, 1894), *Paracalanus quasimodo* (Bowman, 1971), todas pertencentes à ordem Calanoida; *Euterpina acutifrons* (Dana, 1847), pertencente à ordem Harpacticoida; *Oithona hebes* (Giesbrecht, 1891) e *O. oswaldocruzi* (Oliveira, 1945), pertencentes à ordem Cyclopoida; além de *Oikopleura dioica* (Fol, 1872), pertencente à ordem Copelata.

*Acartia lilljeborgi*, *Pseudodiaptomus marshi*, *P. richardi*, *Paracalanus quasimodo* e *Oithona oswaldocruzi* não apresentaram padrão de variação sazonal consistente ( $p > 0,05$ ; Tabela 1). Mensalmente, a densidade média de *A. lilljeborgi* oscilou entre  $39 \pm 52$  ind.m<sup>-3</sup>, em abril, na estação E2, e  $2.708 \pm 4.955$  ind.m<sup>-3</sup>, em novembro, na estação E1 ( $H = 12,40$ ;  $p < 0,01$ ), onde alcançou 52,33% da abundância relativa das principais espécies mesozooplânctônicas (Figuras 4 e 5B).

Para *Pseudodiaptomus marshi*, registrou-se pico de densidade em novembro, na estação E1 ( $130 \pm 230$  ind.m<sup>-3</sup>), correspondendo apenas a 2,50% de abundância relativa para este mês, diferindo significativamente ( $H = 12,95$ ;  $p < 0,01$ ) da densidade e da contribuição relativa observadas em janeiro ( $1 \pm 3$  ind.m<sup>-3</sup> e 0,10%). Um padrão de variação mensal foi também observado para *P. richardi* ( $H = 17,34$ ;  $p < 0,01$ ), com valor mais elevado em abril, na estação E2 ( $429 \pm 713$  ind.m<sup>-3</sup>), o qual representou 35,10% de abundância relativa. Padrão oposto foi registrado em janeiro, na estação E1 ( $0,38 \pm 1,14$  ind.m<sup>-3</sup>), quando sua abundância relativa não ultrapassou 0,03% (Tabela 1 e Figuras 4 e 5B).

A densidade média de *Paracalanus quasimodo* aumentou de  $19 \pm 46$  ind.m<sup>-3</sup>, em agosto, na estação E2, para  $559 \pm 828$  ind.m<sup>-3</sup>, em abril (na presença de águas menos salinas), na estação E1 ( $H = 9,81$ ;  $p < 0,05$ ), onde contribuiu com 33,27% da abundância relativa. A espécie *Oithona oswaldocruzi*, por sua vez, apresentou um padrão de variação espacial significativo ( $U = 267,00$ ;  $p < 0,01$ ), com valores oscilando de  $2 \pm 2$  ind.m<sup>-3</sup>, na estação E2, em novembro, a  $57 \pm 97$  ind.m<sup>-3</sup>, na estação E1, em agosto, onde contribuiu com 3,73%

da abundância relativa entre as espécies dominantes (Tabela 1 e Figuras 4 e 5B).

A espécie *Euterpina acutifrons* apresentou aumento na densidade na passagem do período chuvoso ( $14 \pm 30 \text{ ind.m}^{-3}$ ) para o seco ( $98 \pm 355 \text{ ind.m}^{-3}$ ;  $H = 37,65$ ;  $p < 0,05$ ), estando presente em 94,44% das amostras analisadas neste último período (Apêndice). Em escala mensal, este copépodo atingiu elevadas densidades em novembro, no setor interno (E1,  $339 \pm 678 \text{ ind.m}^{-3}$ ;  $F = 5,72$ ;  $p < 0,05$ ), região na qual a salinidade atingiu valores acima de 30 e sua abundância relativa alcançou 6,55% (Tabela 1 e Figuras 4 e 5B).

Padrão similar foi observado para *Oithona hebes*, a qual apresentou variação sazonal e espacial consistente (respectivamente,  $U = 267,00$ ;  $p < 0,01$ ;  $U = 267,00$ ;  $p < 0,01$ ), com as maiores densidades médias ( $114 \pm 219 \text{ ind.m}^{-3}$ ) e frequências de ocorrência (97,22%) no período seco, quando comparadas às obtidas no período chuvoso ( $16 \pm 34 \text{ ind.m}^{-3}$ ), momento em que apresentou frequência de ocorrência de 55,56% (Apêndice). Observou-se, ainda, um pico na densidade de *O. hebes* no mês de novembro, na estação E1 ( $247 \pm 327 \text{ ind.m}^{-3}$ ;  $H = 26,95$ ;  $p < 0,01$ ), mês no qual contribuiu com 4,77%

de abundância relativa entre as espécies dominantes no Emborai Velho (Tabela 1 e Figuras 4 e 5B).

*Oikopleura dioica* foi a única espécie dominante não pertencente ao grupo dos copépodos. Este organismo também apresentou densidades médias que aumentaram do período chuvoso ( $96 \pm 136 \text{ ind.m}^{-3}$ ) para o seco ( $419 \pm 742 \text{ ind.m}^{-3}$ ) ( $F = 7,34$ ;  $p < 0,01$ ), no qual foi registrado em 98,61% das amostras analisadas (Apêndice). A maior densidade média para *O. dioica* foi observada em novembro, na estação E1, quando foram verificados valores médios de  $745 \pm 1.280 \text{ ind.m}^{-3}$  ( $H = 26,35$ ;  $p < 0,01$ ) e contribuição relativa de 14,40% em relação às principais espécies do mesozooplâncton local (Tabela 1 e Figuras 4 e 5B).

Foram observadas correlações positivas e significativas entre a salinidade e as densidades de *Acartia lilljeborgi* ( $r_s = 0,33$ ;  $p < 0,05$ ), *Euterpina acutifrons* ( $r_s = 0,62$ ;  $p < 0,05$ ) e *Oikopleura dioica* ( $r_s = 0,27$ ;  $p < 0,05$ ), demonstrando a preferência destas espécies por águas mais salinas. As densidades dos copépodos *Pseudodiaptomus richardi*, *Paracalanus quasimodo*, *Oithona hebes* e *O. oswaldocruzi* apresentaram correlações negativas e significativas com as concentrações de clorofila-a ( $r_s = -0,35, -0,24, -0,32, 0,28$ ;  $p < 0,05$ , respectivamente) (Tabela 2).

Tabela 1. Resumo das análises estatísticas univariadas para a densidade ( $\text{ind.m}^{-3}$ ) das principais espécies no estuário do Emborai Velho, no Norte do Brasil. As diferenças temporais (sazonal e meses de coleta), espacial (estações de amostragem), bem como entre os ciclos circadianos (dia/noite) foram determinadas por meio dos testes de ANOVA (um fator), Mann Whitney e Kruskal-Wallis. Legendas: Sazonal – SE = seco; CH = chuvoso; meses de estudo – jan. = janeiro; abr. = abril; ago. = agosto; nov. = novembro; estações ao longo do curso estudado – E1= estação 1; E2= estação 2; circadiano – \* =  $p < 0,05$ . Os traços contínuos representam a inexistência de diferenças entre os fatores e os descontínuos identificam a presença de diferenças obtidas em cada análise.

Espécies	Fontes de variação									
	Sazonal		Meses				Estações		Circadiano	
<i>Acartia lilljeborgi</i>	SE	CH	abr	jan	ago	nov*	E1	E2	dia	noite*
<i>Pseudodiaptomus marshi</i>	SE	CH	abr	jan	ago	nov*	E1	E2	dia	noite*
<i>Pseudodiaptomus richardi</i>	SE	CH	abr	jan	ago	nov*	E1	E2	dia	noite*
<i>Paracalanus quasimodo</i>	SE	CH	abr	jan	ago	nov*	E1	E2*	dia	noite*
<i>Euterpina acutifrons</i>	SE	CH*	abr	jan	ago	nov*	E1	E2	dia	noite
<i>Oithona hebes</i>	SE	CH*	abr	jan	ago	nov*	E1	E2*	dia	noite
<i>Oithona oswaldocruzi</i>	SE	CH	abr	jan	ago	nov*	E1	E2*	dia	noite
<i>Oikopleura dioica</i>	SE	CH*	abr	jan	ago	nov*	E1	E2	dia	noite

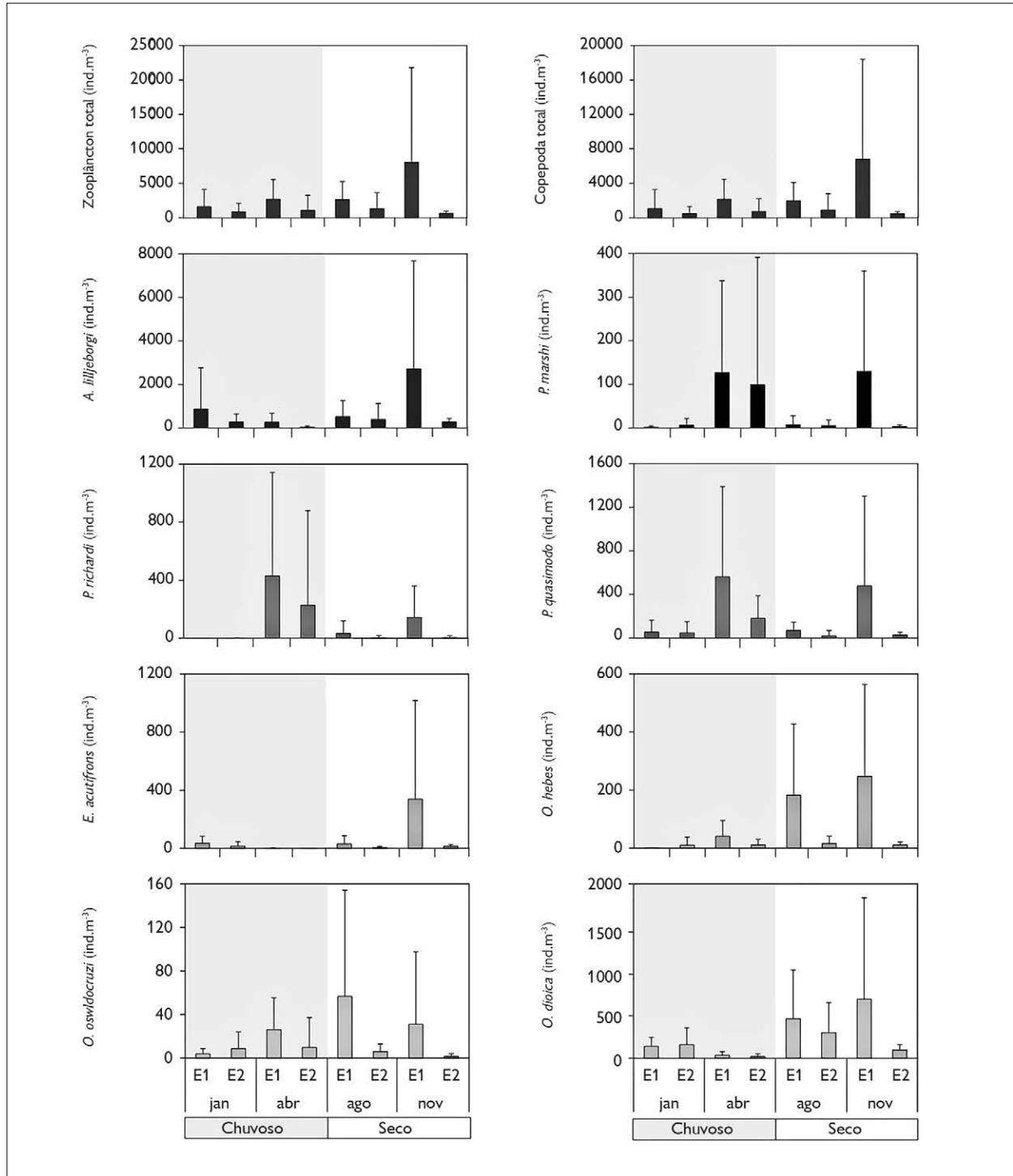


Figura 4. Variações espaciais e temporais médias (+DP) na densidade das principais espécies do mesozooplâncton coletados no estuário do Emborá Velho, no Norte do Brasil, durante o período estudado. A área sombreada em cinza-claro representa o período chuvoso. Notar diferença de escalas.

Tabela 2. Matriz de correlação de Spearman ( $r_s$ ) demonstrando a correlação existente entre as variáveis ambientais e biológicas no estuário do Emborá Velho, no Norte do Brasil. Valores significativamente diferentes são apresentados em negro: \* significativo  $p < 0,05$ .

	Precipitação	Temperatura	pH	Salinidade	Turbidez	OD	Clorofila-a
Temperatura	<b>-0,49*</b>						
pH	<b>-0,77*</b>	0,12					
Salinidade	<b>-0,27*</b>	<b>0,37*</b>	0,21				
Turbidez	0,42	-0,02	<b>-0,45*</b>	<b>0,29*</b>			
OD	-0,18	-0,05	<b>0,37*</b>	0,01	-0,21		
Clorofila-a	0,19	-0,15	-0,06	<b>0,24*</b>	<b>0,31*</b>	<b>0,30*</b>	
<i>A. liljeborgi</i>	<b>-0,28*</b>	<b>0,36*</b>	0,21	<b>0,33*</b>	-0,03	0,03	-0,12
<i>P. marshi</i>	0,17	0,20	<b>-0,43*</b>	-0,02	0,14	<b>-0,34*</b>	-0,18
<i>P. richardi</i>	<b>0,24*</b>	0,14	<b>-0,48*</b>	-0,19	0,20	<b>-0,52*</b>	<b>-0,35*</b>
<i>P. quasimodo</i>	<b>0,27*</b>	-0,05	<b>-0,39*</b>	-0,17	0,16	<b>-0,36*</b>	<b>-0,24*</b>
<i>E. acutifrons</i>	<b>-0,42*</b>	<b>0,43*</b>	<b>0,33*</b>	<b>0,62*</b>	0,01	0,10	0,14
<i>O. hebes</i>	<b>-0,36*</b>	<b>0,25*</b>	-0,05	-0,10	-0,17	<b>-0,39*</b>	<b>-0,32*</b>
<i>O. oswaldocruzi</i>	-0,08	-0,04	0,09	-0,13	-0,18	<b>-0,25*</b>	<b>-0,28*</b>
<i>O. dioica</i>	-0,56	<b>0,27*</b>	<b>0,52*</b>	<b>0,27*</b>	-0,20	0,12	-0,07

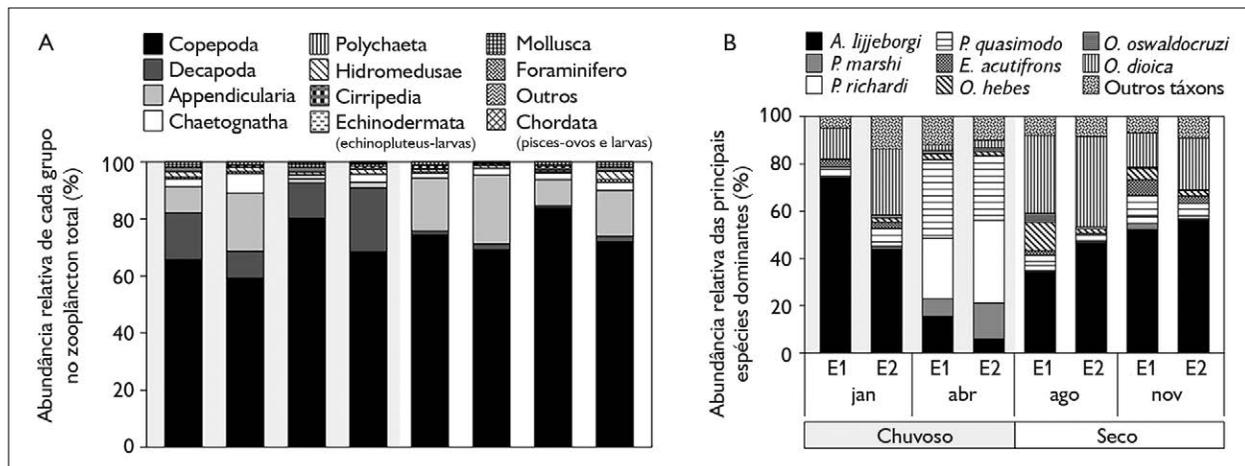


Figura 5. Variações espaciais e temporais da abundância relativa (%) dos principais grupos zooplanctônicos (A) e das principais espécies dominantes (B), no estuário do Emborá Velho, no Norte do Brasil, durante o período estudado. A área sombreada em cinza-claro representa o período chuvoso.

No que diz respeito aos índices ecológicos (riqueza, diversidade e equitabilidade), não foram observados padrões significativos de variação entre os períodos sazonais e de marés (Figura 6). A riqueza de espécies apresentou variações apenas durante o ciclo diurno ( $U = 272,00$ ;  $p < 0,01$ ), com menores valores médios

registrados no período diurno ( $8,80 \pm 2,05$ ) quando comparado ao período noturno ( $10,78 \pm 1,62$ ) (Figura 6A). Diferenças mensais significativas foram registradas para a diversidade, a qual variou de  $1,42 \pm 0,50$  bits.ind<sup>-1</sup>, em agosto, na estação E2, a  $2,26 \pm 0,32$  bits.ind<sup>-1</sup>, em abril, na estação E1 (Figura 6B). Padrão similar foi observado

para a equitabilidade ( $F = 4,31$ ;  $p < 0,01$ ), com médias oscilando de  $0,43 \pm 0,13$ , em agosto, na estação E2, a  $0,70 \pm 0,09$ , em abril, na estação E1 (Figura 6C).

As preferências ambientais das principais espécies identificadas no estuário do Emboraí Velho, durante as estações chuvosa e seca, foram evidenciadas pela Análise de Correspondência Canônica (ACC) (Figura 7). Durante o período sazonal, os dois primeiros eixos da ACC explicaram 85,2% da variância total (eixo 1 = 74,0%; eixo 2 = 11,2%;  $p = 0,0001$ , para ambos os eixos). As correlações espécie-ambiente foram elevadas para os dois eixos observados ( $r = 0,88$  e  $r = 0,62$ , respectivamente;  $p < 0,0001$ , em ambos os casos), indicando forte relação entre as variáveis ambientais e a distribuição das espécies dominantes.

O primeiro eixo canônico (74,0% da variância) revelou que as variáveis mais importantes na distribuição das espécies foram a precipitação, o pH, o OD, a turbidez e a salinidade. A relação de *Acartia lilljeborgi*, *Euterpina acutifrons* e *Oikopleura dioica* com locais mais salinos, com elevados valores de pH e OD, pode ser claramente observada (Figura 7), além disso, verifica-se também altas densidades de *Pseudodiaptomus richardi*, *P. marshi*, *Oithona oswaldocruzi* e *O. hebes* sob condições opostas. Portanto, a ocorrência destas espécies é afetada pela alta salinidade, estando associada a regiões

com maior influência de águas continentais. As oscilações de salinidade e de clorofila-a parecem não ter exercido influência direta no desenvolvimento de *P. quasimodo* durante o período de estudo.

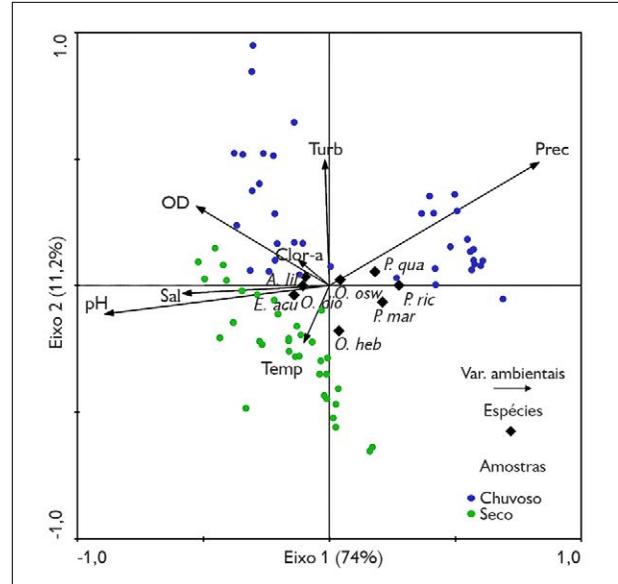


Figura 7. Diagrama de dispersão obtida a partir da Análise de Correspondência Canônica (ACC) durante as estações chuvosa e seca, aplicadas sobre as variáveis ambientais e as espécies dominantes no estuário do Emboraí Velho, no Norte do Brasil. Legenda: Prec = precipitação; Temp = temperatura; Sal = salinidade; Turb = turbidez; OD = oxigênio dissolvido; Clor-a = clorofila-a; *P. ric* = *Pseudodiaptomus richardi*; *P. mar* = *P. marshi*; *O. osw* = *Oithona oswaldocruzi*; *O. heb* = *O. hebes*; *P. qua* = *Paracalanus quasimodo*; *E. acu* = *Euterpina acutifrons*; *O. dio* = *Oikopleura dioica*.

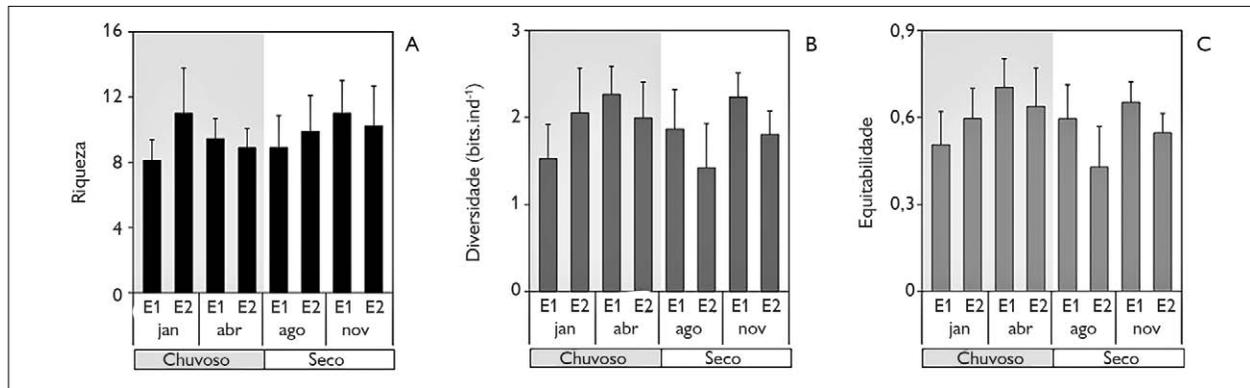


Figura 6. Variações espaciais e temporais médias (+DP) dos índices ecológicos no estuário do Emboraí Velho, no Norte do Brasil, durante o período estudado: A) riqueza; B) diversidade; C) equitabilidade. A área sombreada em cinza-claro representa o período chuvoso. Notar diferenças de escala.

## DISCUSSÃO

A biota aquática de sistemas costeiros, como lagoas, estuários e baías, é afetada por contínuas alterações cíclicas das condições ambientais, tanto temporalmente quanto espacialmente, sendo resultado da influência de processos atmosféricos, descarga fluvial, ciclo das marés e correntes (Elliott & Mclusky, 2002; Andrade *et al.*, 2016; Atique *et al.*, 2016). A comunidade zooplanctônica também é afetada pela variabilidade das condições físicas e químicas, bem como pela entrada de nutrientes oriundos de ecossistemas adjacentes (Waniek, 2003; Magalhães *et al.*, 2015; Andrade *et al.*, 2016).

Ao considerar os estuários amazônicos, tal como o Emboraí, a análise dos dados ambientais e biológicos registrados revelou diferenças espaciais neste sistema, bem como um padrão sazonal e mensal envolvendo mudanças distintas de condições, possivelmente, relacionadas a fatores meteorológicos, morfodinâmicos e morfológicos. De acordo com os resultados de Sousa *et al.* (2013), as variações observadas neste ambiente resultam da ação combinada de diferentes fatores, incluindo mudanças nos padrões das chuvas, reduzida entrada de água doce, extensa área de manguezal e as fortes correntes de marés. Essas condições refletem diretamente nas taxas de recrutamento e na sobrevivência da biota local, facilitando o desenvolvimento e a reprodução de determinados organismos zooplanctônicos, os quais desempenham importante papel de ligação entre os produtores primários e grande parte dos recursos pesqueiros nos sistemas estuarinos (Munk *et al.*, 2003; Kimmel & Roman, 2004; Marques *et al.*, 2007).

Neste ambiente, o mesozooplâncton (classe dimensional compreendida entre 200  $\mu\text{m}$  e 2 mm) esteve caracterizado pela presença de espécies estuarinas, costeiras e oceânicas, com dominância de organismos holoplanctônicos, os quais foram retidos na malha de 200  $\mu\text{m}$ . Entre os organismos identificados, a subclasse Copepoda foi considerada a mais representativa, compondo mais de 70% a comunidade total. Thor &

Dupont (2015) relataram que o sucesso reprodutivo de algumas espécies de copépodos está relacionado à capacidade de adaptação às modificações do meio, ou seja, à capacidade de tolerar oscilações nas características físicas e químicas do ambiente.

Os representantes de outros grupos do mesozooplâncton, como Foraminifera, Cnidaria, Mollusca, Anphipoda, Chaetognatha, Brachyura, Chordata, apresentaram densidades variáveis, mas, juntos, consolidaram uma média de 22,6% da abundância total da comunidade. O mesozooplâncton, excetuando-se os copépodos, apresentou as maiores contribuições relativas em abril e agosto, devido à elevada abundância dos Appendicularia (estação-E1) e de larvas de Brachyura (estação-E2), respectivamente. A maior contribuição relativa deste último grupo, observada no primeiro semestre do ano, está intimamente relacionada ao período de desova, o qual costuma ocorrer nos primeiros meses do ano (Diele, 2000; Koch *et al.*, 2005).

Considerando-se a variabilidade da densidade média registrada no estuário do Emboraí Velho ( $> 34.000 \text{ ind.m}^{-3}$ ), os valores obtidos para o mesozooplâncton estão dentro do intervalo descrito na literatura para outros sistemas costeiros tropicais (Dias & Bonecker, 2008; Duggan *et al.*, 2008; Costa *et al.*, K. 2008; Leite *et al.*, 2016). Segundo Lopes *et al.* (1998) e Magalhães *et al.* (2015), a entrada de águas marinhas nos estuários favorece o aumento dos valores de densidade local, em decorrência do recrutamento adicional de espécies estuarinas-marinhas a partir da região costeira adjacente, contribuindo, assim, para a manutenção dos estoques populacionais de organismos zooplanctônicos.

Entre as espécies numericamente dominantes, os copépodos *Acartia lilljeborgi*, *Peudodiaptomus richardi*, *P. marshi*, *Oithona oswaldocruzi*, *O. hebes*, *Paracalanus quasimodo* e *E. acutifrons* são comumente registrados em estuários e águas costeiras (Lopes *et al.*, 1998; Magalhães *et al.*, 2013, 2015; Andrade *et al.*, 2016; Atique *et al.*, 2016; Costa, K. *et al.*, 2018), sendo o mesmo observado

para espécies como *O. dioica*, a qual é comumente referida para estuários amazônicos (Costa, K. *et al.*, 2008; Leite *et al.*, 2016).

Segundo o sistema de classificação de águas de Veneza (Venice System, 1958), o gradiente espacial de salinidade no estuário do Emboráí Velho variou de mesohalino a euhalino. Nesta região, as reduções dos níveis de precipitação no período menos chuvoso proporcionaram a entrada das águas marinhas e os picos de salinidade de até 32,8 (novembro, estação-E1), sendo o oposto observado durante o período chuvoso. Estes padrões contrastantes ilustram como a estrutura do gradiente de salinidade varia com o influxo de águas menos salinas e está, portanto, fortemente ligado à variabilidade da precipitação; em menor escala, varia em razão da drenagem continental, como previamente sugeriram Sousa *et al.* (2013) em relação ao ambiente de estudo.

Considerando uma área com características similares, Andrade *et al.* (2016) descreveram um padrão temporal semelhante relacionado aos períodos de maior e menor contribuição das águas pluviais. Estes autores observaram oscilações de salinidade de até 31 entre os meses chuvosos e secos. Dessa forma, no ambiente em estudo, a diversidade e a densidade do mesozooplâncton, e em especial dos copépodos, demonstraram oscilações, em decorrência das flutuações de salinidade, sugerindo que as diferentes espécies passam por estresses osmóticos em alguns períodos do ano. Logo, o gasto energético em atividades de osmorregulação afetaria a reprodução e, conseqüentemente, seria o principal responsável pela sucessão observada no estuário em estudo. Resultados similares foram obtidos por Andrade *et al.* (2016), em estudos realizados no estuário do Taperaçu, o que indica que as variações de salinidade realmente constituem um fator de grande relevância na dinâmica do zooplâncton em estuários amazônicos.

A biomassa fitoplanctônica, em termos de concentração de clorofila-a, apresentou padrão oposto ao observado para a salinidade, uma vez que atingiu

valores mais elevados no período chuvoso, em particular no setor superior, sugerindo que as águas de menor salinidade estão sustentando a produção primária com nutrientes oriundos de fontes próximas à área de coleta. De acordo com Pereira *et al.* (2010) e Matos *et al.* (2011), as condições ótimas para o florescimento do fitoplâncton ocorrem em períodos de maior pluviosidade, já que o ambiente é enriquecido com nutrientes provenientes da lixiviação (Sassi & Kutner, 1982; Pereira *et al.*, 2013) e pela lavagem dos manguezais pelas marés (Wolff *et al.*, 2000; Murolo *et al.*, 2006). Não obstante, a elevada energia hidrodinâmica, associada à baixa profundidade do estuário (média: 5 m), pode ter contribuído para a ressuspensão de organismos do microfítobentos, aumentando ainda mais as concentrações de clorofila-a durante este período. Padrão similar foi registrado para outros sistemas costeiros amazônicos onde predominaram condições de elevado hidrodinamismo (Pardal *et al.*, 2011; Pereira *et al.*, 2012a; Andrade *et al.*, 2016), o que demonstra a importância das marés (macromarés) para os processos de ressuspensão de nutrientes dissolvidos e de organismos fitobentônicos (interface sedimento-água) para a coluna d'água (Costa, V. *et al.* 2011; Matos *et al.*, 2011, 2016).

As concentrações de clorofila-a apresentaram correlação direta com o OD, indicando atividade biológica por parte dos organismos fitoplanctônicos, através do processo de fotossíntese (Santos *et al.*, 2008; Pereira *et al.*, 2012b), sendo este, possivelmente, o responsável pelo pico observado nos valores de OD, no período chuvoso, no setor superior (estação E1). Durante o período seco, foi observado outro pico nas concentrações de OD (estação E2), o qual pode estar relacionado a uma maior intensidade dos ventos e à forte hidrodinâmica local, favorecendo as trocas gasosas na interface água-ar, aumentando, assim, a disponibilidade do oxigênio dissolvido na zona subsuperficial da coluna d'água.

Durante o período de estudo, o estuário do Emboráí esteve caracterizado por elevados valores de turbidez, os

quais são influenciados, principalmente, pela drenagem das áreas de manguezais e pelos processos de ressuspensão, transporte e realocação de grandes quantidades de sedimento, características típicas de ambientes da costa amazônica (Pereira *et al.*, 2010; Pamplona *et al.*, 2013; Andrade *et al.*, 2016; Costa, K. *et al.*, 2018). Este padrão é decorrente, em parte, das grandes áreas de manguezais que circundam o estuário, as quais desempenham um importante papel como exportadoras de matéria orgânica para este ecossistema, contribuindo, desta forma, para o aumento da produtividade primária e, conseqüentemente, da densidade de diferentes espécies de copépodos, em especial os herbívoros, tais como *Pseudodiaptomus richardi*, *P. marshi* e *Paracalanus quasimodo* (Palma *et al.*, 2013; Magalhães *et al.*, 2015; Andrade *et al.*, 2016; Atique *et al.*, 2016). Embora correlações diretas entre as densidades destas espécies e as concentrações de clorofila-a não tenham sido observadas, o fator alimentação pode ter também contribuído para o desenvolvimento das mesmas, já que possuem como um dos principais itens de sua dieta o fitoplâncton, o qual apresentou maiores valores de biomassa (clorofila-a) no primeiro semestre de estudo, período no qual foram registrados elevados valores de densidade para estas espécies.

No ecossistema em estudo, *Acartia lilljeborgi* apresentou elevadas densidades médias ( $> 2.700 \text{ ind.m}^{-3}$ ) e abundância relativa (52,33%) quando comparada às demais espécies dominantes. Ela apresentou as maiores e menores contribuições registradas nos períodos seco e chuvoso, nos setores superior e médio, respectivamente, o que demonstra a importância das oscilações de salinidade sobre sua dinâmica populacional. Os resultados obtidos por meio da análise do coeficiente de correlação de Spearman demonstraram uma correlação positiva e significativa ( $r_s = 0,33$ ;  $p < 0,05$ ) entre a densidade de *A. lilljeborgi* e a salinidade, indicando a preferência desta espécie por águas mais salinas. Portanto, pode-se assumir que o potencial reprodutivo de *A. lilljeborgi* foi, possivelmente, afetado durante a estação chuvosa, quando as condições

ótimas de salinidade para a produção e a eclosão de ovos podem ter sido afetadas. Estes resultados corroboram as observações realizadas por Ara (2001), no sistema estuarino de Cananeia, em São Paulo. Através de seus estudos, este autor verificou que as variações diárias e sazonais na densidade de *A. lilljeborgi* são dependentes da salinidade, e que nos períodos de menor densidade, associados às baixas salinidades ( $< 17$ ), a população de *A. lilljeborgi* não foi capaz de recuperar-se rapidamente através da produção de ovos. De modo geral, a dominância de *A. lilljeborgi* pode também estar relacionada às elevadas concentrações de matéria orgânica proveniente dos manguezais adjacentes sob a forma de detritos, a qual fornece importante suprimento de energia para estes organismos. Schwamborn *et al.* (2001), utilizando marcadores isotópicos e experimentos de *grazing*, relataram uma assimilação entre 13 a 40% do carbono orgânico oriundo do manguezal por parte de *A. lilljeborgi*.

Os copépodos *Pseudodiaptomus richardi* e *P. marshi* apresentaram uma correlação negativa com a salinidade, exibindo preferências por ambientes oligo-mesohalinos, como observado em trabalhos realizados anteriormente na costa amazônica (Magalhães *et al.*, 2010, 2011; Costa, K. *et al.*, 2013). No presente estudo, foi observado um pico na densidade de *P. richardi* na presença de águas mesohalinas e de elevada biomassa fitoplanctônica (setor superior-E1, estação chuvosa). Este padrão esteve associado à presença de condições ótimas de salinidade ( $\sim 15$ ) e à elevada disponibilidade de alimento, propiciando, assim, a produção de ovos e o desenvolvimento de formas juvenis e adultas (Magalhães *et al.*, 2006; Sterza & Fernandes, 2006; Kaminski *et al.*, 2014).

*Pseudodiaptomus marshi* não apresentou padrões claros de distribuição espacial e temporal, evidenciando picos tanto no período chuvoso quanto no período seco. A presença desta espécie denota que estes organismos são bem adaptados às oscilações de salinidade, observadas neste ambiente. Além disso, o pico verificado no mês de novembro pode estar relacionado ao aumento anômalo no volume de chuvas (89% mais elevado do que a média

histórica), que propiciou condições ótimas para a postura de ovos. Padrão similar foi observado para *Paracalanus quasimodo*, pois esta espécie exibiu valores elevados em meses de ambos os períodos sazonais (seco e chuvoso). Normalmente, esta espécie é mais abundante em águas de elevada salinidade, dominadas por marés (Lopes *et al.*, 1998; Andrade *et al.*, 2016), sendo sua ocorrência dependente do recrutamento de zonas costeiras adjacentes. Dessa forma, a sua presença na área de estudo esteve possivelmente associada à forte ação das marés (principalmente da maré enchente), em massas de água nas quais a salinidade manteve-se dentro da faixa de tolerância osmorregulatória para esta espécie.

O 'status' eurihalino de *Oithona oswaldocruzi* foi evidente durante o presente estudo, uma vez que ocorreu em mais de 70% das amostras analisadas. Esta espécie é frequentemente descrita em áreas de manguezais neotropicais (Rocha, 1986), estando bem adaptada a grandes variações de salinidade (Bradford-Grieve *et al.*, 1999). As maiores densidades de *O. oswaldocruzi* foram registradas em agosto, quando predominou o regime mesohalino, demonstrando sua preferência por ambientes mais salinos, como indicado por diversos autores (Neumann-Leitão *et al.*, 1999; Costa, R. *et al.*, 2011b; Pinheiro *et al.*, 2013; Magalhães *et al.*, 2015). *O. hebes*, por sua vez, apresentou densidades mais elevadas durante o período seco, particularmente no setor mais interno (E1), evidenciando uma correlação negativa com a salinidade. Estudos anteriores relatam a ocorrência desta espécie nas porções mais internas de regiões costeiras, podendo, desta forma, ser caracterizada como indicadora de áreas oligo-mesohalinas (Mckinnon & Klumpp, 1998; Sterza & Fernandes, 2006; Palma *et al.*, 2013).

*Euterpina acutifrons* é uma espécie de águas neríticas (Villate, 1997), sendo frequentemente registrada em ambientes com elevadas concentrações de material em suspensão (Sautour & Castel, 1993). Em seus estudos, Lopes *et al.* (1998) e Andrade *et al.* (2016) observaram elevadas densidades desta espécie nas áreas

mesohalinas e polihalinas do estuário, corroborando os resultados deste estudo, no qual observou-se também correlação positiva e significativa entre as densidades desta espécie e a salinidade, o que sugere que seus estoques populacionais provenham do recrutamento a partir da região costeira adjacente.

Devido à sua elevada taxa de fecundidade e de crescimento, aliada à capacidade de produzir quantidades significativas de matéria orgânica, representada pelas casas descartadas e pelotas fecais, *Oikopleura dioica* pode ser considerada uma espécie fundamental no fluxo de energia para os níveis superiores das redes tróficas aquáticas costeiras (Gorsky & Fenaux, 1998). Neste estudo, a ocorrência de *O. dioica* em todo o período amostral pode estar relacionada ao pequeno fluxo fluvial observado na área, proporcionando condições apropriadas para a postura de ovos e para o desenvolvimento dos estágios juvenis e adultos (Spinelli *et al.*, 2013), uma vez que esta espécie apresenta alta afinidade por ambientes euhalinos de natureza marinha (Costa, K. *et al.*, 2008). Por essa espécie ser notadamente onívora (Gorsky *et al.*, 2005), a biomassa fitoplanctônica não é um fator limitante para seu desenvolvimento. Por outro lado, a alta concentração de matéria orgânica em suspensão (elevada turbidez; *i.e.*, pico-nanoplâncton, diatomáceas, bactérias e detritos) representa uma fonte importante de alimento para estes organismos, uma vez que são filtradores.

A diversidade e a riqueza observadas no estuário do Emboraí foram relativamente menores do que as observadas no estuário do rio Curuçá (Magalhães *et al.*, 2009; Costa, R. *et al.*, 2011a), no estuário do Taperaçu (Magalhães *et al.*, 2015; Andrade *et al.*, 2016) e no estuário do rio Caeté (Costa, R. *et al.*, 2011b), os quais encontram-se na região costeira amazônica. Os baixos valores destes índices, verificados no presente estudo, podem ter sido decorrentes da pequena influência fluvial ao longo do ano, o que explicaria a ausência de um padrão sazonal para estas variáveis e para a equitabilidade. O menor valor médio de diversidade foi registrado em agosto (setor médio, E2),

semelhante ao que se observou para equitabilidade. Situação contrária foi evidenciada em abril (setor superior, E1), onde diversidade e equitabilidade apresentaram os maiores valores para todo o período estudado. Segundo Omori & Ikeda (1984), a diversidade do zooplâncton diminui quando a comunidade é dominada por uma ou poucas espécies, quando indivíduos raros são substituídos por indivíduos de espécies mais comuns ou quando uma ou poucas espécies se reproduzem rapidamente, *i.e.* situações que refletem também uma baixa condição de equitabilidade no ecossistema.

Os resultados da ACC evidenciaram a separação das amostras em dois períodos sazonais, em virtude das mudanças mensais no balanço da densidade entre as principais espécies do mesozooplâncton, definidas, primariamente, pela interação entre os níveis de precipitação e salinidade e, em menor escala, pelas concentrações de clorofila-a. Esta análise confirmou a dominância de espécies oligo-mesohalinas (*Pseudodiaptomus richardi*, *P. marshi*, *Oithona oswaldocruzi* e *O. hebes*) durante a estação chuvosa, em contraste com a predominância de espécies estuarino-marinhas (*A. lilljeborgi*, *E. acutifrons* e *O. dioica*) durante a estação seca. O copépodo *P. quasimodo* é uma espécie onívora (Eskinazi-Sant'anna & Björnberg, 2000), o que poderia explicar os elevados valores de densidade no período chuvoso, quando a disponibilidade de material orgânico em suspensão foi maior (como indicado pelos valores de turbidez), muito embora, neste período, tenha sido observada uma redução da salinidade. Saiz & Alcaraz (1991) relataram que mudanças no tamanho, na quantidade e na qualidade da matéria orgânica particulada, aliada à turbulência, em pequena escala, podem afetar indiretamente a atividade dos copepoditos do gênero *Paracalanus*, interferindo, assim, em sua abundância e distribuição. Logo, o efeito das marés, que transportam os espécimes para o interior do estuário, associado à disponibilidade de alimento, poderia ser considerado como o principal responsável pelos elevados valores de densidade obtidos para estes organismos durante o presente estudo, mesmo

em momentos nos quais a salinidade não se encontrava dentro dos limites ótimos para a espécie.

Segundo Magalhães *et al.* (2015), as flutuações da salinidade representam papel fundamental na estrutura da comunidade zooplanctônica, especialmente quando a salinidade excede os níveis tolerados pelas diferentes espécies e interfere em seus processos osmorregulatórios, levando a alterações em seu potencial reprodutivo e, em última análise, a uma diminuição no tamanho da população. No ambiente estudado, esta variável demonstrou, uma vez mais, exercer papel determinante na dinâmica da comunidade zooplanctônica de estuários amazônicos, já que, devido às pequenas oscilações de temperatura e à elevada disponibilidade de alimentos (algas, bactérias, pequenos animais e, ocasionalmente, detritos) observadas nesses ecossistemas, estas últimas não constituem fatores limitantes para o desenvolvimento destes organismos, como ocorre em regiões temperadas e oligotróficas, respectivamente.

## CONCLUSÃO

O mesozooplâncton do estuário do Emborai Velho pode ser considerado como característico de regiões estuarinas dominadas por manguezais, com predominância de espécies de copépodos do gênero Calanoida. As flutuações espaciais e temporais observadas na densidade e diversidade destes organismos estiveram diretamente relacionadas ao efeito interativo da climatologia e da hidrologia local, sendo influenciados principalmente pela precipitação, pela salinidade e pelos ciclos de maré. Além destes fatores, a predação, a mortalidade natural e a migração vertical podem também ter influenciado a dinâmica populacional dos copépodos, embora tais fatores pareçam ter papel secundário no processo de sucessão destes organismos ao longo da área estudada. O ecossistema estudado pode ser considerado dinâmico e produtivo, em decorrência da forte hidrodinâmica local e da lavagem de áreas de manguezais adjacentes. Tais características contribuem para disponibilização de

nutrientes dissolvidos em suas águas e consequente desenvolvimento do fitoplâncton (alimento), sugerindo que a disponibilidade de alimento não constitui um fator limitante para a comunidade mesozooplancônica local.

## AGRADECIMENTOS

Este estudo foi financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (#425872/2016-5) e pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Os autores Costa, R. M. e Pereira, L. C. C. agradecem ao CNPq pelas bolsas de pesquisa (#311782/2017-5 e #309491/2018-5, respectivamente). Suporte logístico e financeiro foi também provido pelo Laboratório de Plâncton e Cultivo de Microalgas e Laboratório de Oceanografia Costeira e Estuarina, da Universidade Federal do Pará/Instituto de Estudos Costeiros.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M. P., A. MAGALHÃES, L. C. C. PEREIRA, M. J. FLORES-MONTES, E. C. PARDAL, T. P. ANDRADE & R. M. COSTA, 2016. Effects of a La Niña event on hydrological patterns and copepod community structure in a shallow tropical estuary (Taperaçu, Northern Brazil). *Journal of Marine Systems* 164: 128-143. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2016.07.006>.
- ARA, K., 2001. Daily egg production rate of the planktonic calanoid copepod *Acartia lilljeborgi* Giesbrecht in the Cananéia Lagoon estuarine system, São Paulo, Brazil. *Hydrobiologia* 445(1-3): 205-215. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1017573917281>.
- ATIQUE, P., K. G. COSTA, M. C. MONTEIRO, L. C. C. PEREIRA & R. M. COSTA, 2016. Copepod assemblages in a highly dynamic equatorial estuary on the Brazilian Amazon Coast. *Marine Ecology* 38(1): e12385. DOI: <https://doi.org/10.1111/maec.12385>.
- BARLETTA-BERGAN, A., M. BARLETTA & U. SAINT-PAUL, 2002. Structure and seasonal dynamics of larval fish in the Caeté estuary in North Brazil. *Estuarine, Coast and Shelf Science* 54(2): 193-206. DOI: <https://doi.org/10.1006/ecss.2001.0842>.
- BIANCHI, T. S., 2007. *Biogeochemistry of estuaries*: 1-720. Oxford University Press, New York.
- BJÖRNBERG, T. K. S., 1981. Copepoda. In: D. BOLTOVSKOY (Ed.): *Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino*: 587-679. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Mar del Plata.
- BOLTOVSKOY, D., 1981. *Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajos con el zooplancton marino*: 1-936. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Mar del Plata.
- BRADFORD-GRIEVE, J. M., E. L. MARKHASEVA, C. E. F. ROCHA & B. ABIAHY, 1999. Copepoda. In: D. BOLTOVSKOY (Ed.): *South Atlantic Zooplankton*: 869-1098. Bachyuys, Netherlands.
- CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS/ INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (CPTEC/ INPE), 2018. Disponível em: <https://www.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 20 dezembro 2018.
- COHEN, M. C. L., R. J. LARA, F. J. F. RAMOS & T. DITTMAR, 1999. Factors influencing the variability of Mg, Ca and K in waters of a mangrove creek in Bragança, North Brazil. *Mangroves and Salt Marshes* 3(1): 9-15. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1009923513091>.
- COSTA, K. G., L. C. C. PEREIRA & R. M. COSTA, 2008. Short and long-term temporal variation of the zooplankton in a tropical estuary (Amazon region, Brazil). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais* 3(2): 127-141.
- COSTA, K. G., R. S. C. BESSA, L. C. C. PEREIRA & R. M. COSTA, 2013. Short and medium-term changes of Pseudodiaptomidae copepods in the Amazonian Mangrove Coast: the Paracauari River estuary. *Journal of Coastal Research* 65(2): 1116-1121. DOI: <https://doi.org/10.2112/SI65-189.1>.
- COSTA, K. G., S. S. AZEVEDO, L. C. C. PEREIRA & R. M. COSTA, 2018. Mariabilidade temporal do zooplâncton no sistema estuarino do rio Paracauari (ilha do Marajó, Pará). *Tropical Oceanography* 46(1): 53-69. DOI: <https://doi.org/10.5914/tropocean.v46i1.237250>.
- COSTA, R. M., N. R. LEITE & L. C. C. PEREIRA, 2011a. Mesozooplankton of the Curuçá estuary (Amazon coast, Brazil). *Journal of Coastal Research* 56: 400-404.
- COSTA, R. M., P. ATIQUE, K. G. COSTA & L. C. C. PEREIRA & 2011b. Seasonal and spatial variation in hydrological parameters and microzooplankton communities in an Amazonian estuary. *Journal of Coastal Research* 64: 1477-1481.
- COSTA, V. B., E. B. SOUSA, S. C. C. PINHEIRO, L. C. C. PEREIRA, R. M. COSTA, 2011. Effects of a high energy coastal environment on the structure and dynamics of phytoplankton communities (Brazilian Amazon littoral). *Journal of Coastal Research* 64: 354-358.
- DIAS, C. O. & S. L. C. BONECKER, 2008. Inter-annual variability of planktonic copepods in a Tropical Bay in Southeastern Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 51(4): 731-742. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132008000400011>.
- DIELE, K., 2000. *Life history and population structure of the exploited mangrove crab *Ucides cordatus cordatus* (Linnaeus, 1763) (Decapoda: Brachyura) in the Caeté estuary, North Brazil*. PhD thesis – University of Bremen, Germany.



- DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO (DHN), 2018. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/chm/tabuas-de-mare>. Acesso em: 9 dezembro 2018.
- DITTMAR, T. & R. J. LARA, 2001. Driving forces behind nutrient and organic matter dynamics in a mangrove tidal creek in North Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 52(2): 249-259. DOI: <https://doi.org/10.1006/ecss.2000.0743>.
- DUGGAN, S., A. D. MCKINNON & J. H. CARLETON, 2008. Zooplankton in an Australian tropical estuary. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 31(2): 455-467.
- ELLIOTT, M. & D. S. MCLUSKY, 2002. The need for definitions in understanding estuaries. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 55(6): 815-827. DOI: <https://doi.org/10.1006/ecss.2002.1031>.
- ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M. & T. K. S. BJÖRNBERG, 2000. Conhecimento atual sobre o comportamento alimentar de copépodos Calanoida em ambientes marinhos. **Tropical Oceanography** 28(1): 11-20. DOI: <https://doi.org/10.5914/tropocean.v28i1.2708>.
- GÓMEZ-GUTIÉRREZ, J., R. PALOMARES-GARCÍA, R. SILVA-DÁVILA, M. A. CARBALLIDO-CARRANZA & A. MARTÍNEZ-LÓPEZ, 1999. Copepod daily egg production and growth rates in Bahía Magdalena, México. **Journal of Plankton Research** 21(12): 2227-2244. DOI: <https://doi.org/10.1093/plankt/21.12.2227>.
- GONÇALVES, D. A., S. C. MARQUES, A. L. PRIMO, F. MARTINHO, M. D. B. BORDALO & M. A. PARDAL, 2015. Mesozooplankton biomass and copepod estimated production in a temperate estuary (Mondego estuary): effects of processes operating at different timescales. **Zoological Studies** 54(57): 12. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40555-015-0135-6>.
- GORSKY, G. & R. FENAUX, 1998. The role of Appendicularia in marine food webs. In: Q. BONE (Ed.): **The biology of pelagic tunicates**: 161-169. Oxford University Press, Oxford.
- GORSKY, G., M. J. YOUNGBLUTH & D. DEIBEL, 2005. **Response of marine ecosystems to global change**: ecological impact of Appendicularians: 1-437. Contemporary Publishing International, Paris.
- HAYS, G. C., A. J. RICHARDSON & C. ROBINSON, 2005. Climate change and marine plankton. **Trends in Ecology & Evolution** 20(6): 337-344. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.03.004>.
- HOOFF, R. C. & W. T. PETERSON, 2006. Copepod biodiversity as an indicator of changes in ocean and climate conditions of the northern California current ecosystem. **Limnology and Oceanography** 51(6): 2607-2620. DOI: <https://doi.org/10.4319/lo.2006.51.6.2607>.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET), 2018. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em: 26 junho 2019.
- KAMINSKI, S. M., J. G. F. BERSANO & C. A. FREIRE, 2014. Euryhalinity of the estuarine copepod *Pseudodiaptomus richardi* and its high potential to be employed as live food in aquaculture. **Aquaculture** 424-425: 63-70. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.12.034>.
- KIMMEL, D. G. & M. R. ROMAN, 2004. Long-term trends in mesozooplankton abundance in Chesapeake Bay, USA: influence of freshwater input. **Marine Ecology Progress Series** 267: 71-83. DOI: <https://doi.org/10.3354/meps267071>.
- KOCH, V., M. WOLFF & K. DIELE, 2005. Comparative population dynamics of four fiddler crabs (*Ocypodidae*, genus *Uca*) from a north Brazilian mangrove ecosystem. **Marine Ecology Progress Series** 291: 177-188. DOI: <https://doi.org/10.3354/meps291177>.
- LEANDRO, S. M., P. TISELIUS, S. C. MARQUES, F. AVELELAS, C. A. S. P. CORREIA & H. QUEIROGA, 2014. Copepod production estimated by combining in situ data and specific temperature-dependent somatic growth models. **Hydrobiologia** 741(1): 139-152. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10750-014-1833-5>.
- LEITE, N. R., L. C. C. PEREIRA & R. M. COSTA, 2009. Distribuição temporal do mesozooplâncton no furo Muriá, Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 4(2): 149-164.
- LEITE, N. R., A. MAGALHÃES, L. M. SILVA, T. P. ANDRADE, J. B. MATOS, A. K. COSTA, L. C. C. PEREIRA, M. J. FLORES-MONTES & R. M. COSTA, 2016. Short and medium term variation in the dynamics of the mesozooplankton community of an Amazonian estuary. **Journal of Coastal Research** 75: 218-222. DOI: <https://doi.org/10.2112/SI75-044.1>.
- LOPES, R. M., R. VALE & F. P. BRANDINI, 1998. Composição, abundância e distribuição espacial do zooplâncton no complexo estuarino de Paranaguá durante o inverno de 1993 e o verão de 1994. **Revista Brasileira de Oceanografia** 46(2): 195-211. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-77391998000200008>.
- MACKAS, D. L., R. E. THOMSON & M. GALBRAITH, 2001. Changes in the zooplankton community of the British Columbia continental margin, 1985-1999, and their covariation with oceanographic conditions. **Canadian Journal Fisheries and Aquatic Sciences** 58(4): 685-702. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjfas-58-4-685>.
- MAGALHÃES, A., R. M. COSTA, T. H. LIANG, L. C. C. PEREIRA & M. J. S. RIBEIRO, 2006. Spatial and temporal distribution in density and biomass of two *Pseudodiaptomus* species (Copepoda: Calanoida) in the Caeté River Estuary (Amazon region - North of Brazil). **Brazilian Journal of Biology** 66(2): 421-430. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842006000300006>.
- MAGALHÃES, A., N. R. LEITE, J. G. S. SILVA, L. C. C. PEREIRA & R. M. COSTA, 2009. Seasonal variation in the copepod community structure from a tropical Amazon estuary, Northern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 81(2): 187-197. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0001-37652009000200005>.



- MAGALHÃES, A., L. C. C. PEREIRA, M. J. S. RIBEIRO, T. H. LIANG & R. M. COSTA, 2010. Populational dynamics of *Pseudodiaptomus marshi* (Crustacea: Copepoda) in the Caeté Estuary (Brazil). **Tropical Oceanography** 38(2): 165-174. DOI: <https://doi.org/10.5914/tropocean.v38i2.5169>.
- MAGALHÃES, A., D. S. B. NOBRE, R. S. C. BESSA, L. C. C. PEREIRA & R. M. COSTA, 2011. Seasonal and short-term variations in the copepod community of a shallow Amazon estuary (Taperaçu, northern Brazil). **Journal of Coastal Research** 64: 1520-1524.
- MAGALHÃES, A., D. S. B. NOBRE, R. S. C. BESSA, L. C. C. PEREIRA & R. M. COSTA, 2013. Diel variation in the productivity of *Acartia liljeborgii* and *Acartia tonsa* (Copepoda: Calanoida) in a tropical estuary (Taperaçu, Northern Brazil). **Journal of Coastal Research** 65(2): 1164-1169. DOI: <https://doi.org/10.2112/SI65-197.1>.
- MAGALHÃES, A., L. C. C. PEREIRA & R. M. COSTA, 2015. Relationships between copepod community structure, rainfall regimes, and hydrological variables in a tropical mangrove estuary (Amazon coast, Brazil). **Helgoland Marine Research** 69(1): 123-136. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10152-014-0421-4>.
- MARQUES, S. C., M. A. PARDAL, M. J. PEREIRA, F. GONÇALVES, J. C. MARQUES & U. M. AZEITEIRO, 2007. Zooplankton distribution and dynamics in a temperate shallow estuary. **Hydrobiologia** 587: 213-223.
- MATOS, J. B., D. K. L. SODRÉ, K. G. COSTA, L. C. C. PEREIRA & R. M. COSTA, 2011. Spatial and temporal variation in the composition and biomass of phytoplankton in an Amazonian estuary. **Journal of Coastal Research** 64: 1525-1529.
- MATOS, J. B., N. I. S. SILVA, L. C. C. PEREIRA & R. M. COSTA, 2012. Caracterização quali-quantitativa do fitoplâncton da zona de arrebenção de uma praia amazônica. **Acta Botanica Brasílica** 26(4): 979-990. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062012000400028>.
- MATOS, J. B., S. M. O. OLIVEIRA, L. C. C. PEREIRA & R. M. COSTA, 2016. Structure and temporal variation of the phytoplankton of a macrotidal beach from the Amazon coastal zone. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 88(3): 1325-1339. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201620150688>.
- MCKINNON, A. D. & D. W. KLUMPP, 1998. Mangrove zooplankton of North Queensland, Australia: II. Copepod egg production and diet. **Hydrobiologia** 362(1-3): 145-160. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1003138718716>.
- MIRANDA, L. B., B. M. CASTRO & B. KJERFEVE, 2002. **Princípios da oceanografia física de estuários**: 1-441. EDUSP, São Paulo.
- MUNK, P., B. W. HANSEN, T. G. NIELSEN & H. A. THOMSEN, 2003. Changes in plankton and fish larvae communities across hydrographic fronts off West Greenland. **Journal of Plankton Research** 25(7): 815-830. DOI: <https://doi.org/10.1093/plankt/25.7.815>.
- MUROLO, P. P. A., P. V. V. C. CARVALHO, M. L. B. CARVALHO, L. P. SOUZA-SANTOS & P. J. P. SANTOS, 2006. Spatio-temporal variations of microphytobenthos in the Botafogo and Siri estuaries (Northeast - Brazil). **Brazilian Journal of Oceanography** 54(1): 19-30. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-87592006000100002>.
- NEUMANN-LEITÃO, S., L. M. O. GUSMÃO, T. A. SILVA, D. A. NASCIMENTO-VIEIRA & A. P. SILVA, 1999. Mesozooplankton biomass and diversity in coastal and oceanic waters off North-Eastern Brazil. **Archives of Fisheries and Marine Research** 47(2): 153-165.
- NEWELL, G. E. & R. C. NEWELL, 1966. **Marine plankton a practical guide**: 1-221. Educat. Ltd, London, Hutchinson.
- NITTROUER, C. A. & D. J. DEMASTER, 1986. Sedimentary process on the Amazon continental shelf: past, present and future research. **Continental Shelf Research** 6(1-2): 5-30. DOI: [https://doi.org/10.1016/0278-4343\(86\)90051-8](https://doi.org/10.1016/0278-4343(86)90051-8).
- OMORI, M. & T. IKEDA, 1984. **Methods in marine zooplankton ecology**: 1-332. John Wiley and Sons, New York.
- PALMA, M. B., K. G. COSTA, A. MAGALHÃES, J. FLORES MONTES, L. C. C. PEREIRA & R. M. COSTA, 2013. Zooplankton spatial and temporal distribution in an equatorial estuary (Amazon littoral, Brazil). **Journal of Coastal Research** 65(sp2): 1182-1187. DOI: <https://doi.org/10.2112/SI65-200.1>.
- PAMPLONA, F. C., E. T. PAES & A. NEPOMUCENO, 2013. Nutrient fluctuations in the Quatipuru River: a macrotidal estuarine mangrove system in the Brazilian Amazonian basin. **Estuarine, Coastal Shelf Science** 133: 273-284. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2013.09.010>.
- PARDAL, E. C., L. C. C. PEREIRA, D. O. GUIMARÃES, S. M. O. OLIVEIRA, W. N. TRINDADE & R. M. COSTA, 2011. Influence of oceanographic conditions on the spatial and temporal distribution of chlorophyll-a in the coastal waters of the Brazilian Amazon region (São Luís-MA). **Journal of Coastal Research** 64: 421-424.
- PARSONS, T. R. & J. D. H. STRICKLAND, 1963. Discussion of spectrophotometric determination of marine plankton pigments with revised equations of ascertaining chlorophyll a and carotenoids. **Journal of Marine Research** 21(3): 155-163.
- PEREIRA, L. C. C., J. A. DIAS, J. A. CARMO & M. POLETTE, 2009. A Zona Costeira Amazônica Brasileira. **Journal of Integrated Coastal Zone Management** 9: 3-7. DOI: <https://doi.org/10.5894/rgci172>.
- PEREIRA, L. C. C., J. M. N. MONTEIRO, D. O. GUIMARÃES, J. B. MATOS & R. M. COSTA, 2010. Seasonal effects of wastewater to the water quality of the Caeté River estuary, Brazilian Amazon. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 82(2): 467-478. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0001-37652010000200022>.

- PEREIRA, L. C. C., N. I. S. SILVA, R. M. COSTA, N. E. ASP, K. G. COSTA & A. VILA-CONCEJO, 2012a. Seasonal changes in oceanographic processes at an equatorial macrotidal beach in northern Brazil. **Continental Shelf Research** 43: 95-106. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.csr.2012.05.003>.
- PEREIRA, L. C. C., K. S. T. PINTO, K. G. COSTA, A. VILA-CONCEJO & R. M. COSTA, 2012b. Oceanographic conditions and human factors on the water quality at an Amazon macrotidal beach. **Journal of Coastal Research** 28(6): 1627-1637. DOI: <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-11-00032.1>.
- PEREIRA, L. C. C., S. M. O. OLIVEIRA, R. M. COSTA, K. G. COSTA & A. VILA-CONCEJO, 2013. What happens on an equatorial beach on the Amazon coast when La Niña occurs during the rainy season? **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 135: 116-127. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2013.07.017>.
- PERISSINOTTO, R., C. NOZAS, I. KIBIRIGE & A. ANANDRAJ, 2003. Planktonic food webs and benthic-pelagic coupling in three South African temporarily-open estuaries. **Acta Oecologica** 24: S307-S316. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1146-609X\(03\)00028-6](https://doi.org/10.1016/S1146-609X(03)00028-6).
- PIELOU, E. C., 1977. **Mathematical ecology**: 1-385. Wiley, New York.
- PINHEIRO, S. C. C., A. MAGALHÃES, V. B. COSTA, L. C. C. PEREIRA & R. M. COSTA, 2013. Temporal variation of zooplankton on a tropical Amazonian beach. **Journal of Coastal Research** 65: 1838-1843. DOI: <https://doi.org/10.2112/S165-311.1>.
- RESGALLA JR., C., 2011. The holoplankton of the Santa Catarina coast, southern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 83(2): 575-588. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0001-37652011000200017>.
- RICHARDSON, A. J., 2008. In hot water: zooplankton and climate change. **ICES Journal of Marine Science** 65(3): 279-295. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/icesjms/fsn028>.
- ROCHA, C. E. F., 1986. Copepods of the Genus *Oithona* Baird, 1843 from mangrove areas of Central and South America. **Hydrobiologia** 135(1-2): 95-107. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00006462>.
- ROSAFILHO, J. S., D. V. BUSMAN, A. P. VIANA, A. M. S. GREGORIO & D. M. OLIVEIRA, 2006. Macrofauna bentônica de zonas entre-marés não vegetada do estuário do rio Caeté, Bragança, Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 1(3): 85-96.
- SAIZ, E. & M. ALCARAZ, 1991. Effects of small-scale turbulence on development time and growth of *Acartia grani* (Copepoda: Calanoida). **Journal of Plankton Research** 13(4): 873-883. DOI: <https://doi.org/10.1093/plankt/13.4.873>.
- SANTOS, M. L. S., C. MEDEIROS, K. MUNIZ, F. A. N. FEITOSA, R. SCHWAMBORN & S. J. MACÊDO, 2008. Influence of the Amazon and Pará rivers on water composition and phytoplankton biomass on the adjacent shelf. **Journal of Coastal Research** 24(3): 585-593. DOI: <https://doi.org/10.2112/05-0538.1>.
- SASSI, R. & M. B. B. KUTNER, 1982. Variação sazonal do fitoplâncton da região de Saco Ribeira (lat. 23°30' S, long. 45°07'W), Ubatuba, Brasil. **Boletim do Instituto Oceanográfico** 31(2): 29-42. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1679-87591982000200005>.
- SAUTOUR, B. & J. CASTEL, 1993. Feeding behaviour of the coastal copepod *Euterpina acutifrons* on small particles. **Cahiers de Biologie Marine** 34(2): 239-251.
- SCHWAMBORN, R., S. NEUMANN-LEITÃO, T. A. E. SILVA, A. P. SILVA, W. EKAU & U. SAINT-PAUL, 2001. Distribution and dispersal of decapod crustacean larvae and other zooplankton in the Itamaracá Estuarine System, Brazil. **Tropical Oceanography** 29(1): 1-18. DOI: <https://doi.org/10.5914/tropocean.v29i1.2834>.
- SHANNON, C. E. A., 1948. Mathematical theory of communication. **Bell System Technical Journal** 27(3): 379-423. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>.
- SILVA, R. F., J. S. ROSA FILHO, S. R. SOUZA & P. W. SOUZA-FILHO, 2011. Spatial and temporal changes in the structure of soft-bottom benthic communities in an Amazon estuary (Caeté estuary, Brazil). **Journal of Coastal Research** 64: 440-444.
- SOUZA, J. A., K. N. CUNHA & Z. M. P. NUNES, 2013. Influence of seasonal factors on the quality of a tidal creek on the Amazon coast of Brazil. **Journal of Coastal Research** 65: 129-134. DOI: <https://doi.org/10.2112/S165-023.1>.
- SPINELLI, M., R. GUERRERO, M. PAJARO & F. CAPITANIO, 2013. Distribution of *Oikopleura dioica* (Tunicata, Appendicularia) associated with a coastal frontal system (39°-41° A) of the SW Atlantic Ocean in the spawning area of *Engraulis anchoita* anchovy. **Brazilian Journal Oceanography** 61(2): 141-148. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-87592013000200006>.
- STERZA, J. M. & L. L. FERNANDES, 2006. Zooplankton community of the Vitória Bay estuarine system (Southeastern Brazil). Characterization during a three-year study. **Brazilian Journal Oceanography** 54(2-3): 95-105. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-87592006000200001>.
- STRICKLAND, J. D. H. & T. R. A. PARSONS, 1972. **Practical handbook of seawater analysis**: 2. ed.: 1-211. Fisheries Research Board of Canada (Bulletin 167), Ottawa.
- TER BRAAK, C. J. F. & P. SMILAUER, 2002. **CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide**: software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Biometris, Wageningen.
- THOR, P. & S. DUPONT, 2015. Transgenerational effects alleviate severe fecundity loss during ocean acidification in a ubiquitous planktonic copepod. **Global Change Biology** 21(6): 2261-2271. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.12815>.
- TRÉGOUBOFF, G. & M. ROSE, 1957. **Manuel de planctonologie méditerranéenne**. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris.



UNDERWOOD, A. J., 1997. **Experiments in ecology**: their logical design and interpretation using analysis of variance: 1-495. Cambridge University Press, Cambridge.

VENICE SYSTEM, 1958. Symposium on the Classification of Brackish Waters, Venice, April 8-14, 1958. **Archives Oceanography and Limnology** 11: 1-248.

VILLATE, F., 1997. Tidal influence on zonation and occurrence of resident and temporary zooplankton in a shallow system (Estuary of Mundaka, Bay of Biscay). **Scientia Marina** 61(2): 173-188.

WANIEK, J. J., 2003. The role of physical forcing in initiation of spring blooms in the Northeast Atlantic. **Journal of Marine Systems** 39(1-2): 57-82. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0924-7963\(02\)00248-8](https://doi.org/10.1016/S0924-7963(02)00248-8).

WOLFF, M., V. KOCH & V. ISAAC, 2000. A trophic flow model of the Caeté Mangrove Estuary (North Brazil) with considerations and for the sustainable use of its resources. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 50(6): 789-803. DOI: <https://doi.org/10.1006/ecss.2000.0611>.

WORLD REGISTER OF MARINE SPECIES (WORMS), 2018. Disponível em: <http://www.marinespecies.org/>. Acesso em: 26 junho 2019.

ZAR, J. H., 1999. **Bioestatistical analysis**: 1-750. Prentice Hall, New Jersey.

**Apêndice.** Lista dos táxons mesozooplânctônicos identificados no estuário do Emborai Velho, no Norte do Brasil, com valores de densidade média ( $\pm$  DP) e frequência de ocorrência (FO) obtidos nas estações chuvosa e seca durante o período do estudo. Legendas: + = subclasse destacada por sua grande representatividade; NI\* = copépodos não identificados; C = costeiros; E = estuarinos; N = neríticos; O = oceânicos, de acordo com Björnberg (1981); Bradford-Grieve *et al.* (1999). Frequência de ocorrência (FO) nas 72 amostras analisadas.

(Continua)

Táxons	Estação chuvosa	FO	Estação seca	FO	Anual	FO
	ind.m <sup>-3</sup> $\pm$ DP	%	ind.m <sup>-3</sup> $\pm$ DP	%	ind.m <sup>-3</sup> $\pm$ DP	%
<b>FORAMINIFERA</b>	0,34 $\pm$ 0,71	33,33	0,39 $\pm$ 1,23	19,44	0,37 $\pm$ 1,00	26,39
<b>CNIDARIA</b>						
HYDROZOA						
HYDROIDOLINA						
ANTHOMEDUSAE	22,29 $\pm$ 31,99	91,67	29,44 $\pm$ 86,72	83,33	25,87 $\pm$ 65,00	87,50
<b>ANNELIDA</b>						
POLYCHAETA (larva)	5,35 $\pm$ 12,97	86,12	0,83 $\pm$ 1,19	47,2	10,24 $\pm$ 29,66	80,56
<b>MOLLUSCA</b>						
BIVALVIA (larva)	8,17 $\pm$ 23,85	83,33	25,41 $\pm$ 70,86	86,11	16,79 $\pm$ 53,21	84,72
GASTROPODA (larva)	14,01 $\pm$ 24,51	77,78	12,99 $\pm$ 45,13	75,00	13,49 $\pm$ 36,06	76,39
<b>ARTHROPODA</b>						
CRUSTACEA						
OLIGOSTRACA						
OSTRACODA	0,15 $\pm$ 0,54	8,33	0,00 $\pm$ 0,00	0,00	0,07 $\pm$ 0,39	4,17
BRANCHIOPODA						
CLADOCERA						
<i>Diaphanosoma</i> sp.	0,01 $\pm$ 0,07	2,78	0,00 $\pm$ 0,00	0	0,01 $\pm$ 0,05	1,39
MALACOSTRACA	0,57 $\pm$ 1,54	44,44	3,02 $\pm$ 16,82	33,33	1,80 $\pm$ 11,92	38,89
EUMALACOSTRACA						
AMPHIPODA	1,76 $\pm$ 6,45	25,00	2,92 $\pm$ 16,83	19,44	2,34 $\pm$ 12,67	22,22
MYSIDACEA	0,01 $\pm$ 0,03	2,78	0,00 $\pm$ 0,00	0,00	0,01 $\pm$ 0,02	1,39
ISOPODA	1,19 $\pm$ 2,74	44,44	0,64 $\pm$ 1,27	27,78	0,92 $\pm$ 2,24	36,11
DECAPODA	0,08 $\pm$ 0,31	8,33	0,00 $\pm$ 0,00	0,00	0,04 $\pm$ 0,22	4,17
BRACHYURA (zoea)	222,89 $\pm$ 490,63	88,89	23,42 $\pm$ 37,20	58,33	123,15 $\pm$ 359,77	87,50
BRACHYURA (megalopa)	2,87 $\pm$ 3,91	63,89	1,99 $\pm$ 4,62	38,89	2,43 $\pm$ 4,27	51,39
PAGURIDAE (zoea)	1,33 $\pm$ 3,51	33,33	0,83 $\pm$ 1,19	47,22	1,08 $\pm$ 2,61	40,28
PORCELLANIDAE (zoea)	0,03 $\pm$ 0,20	2,78	0,40 $\pm$ 1,03	25,00	0,22 $\pm$ 0,76	13,89
LUCIFERIDAE						
<i>Belzebub faxoni</i> (Borradaile, 1915)	0,01 $\pm$ 0,01	2,78	0,00 $\pm$ 0,00	0,00	0,01 $\pm$ 0,01	1,39
HEXANAUPLIA						
CIRRIPEDIA (náuplio)	29,58 $\pm$ 99,56	86,11	11,77 $\pm$ 27,06	63,89	20,68 $\pm$ 72,99	75,00
CIRRIPEDIA (cyprus)	1,38 $\pm$ 6,61	11,11	6,14 $\pm$ 21,69	63,89	3,76 $\pm$ 16,10	38,89
<b>COPEPODA</b> <sup>+</sup>						



Apêndice.

(Continua)

Táxons	Estação chuvosa	FO	Estação seca	FO	Anual	FO
	ind.m <sup>-3</sup> ± DP	%	ind.m <sup>-3</sup> ± DP	%	ind.m <sup>-3</sup> ± DP	%
COPEPODA NI*	1,01 ± 3,82	13,89	0,29 ± 1,72	2,78	0,65 ± 2,96	8,33
COPEPODA (parasita)	0,20 ± 0,55	22,22	3,86 ± 21,27	22,22	2,03 ± 15,05	22,22
COPEPODA (náuplio)	14,93 ± 37,69	80,56	87,56 ± 324 ± 20	94,44	51,25 ± 232,06	87,50
HARPACTICOIDA						
HARPACTICOIDA NI*	13,13 ± 37,43	69,44	2,39 ± 9,13	13,89	7,60 ± 27,20	41,67
TISBIDAE						
<i>Tisbe</i> spp.	0,00 ± 0,00	0	0,01 ± 0,02	2,78	0,01 ± 0,01	1,39
TACHIDIIDAE						
<i>Euterpina acutifrons</i> (Dana, 1847) <sup>C</sup>	13,50 ± 30,15	63,89	98,01 ± 354,59	94,44	55,76 ± 253,46	79,17
CALANOIDA						
ACARTIIDAE						
<i>Acartia tonsa</i> (Dana, 1849) <sup>F,C,O</sup>	41,89 ± 78,00	83,33	61,83 ± 134,98	86,11	51,90 ± 109,91	84,72
<i>Acartia lilljeborgi</i> Giesbrecht, 1889 <sup>N,E</sup>	360,94 ± 988,82	100	972,44 ± 2627,41	100	666,69 ± 1994,95	100,00
<i>Acartia</i> (juvenil)	139,96 ± 215,02	100	823,70 ± 1805,99	94,44	481,83 ± 1322,55	97,22
PSEUDODIAPTOMIDAE						
<i>Pseudodiaptomus acutus</i> (Dahl F., 1894) <sup>F</sup>	13,14 ± 60,97	27,78	0,05 ± 0,21	11,11	6,60 ± 43,31	19,44
<i>Pseudodiaptomus marshi</i> (Wright S., 1936) <sup>F</sup>	58,11 ± 181,57	52,78	36,14 ± 123,64	58,33	47,13 ± 154,63	54,17
<i>Pseudodiaptomus richardi</i> (Dahl F., 1894) <sup>F</sup>	165,1 ± 495,94	66,67	47,15 ± 125,81	58,33	106,16 ± 364,11	62,50
<i>Pseudodiaptomus</i> (juvenil)	63,37 ± 142 ± 97	66,67	58,19 ± 240,78	55,56	60,78 ± 196,63	61,11
PARACALANIDAE						
<i>Paracalanus quasimodo</i> (Bowman, 1971) <sup>C</sup>	209,02 ± 465,71	100	147,15 ± 441,73	97,22	178,09 ± 451,75	98,61
<i>Paracalanus</i> (juvenil)	0,08 ± 0,40	5,56	7,67 ± 22,16	5,56	0,08 ± 0,40	5,56
PONTELLIDAE						
<i>Labidocera fluviatilis</i> (Dahl F., 1894) <sup>N</sup>	2,01 ± 5,05	44,44	7,83 ± 29,76	52,78	4,96 ± 21,54	48,61
<i>Labidocera</i> (juvenil)	0,65 ± 2,42	22,22	7,67 ± 22,16	69,44	4,16 ± 16,05	45,83
SUBEUCALANIDAE						
<i>Subecalanus pileatus</i> (Giesbrecht, 1888) <sup>O</sup>	0,84 ± 1,80	30,56	0,16 ± 0,62	8,33	0,50 ± 1,38	33,33
<i>Subecalanus crassus</i> (Giesbrecht, 1888) <sup>O</sup>	1,57 ± 7,87	19,44	3,93 ± 21,31	11,11	2,72 ± 16,00	15,28
<i>Subecalanus</i> (juvenil)	1,47 ± 3,37	30,56	3,49 ± 16,81	33,33	2,50 ± 12,16	31,94
TEMORIDAE						
<i>Temora turbinata</i> (Dana, 1849)	0,00 ± 0,00	0,00	1,86 ± 10,64	13,89	0,93 ± 7,53	6,94
<i>Temora</i> (juvenil)	0,04 ± 0,15	11,11	0,11 ± 0,40	8,33	0,07 ± 0,30	9,72
CENTROPAGIDAE						
<i>Centropages furcatus</i> (Dana, 1849) <sup>C,O</sup>	0,01 ± 0,02	2,78	0,00 ± 0,00	0	0,01 ± 0,01	1,39
CYCLOPOIDA						
OITHONIDAE						



Apêndice.

(Conclusão)

Táxons	Estação chuvosa	FO	Estação seca	FO	Anual	FO
	ind.m <sup>-3</sup> ± DP	%	ind.m <sup>-3</sup> ± DP	%	ind.m <sup>-3</sup> ± DP	%
<i>Oithona hebes</i> (Giesbrecht, 1891) <sup>C,E</sup>	15,80 ± 34,02	55,56	114,15 ± 218,51	97,22	64,98 ± 162,97	76,39
<i>Oithona oswaldocruzi</i> (Oliveira, 1945) <sup>C,E</sup>	12,10 ± 22,28	77,78	23,82 ± 60,78	69,44	17,96 ± 45,83	73,61
<i>Oithona</i> (juvenil)	2,46 ± 6,37	38,89	44,38 ± 154,12	61,11	23,42 ± 110,34	50,00
<b>CORYCAEIDAE</b>						
<i>Ditrichocorycaeus speciosus</i> (Dana, 1849) <sup>O</sup>	0,08 ± 0,34	5,56	0,01 ± 0,05	8,33	0,05 ± 0,24	6,94
<i>Ditrichocorycaeus amazonicus</i> (Dahl F, 1894) <sup>C</sup>	0,00 ± 0,00	0	0,01 ± 0,02	5,56	0,00 ± 0,02	2,78
<i>Ditrichocorycaeus</i> spp.	0,00 ± 0,00	0	0,17 ± 1,01	5,56	0,09 ± 0,71	2,78
<b>ONCAEIDAE</b>						
<i>Oncaea</i> spp.	0,00 ± 0,00	0	9,75 ± 5061	22,22	4,88 ± 35,87	11,11
<b>CHAETOGNATHA</b>						
<b>SAGITTIDAE</b>						
<i>Parasagitta friderici</i> (Ritter-Záhony, 1911)	0,70 ± 3,56	8,33	0,17 ± 0,95	13,89	0,44 ± 2,60	11,11
<i>Parasagitta tenuis</i> (Conant, 1896)	41,21 ± 57,70	88,89	70,34 ± 193,36	86,11	55,77 ± 142,43	87,50
<i>Parasagitta</i> spp.	0,00 ± 0,00	0	0,29 ± 1,72	2,78	0,14 ± 1,21	1,39
<b>ECHINODERMATA</b>						
ECHINOIDEA (pluteus)	0,19 ± 0,64	16,67	0,73 ± 3,38	16,67	0,46 ± 2,43	16,67
<b>CHORDATA</b>						
TUNICATA						
APPENDICULARIA						
COPELATA						
<b>OIKOPLEURIDAE</b>						
<i>Oikopleura dioica</i> (Fol, 1872)	95,69 ± 136,54	100	418,78 ± 741,99	97,22	257,23 ± 554,12	98,61
<i>Oikopleura longicauda</i> (Vogt, 1854)	0,06 ± 0,25	5,56	0,00 ± 0,00	0,00	0,03 ± 0,18	2,78
<i>Oikopleura</i> spp.	0,02 ± 0,14	2,78	0,00 ± 0,00	0,00	0,01 ± 0,10	1,39
<b>VERTEBRATA</b>						
Pisces (ovos)	0,07 ± 0,42	5,56	0,00 ± 0,00	0	0,04 ± 0,30	2,78
Pisces (larvas)	2,49 ± 6,32	50	0,36 ± 0,76	38,89	1,43 ± 4,60	44,44



## Bosque como refúgio para as briófitas: o caso do parque Ibirapuera, em São Paulo, Brasil

### City parks as refuges for bryophytes: the case of Ibirapuera Park, in São Paulo, Brazil

Sandra Regina Visnadi 

Instituto de Botânica. São Paulo, São Paulo, Brasil

**Resumo:** A brioflora está empobrecendo em muitos países e, no entanto, forma um grupo de plantas importante para a sustentabilidade da sociedade. O presente artigo trata das briófitas do parque Ibirapuera – que possui áreas com bosque heterogêneo, entre áreas onde predominam edificações, córrego e lagos –, na cidade de São Paulo. O material totaliza 688 exsicatas depositadas no Herbário Maria Eneyda Pacheco Kauffmann Fidalgo, do Instituto de Botânica, além de duplicatas, no Herbário da Prefeitura do Município de São Paulo. O parque Ibirapuera possui 63 espécies de briófitas. Muitas delas se restringem a determinadas áreas do parque, onde várias ocorrem ainda em locais únicos. A maior riqueza da brioflora nas áreas com bosque heterogêneo, em relação às áreas onde predominam as edificações, comprova que as primeiras áreas servem como refúgio para várias espécies de briófitas, no parque Ibirapuera. Esses resultados demonstram a importância que a arborização tem para a conservação da brioflora do parque, a qual – agora conhecida – pode contribuir para o monitoramento da qualidade ambiental do local. A flora de briófitas destaca-se por apresentar uma variedade e uma espécie endêmicas do Brasil, duas espécies ameaçadas de extinção, sendo uma delas citada pela primeira vez para o país.

**Palavras-chave:** Antóceros. Área antrópica. Hepáticas. Musgos. Vegetação urbana.

**Abstract:** The bryoflora is becoming impoverished in many countries, but they are an important group of plants for the sustainability of society. The present paper studies the bryophytes from Ibirapuera Park, which has heterogeneous forested areas, among others where buildings predominate, beside stream and lakes, in São Paulo city. The material totals 688 exsicatas deposited in the Herbarium Maria Eneyda Pacheco Kauffmann Fidalgo of the Botany Institute, in the state capital, besides duplicates in the Herbarium of the Municipality of São Paulo. Ibirapuera Park has 63 species of bryophytes. Many species are restricted to certain areas of the park, where several of them occur in unique locations. The greater richness of the bryoflora in areas with heterogeneous forests, rather than in areas where the buildings predominate, proves the forests serve as refuge for several bryophyte species in Ibirapuera Park. These results demonstrate the importance that afforestation has for the conservation of the park's bryoflora, which is now known and can contribute to monitoring the environmental quality of the site. The bryophyte flora stands out for having one variety and one species that are endemic to Brazil, two endangered species, one of them being cited for the first time for the country.

**Keywords:** Hornworts. Anthropic area. Liverworts. Mosses. Urban vegetation.

---

VISNADI, S. R., 2019. Bosque como refúgio para as briófitas: o caso do parque Ibirapuera, em São Paulo, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 14(3): 331-361.

Autora para correspondência: Sandra Regina Visnadi. Instituto de Botânica. Núcleo de Pesquisa em Briologia. Centro de Pesquisa em Plantas Avasculares e Fungos. Av. Miguel Stéfano, 3687 – Água Funda. São Paulo, SP, Brasil. CEP 04301-012 (svisnadi@uol.com.br).

Recebido em 23/05/2019

Aprovado em 03/11/2019

Responsabilidade editorial: Fernando da Silva Carvalho Filho



## INTRODUÇÃO

Embora as cidades ocupem um a três por cento da área terrestre do planeta, mais da metade da população mora em áreas urbanas, as quais cresceram imensamente nos últimos três séculos (Adler & Tanner, 2015), ocasionando a supressão e a fragmentação dos ambientes naturais, a extinção local das espécies e a redução da biodiversidade (Martins *et al.*, 2017). Estima-se que haverão 41 megalópoles com mais de dez milhões de habitantes, em 2030, e que 66% da população mundial habite áreas urbanas, em 2050 (PNUD & IPEA, 2015a).

A perda da biodiversidade acompanha a história da ocupação em São Paulo, pois a região – originalmente coberta por vegetação de várzea, campos e florestas (Branco, 2011) – possui cerca de 12 milhões de habitantes e áreas verdes restritas a fragmentos de florestas nativas secundárias, a ambientes implantados e a espécimes em terrenos particulares, tendo aterrada grande parte das formações de várzea para ocupação, sistema viário e piscinões (Martins *et al.*, 2017; Visnadi, 2018).

Todavia, florestas secundárias são repositórios de biodiversidade em paisagens modificadas pelo homem (Tabarelli *et al.*, 2012), e a conservação da biodiversidade é fundamental para o bem-estar da humanidade (Bennett & Saunders, 2011). Parques urbanos destacam-se pela preservação de fragmentos de vegetação e pela conservação da biodiversidade, além de serem locais de lazer da população, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos (Branco, 2011; Martins *et al.*, 2017). As áreas verdes são também importantes para atenuar os efeitos da urbanização, como as ilhas de calor e a maciça impermeabilização do solo, melhorando a qualidade ambiental da cidade (Sepe & Gomes, 2008; Brazolin, 2012).

São Paulo tem investido na implantação de parques, além de realizar a manutenção e o manejo desses espaços, visando à melhoria da qualidade local para o lazer da população e à conservação ambiental da cidade (Rotermund, 2012). Frequentemente, bosques localizados em áreas urbanas restringem-se a pequenas manchas

isoladas (Adler & Tanner, 2015) e, embora representem 13,16% dos fragmentos remanescentes em São Paulo, são considerados em programas de conservação da Mata Atlântica do município para a manutenção da biodiversidade (Martins *et al.*, 2017).

A brioflora está empobrecendo continuamente em muitos países e, no entanto, as briófitas são importantes para a sustentabilidade da sociedade (Hallingbäck & Tan, 2010). Essas plantas ocorrem em diversos *habitats* e se distribuem por todos os continentes (Slack, 2011), mas têm sido afetadas pelas atividades humanas (Sérgio *et al.*, 2011). Estudos prioritários da brioflora já foram recomendados para áreas urbanas, a fim de se avaliar a perturbação sofrida em decorrência de atividade antrópica (Frahm, 2003a), mas o impacto do desmatamento sobre as briófitas ainda permanece pouco conhecido para a região tropical (Jácome *et al.*, 2011).

Alguns estudos apontaram refúgios para as briófitas na Espanha, devido aos progressivos desmatamento e desertificação (Varo *et al.*, 1992); nos Estados Unidos, em recessos profundos de penhascos, onde as temperaturas e a umidade são mais estáveis (Farrar, 1998; Glime, 2017), e em carvalhos isolados de regiões urbanas, onde áreas de savanas históricas de carvalho nativo estão cada vez mais restritas (Merrifield, 2000); e, ainda, no Chile, em encostas íngremes e úmidas, para espécies frequentes em outras latitudes do país (Pereira *et al.*, 2006). Para o Brasil – na Paraíba –, afloramentos rochosos em remanescentes de Mata Atlântica e em regiões da Caatinga representam refúgios para briófitas com distribuição restrita (Silva, J. & Germano, 2013; Germano *et al.*, 2016). O enclave de floresta úmida, em área da floresta seca da Caatinga – na Chapada do Araripe, no Ceará –, funciona como refúgio para muitas espécies típicas da região, sendo a brioflora tolerante às condições adversas e à sazonalidade da vegetação (Batista *et al.*, 2018).

A ciência ecológica se voltou recentemente para os ambientes urbanos, a fim de compreender a perturbação que causam nos processos naturais (Adler & Tanner, 2015). Para o Brasil, estudos sobre a conservação da brioflora em fragmentos de vegetação urbana foram realizados nas

regiões Norte (Vital & Visnadi, 1994; Lisboa & Ilkiu-Borges, 1995; Gentil & Menezes, 2011), Nordeste (Bastos & Yano, 1993; Souza *et al.*, 2016; Silva, A. M. *et al.*, 2018), Sul (Bordin & Yano, 2009), Sudeste (Molinari & Costa, 2001; Machado & Luiz-Ponzo, 2011; Lima & Rocha, 2015; Paiva *et al.*, 2015; Silva, A. L. & Rocha, 2015; Peñaloza-Bojacá *et al.*, 2017), em particular, no estado paulista (Visnadi & Monteiro, 1990; Mello *et al.*, 2001) e na região metropolitana de São Paulo (Mello *et al.*, 2011; Prudêncio *et al.*, 2015; Visnadi, 2015b, 2018).

Um dos objetivos do Plano Municipal de Estratégias e Ações Locais pela Biodiversidade de São Paulo é o conhecimento da composição e da distribuição da flora paulistana para a criação de políticas públicas adequadas ao seu manejo (Branco, 2011). Boa parte da flora nativa só persiste nas cidades quando em fragmentos de *habitat* e em refúgios manejados (Adler & Tanner, 2015). Pesquisas em áreas verdes também visam, em última instância, a assegurar condições de vida para as futuras gerações (Silva, A. N. *et al.*, 2014). A população deseja uma sociedade saudável, pois, atualmente, melhor compreende a relação entre biodiversidade e qualidade de vida (Martins *et al.*, 2017).

A arborização é particularmente importante para a conservação da brioflora em parques paulistanos, onde maior riqueza em espécies foi também relacionada aos diferentes tipos de ambientes que essas áreas verdes possuem (Visnadi, 2015b, 2018). Portanto, o presente artigo sobre a brioflora do parque Ibirapuera tem por objetivo conhecer a composição florística e a riqueza, a distribuição e o *habitat* das espécies nas áreas com bosque heterogêneo e nas áreas onde predominam as edificações, contribuindo para a conservação e o monitoramento do local, além de ampliar o conhecimento sobre a brioflora da cidade de São Paulo.

## MATERIAL E MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no parque Ibirapuera (158,4 ha), um dos maiores parques urbanos de São Paulo e também

o mais conhecido pela população paulistana (Whately *et al.*, 2008). Está entre os locais mais procurados na cidade, sendo eleito, em 2013, o melhor parque da América do Sul (Marchesi, 2014) e, em 2015, um dos dez melhores do mundo (Moore, 2015), recebendo cerca de 150 mil pessoas por final de semana (O Estado de São Paulo, 2014). O Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI) foi mencionado na discussão dos dados, além de ser uma referência para a área de estudo (Figura 1).

O parque Ibirapuera foi inaugurado em 21 de agosto de 1954, durante as comemorações do IV Centenário de São Paulo, sendo tombado pelo Conselho Municipal de Preservação do Patrimônio Histórico, Cultural e Ambiental da Cidade de São Paulo (CONPRESP) e pelo Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do Estado de São Paulo (CONDEPHAAT), devido à sua importância paisagística, arquitetônica e cultural (Takiya, 2002; Marchesi, 2014; Martins *et al.*, 2017), encontrando-se sob administração da Coordenação de Gestão de Parques e Biodiversidade Municipal (CGPABI), Secretaria do Verde e do Meio Ambiente (SVMA), prefeitura do município de São Paulo.

A área de estudo localiza-se nas coordenadas geográficas 23° 34'-35' S e 46° 39' W (Google Maps/Google Earth, s. d.), estando sob o clima tropical úmido de altitude do planalto paulistano, que ocorre na bacia sedimentar de São Paulo, onde a urbanização se instalou primeiramente na cidade; a temperatura média e a pluviosidade anuais estão, respectivamente, entre 19,3 e 19,6 °C e 1.250 e 1.580 mm (Martins *et al.*, 2017).

A vegetação foi totalmente implantada e se enquadra na categoria de bosque heterogêneo, predominando espécies arbóreas, de oito a 30 metros de altura, com copas de dez a 20 metros de diâmetro (Prefeitura do Município de São Paulo, 2016a; Martins *et al.*, 2017). O estabelecimento do parque foi iniciado com o plantio de árvores exóticas – *Eucalyptus* e *Ligustrum* –, a fim de drenar a área que era anteriormente pantanosa, possuindo árvores esparsas da vegetação da capoeira; posteriormente, a



Figura 1. Localização do parque Ibirapuera. Legendas: RMSP = região metropolitana de São Paulo; PEFI = Parque Estadual das Fontes do Ipiranga; em amarelo, no detalhe = limites do parque Ibirapuera. Modificado de *Google/EMPLASAGEO*. Mapa: Governo do Estado de São Paulo.

inclusão de espécies arbóreas nativas do bioma Mata Atlântica contribuiu para o aumento da biodiversidade regional (Kabashima *et al.*, 2011). A vegetação forma alamedas, jardins e eucaliptal, mas a área também possui sub-bosque e gramados (Marchesi, 2014). O parque Ibirapuera – uma das áreas verdes mais importantes da cidade de São Paulo – apresenta vegetação ruderal e brejo, córrego e lagos (Gaglioti & Garcia, 2015). Recursos hídricos aumentam ainda mais a importância dos remanescentes florestais situados em paisagens altamente fragmentadas (Pivello & Peccinini, 2002; Brancalion *et al.*, 2012).

O parque também possui áreas e ruas pavimentadas, além de museus, espaço a céu aberto e pavilhões para eventos e exposições, várias esculturas, planetário e universidade; dispõe de fonte multimídia, em um de seus lagos, além de praças e outros serviços (centro de convivência, segurança e vigilância, herbário, proteção à fauna e viveiro). Algumas edificações – Marquise Senador José Ermírio de Moraes, Auditório Ibirapuera, Fundação Bienal, Museu Afro Brasil, Museu de Arte Contemporânea,

Oca, Pavilhão Engenheiro Armando de Arruda Pereira – são patrimônio histórico e artístico nacional. O visitante ainda dispõe de área de estar e lazer, parque infantil, aparelhos para ginástica, locais para alimentação e atividades esportivas, além de bolsões de estacionamento.

O trabalho foi desenvolvido nas áreas com bosque heterogêneo e nas áreas onde predominam as edificações do parque. Outros detalhes desses dois tipos de áreas foram incluídos na apresentação e discussão dos resultados sobre a brioflora encontrada em cada um deles.

#### AMOSTRAGEM E ESTUDO DO MATERIAL

A coleta e a herborização do material seguiram as recomendações de Frahm (2003b), para o estudo das briófitas na região tropical, bem como a adoção de literatura básica para identificação das espécies.

Como as briófitas não são comuns no parque Ibirapuera, percorreu-se toda a extensão da sua área, em 2016 e 2017, para a coleta do material disponível. As 669 exsicatas encontram-se depositadas no Herbário

Maria Eneyda Pacheco Kauffmann Fidalgo, do Instituto de Botânica de São Paulo (SP), e duplicatas de parte dessa coleção, no Herbário da Prefeitura do Município de São Paulo (PMSP), cujos dados – lista das briófitas – divulgados previamente (Ibirapuera: inventário de flora 2018, s. d.) visam subsidiar ações ambientais nas áreas verdes paulistanas (Branco, 2011; Prefeitura do Município de São Paulo, 2016b). Estudaram-se também materiais coletados por D.M. Vital (15 exsicatas, SP) e T. Forti (quatro exsicatas, PMSP), totalizando 688 exsicatas provenientes do parque Ibirapuera para o presente trabalho. Os *vouchers* das espécies foram listados no Apêndice.

Adotaram-se literatura e bancos de dados (Gradstein & Costa, 2003; JBRJ, s. d.; Tropicos, s. d.) para citar o nome e o autor das espécies e de gênero, e para consultar ilustrações e imagens de briófitas; utilizaram-se também recursos do Herbário SP, para identificação do material e a classificação mais recente, a fim de listar os táxons de Anthocerotophyta (Renzaglia *et al.*, 2009), Bryophyta (Goffinet *et al.*, 2009) e Marchantiophyta (Crandall-Stotler *et al.*, 2009), por ordem alfabética de divisões, famílias, gêneros, espécies e variedades (Apêndice).

As espécies foram classificadas pela ocorrência nos substratos naturais – corticícola (em córtex ou casca), epíxila (em tronco em decomposição), saxícola (em rocha) e terrícola (em solo) –, segundo Robbins (1952), Luiz-Ponzo *et al.* (2006) e Souza *et al.* (2017), e nos substratos artificiais – casmófito –, segundo Souza *et al.* (2015), relacionados como alvenaria, asfalto, concreto, madeira tratada e tijolo, por não existirem termos específicos. O material foi coletado em alturas com até cerca de dois metros nos caules e troncos da vegetação arbustivo-arbórea.

Os grupos ecológicos e as formas de vida das espécies (Mägdefrau, 1982; Richards, 1984; Gradstein *et al.*, 2001; Glime, 2017) registrados durante o trabalho de campo foram estudados na identificação do material com base nas informações de banco de dados (JBRJ, s. d.) e da literatura (Crum & Anderson, 1981; Sharp *et al.*, 1994; Buck, 1998; Santos & Costa, 2008; Alvarenga *et*

*al.*, 2010; Oliveira, J. *et al.*, 2011; Santos *et al.*, 2011; Silva, J. & Germano, 2013; Valente *et al.*, 2013; Visnadi, 2013a, 2013b, 2015a, 2015b, 2018; Batista *et al.*, 2018).

## ANÁLISE DOS DADOS

A riqueza da brioflora entre as áreas com bosque heterogêneo e as áreas onde predominam as edificações foi comparada com o auxílio de análise de rarefação – baseada no número de amostras (rarefação individual) –, aplicada à matriz de dados quantitativos (58 espécies x dois tipos de áreas) no programa PAST 3.20 (Hammer *et al.*, 2001). Para cinco das 63 espécies listadas, não se dispõe de informações de coleta nesses dois tipos de áreas estudadas (Apêndice).

Calcularam-se os índices de Jaccard e de Sørensen, para melhor se avaliar a similaridade florística da brioflora entre os dois tipos de áreas estudadas. O primeiro atribui peso igual para todas as espécies, minimizando possíveis diferenças no esforço amostral do levantamento, já o segundo é um peso dobrado às copresenças, excluindo as duplas ausências, que podem indicar espécies não amostradas ou ausência das mesmas em determinados locais (Santos *et al.*, 2011; Visnadi, 2015b).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA E RIQUEZA DE ESPÉCIES

A brioflora compõe-se de 63 espécies e uma variedade, distribuídas em 49 gêneros e 30 famílias. Entre as 30 espécies divulgadas previamente (Ibirapuera: inventário de flora 2018, s. d.), 27 foram coletadas pela primeira vez e três foram novamente observadas no parque Ibirapuera (Apêndice).

O grupo Bryophyta, com 43 espécies e uma variedade (em 34 gêneros e 20 famílias; 69,5% das amostras), supera Marchantiophyta, o qual apresenta apenas 19 espécies (em 14 gêneros e nove famílias; 30,3% das amostras) e Anthocerotophyta, com uma única espécie (em um gênero e uma família; 0,2% das amostras). Regiões urbanas podem apresentar biodiversidade elevada de alguns grupos de

organismos (Adler & Tanner, 2015). As áreas abertas, em particular, quando intercaladas com florestas secundárias, são especialmente ricas em musgos (Gradstein *et al.*, 2001). Além disso, musgos também predominam em outros fragmentos de vegetação urbana, na RMSP (Mello *et al.*, 2011; Prudêncio *et al.*, 2015; Visnadi, 2015b, 2018), no estado paulista (Visnadi & Monteiro, 1990; Mello *et al.*, 2001), e em outros estados, como Amapá, Pará, Bahia, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Rio Grande do Sul (Bastos & Yano, 1993; Lisboa & Ilkiu-Borges, 1995; Molinaro & Costa, 2001; Bordin & Yano, 2009; Gentil & Menezes, 2011; Machado & Luiz-Ponzo, 2011; Lima & Rocha, 2015; Paiva *et al.*, 2015; Silva, A. L. & Rocha, 2015; Peñaloza-Bojacá *et al.*, 2017).

O parque Ibirapuera é uma área verde significativa para o bairro, pois a existência de vegetação arbórea é atenuante da formação das ilhas de calor, mantendo um microclima ameno e agradável; o local está inserido na região mais valorizada da cidade, com controle do uso e da ocupação do solo, a melhor infraestrutura urbana e o mais alto índice de adensamento vertical. Esta região, no entanto, sofre com o aumento do tráfego de veículos e a geração de poluição e de ruídos, com as alterações microclimáticas e com a impermeabilização do solo, carecendo da preservação ou da criação de novas áreas verdes (Sepe & Gomes, 2008). Fragmentos e sua biota são fortemente influenciados pela paisagem na qual estão situados (Bennett & Saunders, 2011). Além disso, mudanças na brioflora em florestas já foram relacionadas às emissões antrópicas, sendo as hepáticas representadas pelas espécies mais sensíveis e em declínio (Dittrich *et al.*, 2016).

A riqueza de espécies e de espécies restritas, bem como a porcentagem de amostras são diferentes entre os dois tipos de áreas estudadas (Apêndice). As áreas urbanas apresentam um mosaico de *habitats* fragmentados – verdes, aquáticos e construídos –, sendo geralmente diversificados e contrastantes, frequentemente isolados, bastante comprimidos e circunvizinhos uns dos outros, havendo, por essa razão, dificuldades para o deslocamento das espécies (Adler & Tanner, 2015). O parque Ibirapuera

é um *habitat* verde em relação ao seu entorno, mas o próprio parque apresenta *habitats* verdes (bosques heterogêneos) adjacentes a *habitats* aquáticos (córrego e lagos) e construídos (edificações e pavimentação asfáltica), dentro dos limites da sua área.

Ambos os tipos de áreas – mas principalmente as áreas onde predominam as edificações – poderiam ser mais ricos em espécies, caso contassem com mais amostras de material estudado (Figura 2). O número de espécies inventariadas depende da quantidade de amostras coletadas e da área de *habitat* explorada (Guarati, 2010). Todavia, a urbanização substitui frequentemente os *habitats* naturais pelos artificiais, resultando em impactos para muitas espécies nativas (Koh & Gardner, 2011). Em áreas urbanas, a biota é ainda menos rica em espécies nos locais mais densamente construídos (Adler & Tanner, 2015). Além disso, a preservação da cobertura do dossel é fundamental para a conservação da biodiversidade das briófitas (Gradstein & Sporn, 2010; Oliveira, J. *et al.*, 2011), que são escassas em trechos do parque Cordeiro Martin Luther King, onde a vegetação é esparsa (Visnadi, 2018).

Finalmente, o trabalho de campo foi considerado como suficiente, pois percorreu-se todo o parque para a coleta do material disponível. Por outro lado, a amostragem

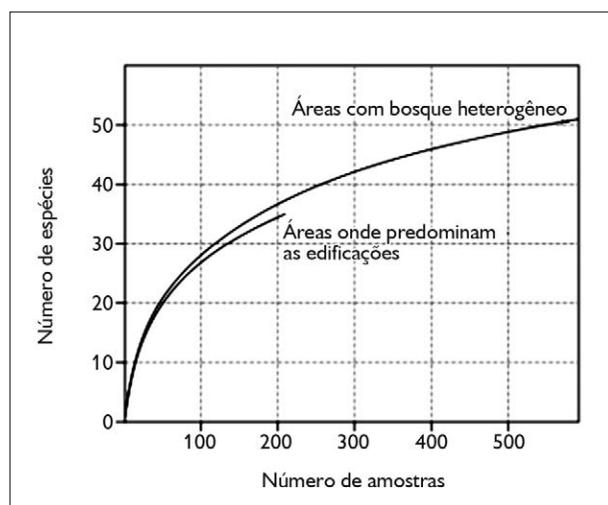


Figura 2. Riqueza da brioflora (rarefação individual) para os dois tipos de áreas estudadas no parque Ibirapuera.

das briófitas acima de 2 m de altura em caules e troncos e nas copas da vegetação – não realizada neste estudo – poderia estabilizar ambas as curvas da análise de rarefação (Figura 2). Nenhum ecossistema está realmente em equilíbrio e o urbano pode ser ainda mais imprevisível do que os ecossistemas não perturbados (Adler & Tanner, 2015). Riqueza de espécies de briófitas abaixo da esperada foi também registrada em estudos no Pará, na Paraíba (Germano *et al.*, 2016; Lopes *et al.*, 2016) e em outras áreas verdes urbanas paulistanas (Visnadi, 2018).

### OCORRÊNCIA NO PARQUE - REFÚGIO PARA AS BRIÓFITAS

Ambos os tipos de áreas são muito distintos no parque Ibirapuera, pois edificações são raras nas áreas com bosque heterogêneo e a vegetação arbustivo-arbórea é esparsa nas áreas onde predominam as edificações. A arborização urbana é essencial para a manutenção da qualidade ambiental das cidades (Takiya, 2002; Rotermund, 2012). O estado de São Paulo tem se dedicado à redução do desmatamento e à recuperação e à ampliação da cobertura vegetal, que são uma das estratégias apontadas, inclusive, para se evitar as consequências da variabilidade climática (Oliveira, R. & Alves, 2014). Em paisagens fragmentadas, a riqueza de espécies está relacionada com a disponibilidade e a qualidade do *habitat* (Bennett & Saunders, 2011). As áreas verdes urbanas destacam-se pela riqueza e diversidade da brioflora em Madri (Mazimpaka *et al.*, 1988) e em Lisboa (Sérgio *et al.*, 2016), sendo importantes também para a conservação da biodiversidade das briófitas, que predominam em árvores e arbustos nos parques da cidade de São Paulo (Visnadi, 2015b, 2018).

Locais abertos são comuns nas áreas onde predominam as edificações. Aberturas na vegetação são mais comuns em áreas relativamente baixas e predominantemente planas (Bennett & Saunders, 2011), onde o parque está localizado (Martins *et al.*, 2017). Ainda, a riqueza de espécies vegetais tem maior correlação com a disponibilidade de água, e abrir espaços, fragmentando o *habitat*, ou fazer

rareamento no interior de bosques, retirando as plantas que 'estão atrapalhando', altera o padrão de circulação de ar e provoca a dessecação do ambiente, que reduz a biodiversidade, inclusive de epífitas (Guaratini, 2010; Adler & Tanner, 2015). As briófitas reagem rapidamente às mudanças climáticas do *habitat* (Gignac, 2011). Sem dúvida, o fator mais significativo que afeta o crescimento dessas plantas é a quantidade de umidade disponível no ambiente (Hallingbäck & Hodgetts, 2000; Frahm, 2003b), havendo associação entre a diminuição da riqueza de espécies tanto a *habitats* abertos e perturbados quanto à umidade mais baixa do ar em ambientes antrópicos (Gradstein & Sporn, 2009; Jácome *et al.*, 2011; Glime, 2017).

Além disso, o ambiente construído inclui mudanças bruscas na paisagem, causando também diferenças de temperatura entre áreas vizinhas; áreas com menos vegetação sofrem o efeito mais intenso da ilha urbana de calor (Adler & Tanner, 2015). A área urbana do município de São Paulo interfere na variação microclimática dos seus fragmentos florestais (Monteiro & Azevedo, 2005), sendo que a localização do parque Ibirapuera favorece a maior recepção e absorção da radiação solar por ele, bem como o forte aquecimento diurno do local (Martins *et al.*, 2017). Ainda, as briófitas também dependem da baixa temperatura para se estabelecer (Hallingbäck & Tan, 2010), pois já se relacionou redução na riqueza em espécies dessas plantas aos aumentos de temperaturas em ambientes perturbados (Gradstein & Sporn, 2009). A temperatura define os limites da distribuição das briófitas e a perturbação frequentemente expõe essas plantas ao calor intolerável; estudos sobre os potenciais efeitos do aquecimento global indicam que as briófitas provavelmente diminuirão nas regiões mais quentes (Glime, 2017). O incremento da arborização – em São Paulo – contribui efetivamente para a minimização dos efeitos das ilhas de calor, fenômeno relativamente comum na cidade (Sepe & Gomes, 2008), onde o clima tem mudado nas últimas décadas, com aumentos de temperatura, de dias com umidade relativa do ar muito baixa, e crescimento do volume da água da chuva, além do desaparecimento

da frequente garoa, que era típica da região (Branco, 2011; Steinbaum & Massambani, 2011).

O aquecimento climático na cidade de São Paulo aproxima-se dos 3 °C, sendo considerado o dobro da meta global, que é de 1,5 °C (Sobrinho, 2018). No Brasil, as recentes mudanças climáticas resultaram em impactos na biodiversidade – distribuição e redução do número das espécies –, no balanço hídrico e nos extremos de chuva e de seca; o aumento da temperatura média global também tem se acelerado recentemente (Oliveira, R. & Alves, 2014).

O clima – especialmente a temperatura e a disponibilidade de água – é o principal determinante na distribuição das briófitas (Glime, 2017). O desmatamento, no entanto, influencia a mudança do clima (Rocha *et al.*, 2014), pois as árvores ajudam a umidificar a atmosfera urbana, além de contribuírem para o conforto térmico, tornando o ar mais fresco na cidade (Buckeridge, 2015). A ação de plantios de espécies vegetais nativas do município – em parques e demais áreas verdes – incorpora as estratégias e ações locais pela biodiversidade de São Paulo (Branco, 2011). Todavia, a arborização urbana deve integrar áreas de proteção permanente, segundo a identidade biológica da região (Brazolin, 2012), além de necessitar de planejamento científico para que sejam implantadas espécies adequadas aos variados tipos de espaços urbanos (Tupiassu, 2014) e para a consequente redução das chamadas ilhas de calor (Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo, 2009; Oliveira, R. & Alves, 2014).

O trânsito é intenso nas áreas onde as edificações predominam, dentro do parque. Grande parte das emissões de material particulado é de origem veicular na RMSP (Candido *et al.*, 2016), que ocupa 3,2% do território, mas concentra 48% da frota e 47% da população do estado de São Paulo (CETESB, 2018). As árvores urbanas filtram a poluição de material particulado (Buckeridge, 2015), mas são raras nessas áreas com várias edificações. A riqueza de espécies relaciona-se ao estado de preservação do ambiente, pois áreas verdes supostamente preservadas – impactadas, entretanto pela ação antrópica – possuem

biota empobrecida (Schoenlein-Crusius, 2012). Apenas algumas espécies conseguem tolerar um ambiente variável com perturbações frequentes e, mesmo em parques com *habitats* mais favoráveis, as espécies sensíveis tendem a desaparecer devido à poluição (Guaratini, 2010; Adler & Tanner, 2015). A distribuição das briófitas está sobretudo relacionada à qualidade do *habitat* (Gradstein *et al.*, 2001), sendo essas plantas frequentemente bons indicadores das condições ambientais, além de serem sensíveis à poluição urbana (Glime, 2007). Estudos também registraram redução de espécies de briófitas em áreas sob tráfego pesado na região metropolitana de Lisboa (Sérgio *et al.*, 2016).

Todavia, a brioflora das áreas com bosque heterogêneo e das áreas onde predominam as edificações – com 28 espécies em comum (44%) – é similar, segundo valores obtidos para índices de similaridade de Jaccard (acima de 0,25) e de Sørensen (acima de 0,5) (Andrade *et al.*, 2002; Polisel & Franco, 2010), como 0,48 e 0,65, respectivamente. Muitas espécies não se limitam aos fragmentos, ocorrendo também em outros tipos de paisagens modificadas pelo homem (Bennett & Saunders, 2011). A brioflora das áreas florestais e antrópicas do PEFI é similar, com menores valores para índices de similaridade (Jaccard = 0,37; Sørensen = 0,54), mas possuem números quase idênticos de briófitas (161 e 153 espécies, respectivamente), sendo mais divergentes os totais de espécies para os dois tipos de áreas estudados no parque Ibirapuera (Apêndice; Visnadi, 2015b).

Além disso, a brioflora restrita às áreas com bosque heterogêneo e àquelas onde predominam as edificações indica que a distribuição do maior número de espécies não é uniforme no parque Ibirapuera (30 espécies, 48%; Apêndice). Briófitas restritas às praças urbanas superam – em número de espécies – aquelas restritas às ruas e também as outras comuns em ruas e praças, em cidade paulista (Visnadi & Monteiro, 1990). A flora das cidades reflete as consequências da urbanização – fragmentação e perturbações – e da qualidade do *habitat*; além disso, nesses ambientes urbanos fragmentados, as áreas

adjacentes – quando hostis e inóspitas – tornam impossível a dispersão de determinadas espécies entre os fragmentos habitáveis (Adler & Tanner, 2015). Não se conhece locais específicos de ocorrência para cinco espécies (8%), as quais não foram mais encontradas no parque (Apêndice).

Entre as 28 espécies (44%) que ocorrem em todo o parque, 13 são mais amplamente distribuídas, além de terem sido registradas em muitas amostras (entre 12,5% e 2,9%, Figura 3, Apêndice). A urbanização favorece espécies que conseguem se dispersar entre os diferentes *habitats* da cidade, cuja biodiversidade peculiar caracteriza-se pela abundância de poucas espécies com capacidade de aproveitar os recursos da área urbana (Adler & Tanner, 2015). Essas espécies ocorrem em *habitats* abertos e mais secos a métricos (Florschütz-de Waard, 1996; Buck, 1998; Gradstein *et al.*, 2001; Schuster, 2004; Gradstein & Ilkui-

Borges, 2009; Gentil & Menezes, 2011; Visnadi, 2018), sendo que o bosque heterogêneo no parque Ibirapuera possui árvores e arbustos esparsos, permitindo, inclusive, que o visitante transite e realize várias atividades nos locais onde existe esse tipo de vegetação.

Maior disponibilidade de material foi registrada para *Brittonodoxa subpinnata* (Figura 3). A abundância de determinados organismos nem sempre indica boa condição ambiental, pois o local pode estar ocupado por indicador da presença de poluição (Guaratini, 2010). *B. subpinnata* é indicada como potencial biomonitor da poluição atmosférica em Caxias do Sul, no Rio Grande do Sul (Mazzoni *et al.*, 2012). Todavia, a estação da rede automática de monitoramento da qualidade do ar – Estação Ibirapuera – instalada no parque registrou redução nas concentrações médias de partículas inaláveis

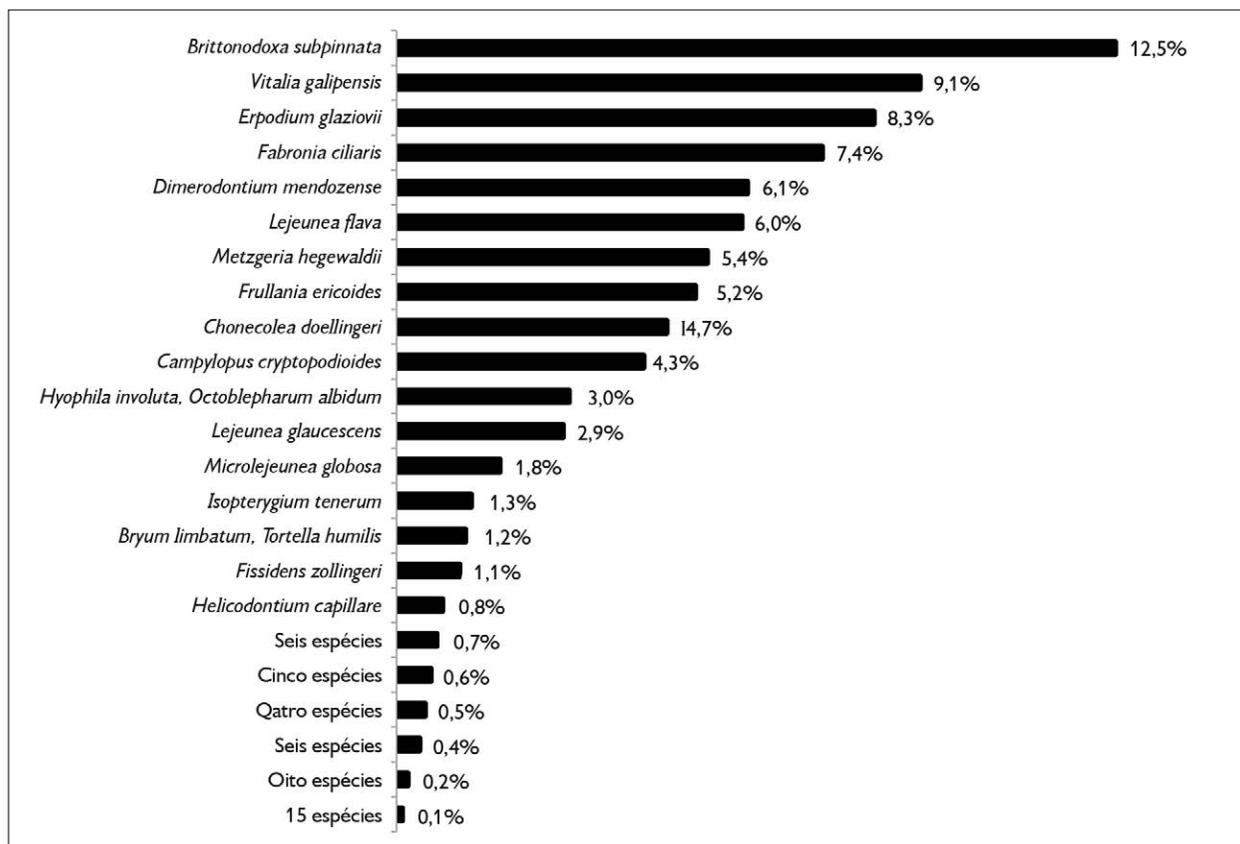


Figura 3. Percentagem de amostras das briófitas ocorrentes no parque Ibirapuera.

(entre 2006 e 2017) e de fumaça (entre 2000 e 2017), devido ao controle realizado sobre atividades industriais e emissões veiculares (CETESB, 2018). Além disso, a grande área vertical e horizontal das cidades atua como uma 'esponja urbana', que remove os particulados do ar com tanta eficácia quanto as árvores (Adler & Tanner, 2015). *Frullania ericoides* (Figura 3) é também conhecida como tolerante à perturbação do ambiente em relação à luminosidade e às temperaturas altas, além de ser resistente ao estresse hídrico (Carmo *et al.*, 2015).

Entre as mesmas 28 espécies (44%), outras cinco possuem distribuição mais esparsa e menos material (entre 0,8 e 1,8%, Figura 3, Apêndice). *Bryum limbatum* e *Fissidens zollingeri* ocorrem apenas em *habitats* úmidos; *Tortella humilis* e *Microlejeunea globosa*, por sua vez, são registradas em *habitats* mais abertos e secos; e *Helicodontium capillare*, em *habitats* méxicos, sendo também indicada como potencial biomonitor da poluição atmosférica (Sharp *et al.*, 1994; Buck, 1998; Gradstein *et al.*, 2001; Schuster, 2004; Flora of North America Editorial Committee, 2007; Mazzoni *et al.*, 2012).

Finalmente, as restantes dez espécies – entre as 28 espécies (44%) distribuídas pelo parque – são mais raras e encontradas em escasso material (entre 0,2% e 0,7%, Figura 3, Apêndice). Elas ocorrem em *habitats* úmidos (*Fissidens pellucidus* var. *asterodontius*), ou méxicos (*Rhynchostegium conchophyllum*), em *habitats* mais abertos (*Donnellia commutata*, *Frullania riojaneirensis*, *Myriocoleopsis minutissima*) e méxicos (*Haplocladium microphyllum*, *Sematophyllum adnatum*, *Acanthocoleus aberrans*), ou abertos e secos (*Bryum apiculatum* e *Microlejeunea bullata*) (Buck, 1994, 1998; Gradstein, 1994; Sharp *et al.*, 1994; Schuster, 2004; Wigginton, 2004; Bordin & Yano, 2013).

Entre as famílias que se distribuem pelo parque Ibirapuera (Figura 4), Lejeuneaceae – a maior família de hepáticas (Martinelli & Moraes, 2013) – possui os maiores números de táxons (Apêndice), predominando também nos fragmentos de vegetação urbana, especificamente da RMSP (Mello *et al.*, 2011; Visnadi, 2015b, 2018) e do

estado paulista (Visnadi & Monteiro, 1990; Mello *et al.*, 2001), além dos estados do Pará e do Acre, da Bahia, do Rio de Janeiro, de Minas Gerais e do Rio Grande do Sul (Vital & Visnadi, 1994; Lisboa & Ilkiu-Borges, 1995; Molinaro & Costa, 2001; Bordin & Yano, 2009; Machado & Luiz-Ponzo, 2011; Paiva *et al.*, 2015; Souza *et al.*, 2016).

Sematophyllaceae totaliza mais material estudado (23,5% das amostras) e maior número de táxons entre os musgos. Calymperaceae, Leucobryaceae e Sematophyllaceae são típicas de ambientes perturbados (Gentil & Menezes, 2011). Fissidentaceae é a segunda maior família de musgos no Brasil, ocorrendo em todos os biomas do país e apresentando grande amplitude ecológica (Bordin & Yano, 2013). Pottiaceae – comum em *habitats* secos (Allen, 2002) – e Bryaceae apresentam notável resistência à influência urbana (Bordin & Yano, 2009), tendo *Bryum Hedw.* o maior número de espécies (Figura 4, Apêndice).

Entre as 30 espécies restritas (48%), *Isopterygium tenerum* totaliza mais material, sendo a mais comum; as demais 29 possuem escasso material (incluídas entre 0,1% e 0,7%, Figura 3, Apêndice), evidenciando que a distribuição delas – restrita a determinadas áreas do parque – é também muito localizada. Briófitas restritas às praças urbanas são também pouco abundantes (Visnadi & Monteiro, 1990), mas pequenas populações são vulneráveis à extinção local (Bennett & Saunders, 2011). Todavia, no Brasil, onde a biodiversidade é elevada, existem espécies adaptadas a viver dentro de limites estreitos de variação ambiental (Guaratini, 2010), e a distribuição das espécies também varia dentro das manchas urbanas de *habitat* (Adler & Tanner, 2015).

Além disso, as espécies restritas às áreas com bosque heterogêneo superam aquelas restritas às áreas onde predominam as edificações não somente em número de espécies (Apêndice), mas também em percentagem de amostras (8% e 2%, respectivamente). A fragmentação do *habitat* – que caracteriza muitas áreas urbanas – pode contribuir para a biodiversidade em casos nos quais as manchas de *habitats* parecidos

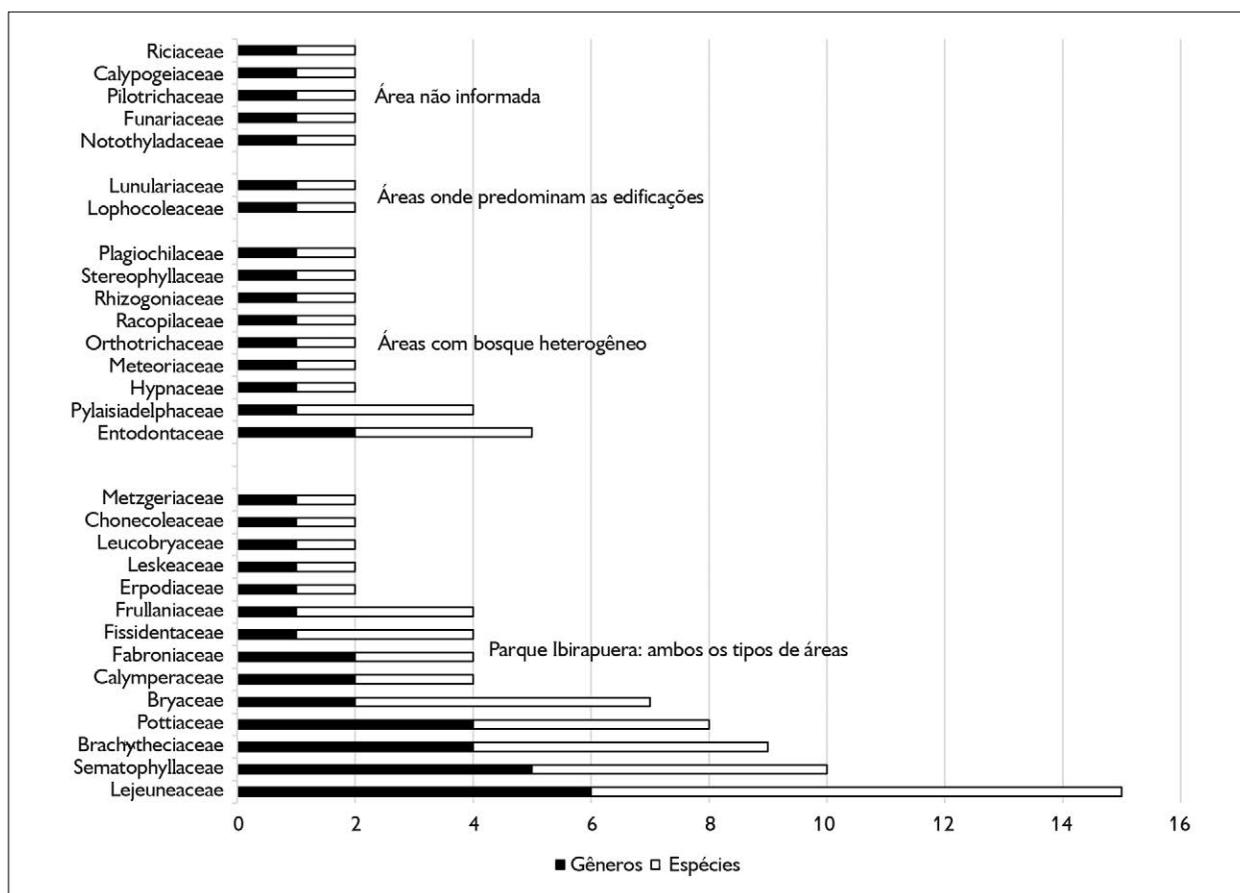


Figura 4. Total de gêneros e de espécies das famílias de briófitas ocorrentes no parque Ibirapuera restritas aos dois tipos de áreas estudadas, bem como das famílias sem informação quanto à área específica de coleta no parque.

estiverem isoladas, contendo espécies diferentes, porque os indivíduos não podem se deslocar livremente entre elas; espécies mais sensíveis à perturbação também só persistem nos fragmentos de *habitat* quando esses são menos urbanizados, a exemplo dos bosques (Adler & Tanner, 2015). Briófitas – que provavelmente colonizavam extensa área na Espanha – encontraram refúgio no sul do país devido aos progressivos processos de desmatamento e de desertificação (Varo *et al.*, 1992). Em razão da constante degradação dos arredores, afloramentos rochosos em remanescentes de Mata Atlântica e em regiões da Caatinga na Paraíba também fornecem refúgios para briófitas com distribuição mais restrita (Silva, J. & Germano, 2013; Germano *et al.*, 2016).

Fragmentos de bosque heterogêneo distribuem-se entre edificações e áreas abertas, córrego e lagos, dentro dos limites do parque Ibirapuera. A modificação do ambiente pode restringir algumas espécies a pequenos fragmentos da área urbana, onde as manchas de *habitat* – adequadas à sobrevivência de determinados organismos – podem estar isoladas por áreas hostis e inóspitas (Adler & Tanner, 2015), como estradas e canais de água, que impõem barreiras ao movimento de muitos organismos através da paisagem (Bennett & Saunders, 2011). Além disso, a vegetação é mais esparsa em bosques heterogêneos (Visnadi, 2018) do que na floresta ombrófila densa (Visnadi, 2015b). Refúgios para a brioflora foram registrados para encostas íngremes e úmidas, no Chile (Pereira *et al.*, 2006), e para recessos

profundos de penhascos, onde temperaturas e umidade são mais estáveis, nos Estados Unidos (Farrar, 1998; Glime, 2017). Todavia, o encrave de floresta úmida em área da floresta seca da Caatinga – na Chapada do Araripe, no Ceará – também funciona como um refúgio para espécies de briófitas mais tolerantes às condições adversas e à sazonalidade da vegetação (Batista *et al.*, 2018).

Briófitas restritas às áreas com bosque heterogêneo (Apêndice) ocorrem em *habitats* úmidos (*Pterogoniopsis paulista*, *Pyrrhobryum spiniforme*, *Racopilum tomentosum*, *Drepanolejeunea mosenii*), ou méxicos (*Entodontopsis nitens*, *Meteorium nigrescens*, *Cololejeunea paucifolia*); em *habitats* abertos (*Chenia leptophylla*, *Entodon beyrichii*, *Fissidens submarginatus*, *Lejeunea obtusangula*) e úmidos (*Isopterygium tenerifolium*), ou abertos e méxicos (*Chryso-hypnum diminutivum*, *Rhynchostegium serrulatum*, *Schlotheimia rugifolia*); em *habitats* mais secos (*Erythrodontium squarrosomum*, *Isopterygium tenerum*, *Rosulabryum capillare*) e abertos (*Barbula indica*), ou abertos e mais secos a méxicos (*Erythrodontium longisetum*), ou, ainda, mais secos a méxicos (*Eurhynchium pulchellum*) (Crum & Anderson, 1981; Magill, 1987; Buck & Vital, 1992; Ireland & Buck, 1994; Sharp *et al.*, 1994; Florschütz-de Waard, 1996; Buck, 1998; Gradstein *et al.*, 2001; Schuster, 2004; Flora of North America Editorial Committee, 2007; Gradstein & Ilkiu-Borges, 2009; Bordin & Yano, 2013; Visnadi, 2018). *Isopterygium byssobolax* e *Plagiochila corrugata* não dispõem de informações sobre tipos de ambientes. Entre as famílias restritas a essas áreas (Figura 4, Apêndice), Meteoriaceae é abundante nas florestas secundárias (Gradstein *et al.*, 2001).

Briófitas restritas às áreas onde predominam as edificações (Apêndice) ocorrem em *habitats* úmidos (*Lunularia cruciata*), ou abertos (*Brachythecium ruderale*, *Bryum argenteum*, *Syrrhopodon parasiticus*, *Frullania kunzei*) e mais secos (*Bryum coronatum*), ou ainda méxicos (*Chiloscyphus latifolius*) (Florschütz, 1964; Sharp *et al.*, 1994; Buck, 1998; Gradstein *et al.*, 2001; Gradstein & Costa, 2003; Wigginton, 2004; Visnadi, 2018). As atividades humanas contribuem para o surgimento de diferentes

*habitats* para as briófitas, ampliando a distribuição delas em diversos ambientes; além disso, algumas espécies são mais comuns em áreas antrópicas do que em ambientes não perturbados (Schofield, 1985; Paiva *et al.*, 2015). Lunulariaceae (Figura 4) é comum em *habitats* artificiais, com muita perturbação antrópica e em jardins (Gradstein *et al.*, 2001; Gradstein & Costa, 2003), ocorrendo apenas nas áreas antrópicas do PEFI (Visnadi, 2015b).

Entre as espécies restritas às áreas onde predominam as edificações, musgos acrocárpicos (*Bryum argenteum*, *B. coronatum* e *Syrrhopodon parasiticus*) superam musgos pleurocárpicos (*Brachythecium ruderale*); além disso, apenas *Syrrhopodon parasiticus* e *Frullania kunzei* são estritamente corticícolas (Apêndice). Nessas áreas, a vegetação arbustivo-arbórea é muito esparsa. Em regiões da Espanha, a propagação dos musgos acrocárpicos e a regressão dos pleurocárpicos foram relacionadas ao desmatamento (Varo *et al.*, 1992); além disso, carvalhos isolados em regiões urbanas possuem brioflora peculiar, sendo um refúgio para essas epífitas, em região do Oregon, nos Estados Unidos, onde áreas de savanas históricas de carvalho nativo estão cada vez mais restritas (Merrifield, 2000). As atividades humanas também contribuem para a destruição da brioflora, quando são responsáveis pelo desmatamento de vastas áreas com briófitas (Hallingbäck & Hodgetts, 2000).

As briófitas sem informações de locais específicos de ocorrência, e que também não mais foram encontradas no parque, foram coletadas em 1979 (incluídas entre 0,1% e 0,2% das amostras, Figura 3, Apêndice). Elas ocorrem em florestas úmidas ou méxicas (*Cyclodictyon albicans*), em *habitats* abertos, porém úmidos (*Phaeoceros laevis*, *Physcomitrium umbonatum*, *Riccia membranacea*), ou úmidos e sombreados, em áreas arborizadas (*Calypogeia laxa*) (Buck, 1998; Gradstein *et al.*, 2001; Gradstein & Costa, 2003; Wigginton, 2004; Porley, 2008). Funariaceae e Ricciaceae (Figura 4) são comuns em *habitats* abertos e perturbados, porém úmidos para a última família (Gradstein *et al.*, 2001), sendo antóceros também comuns

em ambientes perturbados pelas atividades humanas (Vanderpoorten & Goffinet, 2009). A destruição e a fragmentação do *habitat* são visíveis na paisagem, mas os efeitos dessas mudanças na biota demoram muitos anos para ser evidenciados; além disso, as espécies reagem de diferentes formas à fragmentação do *habitat*, pois, enquanto algumas aumentam em abundância, outras diminuem e se tornam localmente extintas, como as espécies com requisitos ecológicos mais especializados, que frequentemente desaparecem nas comunidades de fragmentos (Bennett & Saunders, 2011).

Além disso, as cinco briófitas foram coletadas apenas em solo (Apêndice). Segundo Guaratini (2010), a diminuição da biodiversidade indica alterações ambientais que também são causadas por interferência antrópica. Ademais, solos urbanos possuem maior concentração de metais pesados, nitrogênio, fósforo, matéria orgânica, sais e ácidos do que os solos não orgânicos. Em cidade alemã, espécies de plantas que preferem solo úmido e poucos nutrientes também diminuíram (Adler & Tanner, 2015).

Quase todas as espécies já foram registradas para a vegetação que ocorre na RMSP – floresta ombrófila densa (floresta tropical pluvial), com espécies da floresta estacional semidecidual (floresta tropical subcaducifólia) e da savana florestada (cerradão) –, para áreas antrópicas e, especificamente, urbanas. Elas distribuem-se por vários estados do país e pelo mundo – cosmopolitas, subcosmopolitas, além de pantropicais, neotropicais ou afroamericanas, também alcançando outras regiões; no continente americano e na Ásia, nas regiões temperadas e subtropicais dos hemisférios norte e sul, no hemisfério norte e na região netotropical, na América tropical e subtropical –, ou ocorrem apenas na América do Sul (quatro espécies) e no Brasil (*Fissidens pellucidus* var. *asterodontius*, *Physcomitrium umbonatum*, *Pterogoniopsis paulista*), segundo a literatura indicada para o estudo das briófitas tropicais (Frahm, 2003b), bancos de dados (JBRJ, s. d.; The Plant List, s. d.; Tropicos, s. d.) e outras fontes (Crum & Anderson, 1981; Aragaki & Mantovani, 1998; Buck, 1998; Liu *et al.*, 2007;

Peralta & Yano, 2008; Santos *et al.*, 2011; IBGE, 2012; Bordin & Yano, 2013; Visnadi, 2013a, 2015b, 2018; Dias *et al.*, 2018). Briófitas com ampla distribuição geográfica também caracterizam fragmentos de vegetação urbana, na Bahia, em Minas Gerais, no Rio de Janeiro e em São Paulo (Molinari & Costa, 2001; Visnadi, 2015b, 2018; Souza *et al.*, 2016; Peñaloza-Bojacá *et al.*, 2017).

Áreas verdes fragmentadas representam, geralmente, uma amostra parcial da antiga biota da região (Bennett & Saunders, 2011). Contudo, briófitas ocorrentes em cidades – não exclusivas desses ambientes e com ampla distribuição geográfica – não estão adaptadas aos ambientes urbanos, mas apenas toleram a urbanização (Carmo *et al.*, 2015). *Eurhynchium pulchellum* é citação nova para o Brasil (Apêndice; JBRJ, s. d.; The Plant List, s. d.), estando ameaçada, na categoria em perigo (*endangered* – EN) (IUCN, s. d.; Mamede *et al.*, 2007), mas a espécie ocorre em vários tipos de substratos naturais, de *habitats* úmidos a mais secos, na América do Norte, no Caribe e no norte da América do Sul, na Europa, na Ásia e no norte da África (Crum & Anderson, 1981; Buck, 1998). O material apresenta as características, relacionadas em Crum & Anderson (1981) e Buck (1998), de plantas relativamente pequenas e delicadas, brilhantes, verde-amareladas, com ramos aplanados a teretes; costa única e percurrente, terminando cerca de dois-terços do comprimento do filídio; células alares pouco diferenciadas, sendo as marginais mais estreitas do que aquelas próximas da costa; filídios diferenciados, sendo laxos, eretos a escurados, ovado-lanceolados, com margem inteira a serrulada e bordada por células de paredes delgadas, ápice acuminado, costa delgada, no caulídio e dispostos mais densamente, patentes a escurados, lanceolados a oblongo-lanceolados, com margem serrulada a serreada e bordada por células de paredes mais espessas, ápice agudo a curto-acuminado, costa conspícua e espinhosa na extremidade distal, nos ramos.

*Metzgeria hegewardii* ocorre na Bahia, no Rio Grande do Sul (Vilas Bôas-Bastos *et al.*, 2017; JBRJ, s. d.) e na capital paulista (Visnadi, 2018), sendo mais comum nas áreas com

bosque heterogêneo (4,1% das amostras) do que nas áreas onde predominam as edificações (1,3% das amostras) do parque Ibirapuera (Figura 3, Apêndice), encontrando-se ameaçada no estado paulista, na categoria vulnerável (*vulnerable* – VU; IUCN, s. d.; Mamede *et al.*, 2007).

O material apresenta os caracteres da espécie (Kuwahara, 1981, 1986; JBRJ, s. d.), alguns não registrados em Visnadi (2018), como gametófito ocasionalmente verde-claro, talo subplano, sendo o masculino distintamente menor; rizoides retos, na superfície ventral da costa (densos), principalmente no talo feminino, raramente na margem (esparços) e ocasionalmente na superfície ventral da lâmina (densos); estrutura masculina globosa, sem rizoides, invólucro feminino obovado e hirsuto. A hepática é geralmente muito fértil e com gemas abundantes – planas, na superfície dorsal, mais frequentemente na parte apical do talo, sem rizoides, ou raramente com alguns rizoides retos e muito curtos na margem, principalmente nas plantas masculinas –, ou as gemas são ausentes. A disseminação vegetativa pode facilitar a dispersão no meio ambiente urbano fragmentado (Adler & Tanner, 2015), como as gemas – mais comuns em plantas masculinas –, que possibilitam a sobrevivência em ambientes perturbados (Glime, 2017).

As gemas são discoides (Kuwahara, 1981, 1986; JBRJ, s. d.), pequenas e aderentes ao talo, mas também de diversos tamanhos e relativamente maiores, elípticas, ovaladas ou de formas irregulares e ainda ramificadas, desprendendo-se facilmente da planta. Algumas gemas podem germinar e produzir mais gemas, enquanto ainda anexadas ao gametófito (Glime, 2017), ou desenvolver pequenas plântulas – em alguns representantes de *Metzgeria* –, antes de se desprenderem do talo (Michel, 2001). *Metzgeria hegewardii* não possui gemas azuis (Kuwahara, 1981; JBRJ, s. d.), mas essa cor é comum na extremidade das gemas e do próprio talo, no material estudado. A cor azul nas gemas é conspícua em alguns materiais de herbário de certas espécies de *Metzgeria*, sendo frequentemente usada como característica específica; todavia, não se conhece os fatores que desenvolvem essa

cor, que aparece nos tecidos jovens e após a morte da planta, além dessa coloração ser afetada pelas condições de manutenção do material, após a coleta (Wigginton, 2004).

## COLONIZAÇÃO DO SUBSTRATO, FORMA DE VIDA E GRUPO ECOLÓGICO

As briófitas preferem os substratos naturais, confirmando a importância das áreas verdes no parque Ibirapuera para a conservação da brioflora (Figura 5, Apêndice), que é também mais comum nos substratos naturais de outros parques urbanos paulistanos (Visnadi, 2015b, 2018).

Essas plantas são predominantemente corticícolas (Figura 6, Apêndice). As árvores urbanas alteram o meio ambiente – padrões de clima e fluxo de água – à sua volta, determinando quais outras plantas conseguem germinar e crescer, pois oferecem proteção contra o sol, moderando a temperatura e aumentando a umidade, além de reduzirem o vento (Adler & Tanner, 2015). Em florestas tropicais, briófitas corticícolas são comuns (Richards, 1984), estando a ocorrência delas relacionada às diferentes condições ambientais – temperatura, umidade e exposição à luz – ao longo do tronco e à diversidade de tipos de casca das árvores, quanto à rugosidade, à espessura e ao pH (Bates, 2009; Paiva *et al.*, 2015). Espécies corticícolas também predominam em outras áreas verdes urbanas especificamente de São Paulo (Visnadi, 2015b, 2018), de Mauá e de Ribeirão Pires, na RMSP (Mello *et al.*, 2011; Prudêncio *et al.*, 2015), e do estado paulista (Visnadi & Monteiro, 1990), além de outros estados, como Amapá, Pará, Bahia, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul (Lisboa & Ilkiu-Borges, 1995; Molinaro & Costa, 2001; Bordin & Yano, 2009; Gentil & Menezes, 2011; Machado & Luiz-Ponzo, 2011; Paiva *et al.*, 2015; Souza *et al.*, 2016; Peñaloza-Bojarcá *et al.*, 2017).

As briófitas são comuns em solo perturbado das florestas tropicais (Richards, 1984), mas, na área de estudo (Figura 6, Apêndice), o solo – raramente nu – é gramado, ou de terra batida, podendo apresentar pedriscos, serapilheira ou plantas herbáceas ornamentais, além de ser varrido para a limpeza da área, que é de

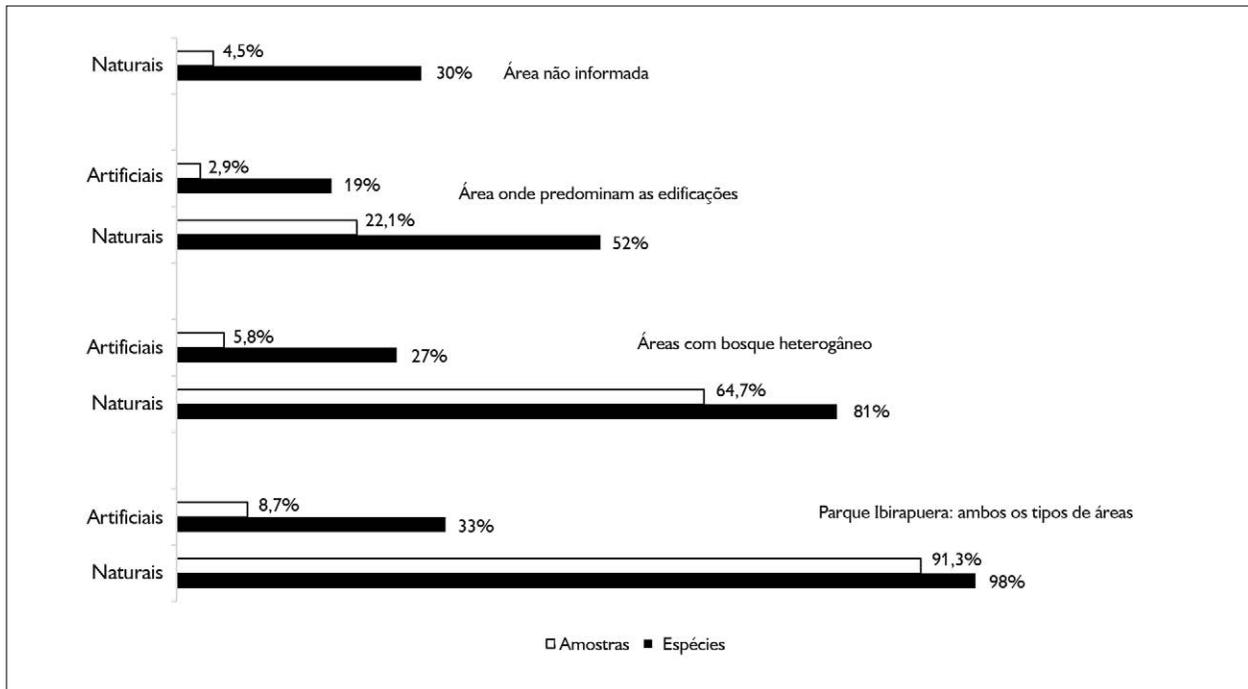


Figura 5. Percentagem de amostras e de espécies de briófitas ocorrentes nos substratos naturais e artificiais, para o parque Ibirapuera, para os dois tipos de áreas estudadas e ainda naqueles substratos sem informação quanto à área específica de coleta no parque.

acesso livre à população. As briófitas dependem da baixa temperatura para se estabelecerem (Hallingbäck & Tan, 2010) e o resfriamento em gramados se restringe ao espaço imediatamente acima da grama; o pisoteio reduz a riqueza das espécies de plantas (Adler & Tanner, 2015) e a cobertura de briófitas, sendo menos resistente a pisadas do que um gramado bem tratado (Schenk, 1997). O parque Ibirapuera é muito visitado (Marchesi, 2014), recebendo cerca de 150 mil pessoas por final de semana (O Estado de São Paulo, 2014).

Epíxilas são mais comuns do que saxícolas, mas todas também ocorrem em outros tipos de substratos; tocos de árvores estão mais disponíveis às briófitas nas áreas com bosque heterogêneo, e rochas estão mais à disposição nas áreas onde predominam as edificações, delimitando canteiros (Figura 6, Apêndice). Briófitas saxícolas são mais raras em outros parques paulistanos (Visnadi, 2015b, 2018), sendo mais incomuns – até mesmo em situações de extrema umidade – do que as epíxilas em florestas

tropicais, onde essas briófitas também ocorrem em outros tipos de substratos (Richards, 1984).

Epífilas predominam em *habitats* sombreados, com alta umidade (Richards, 1984), nos estratos inferiores das florestas tropicais úmidas (Kersten & Waechter, 2011); são muito sensíveis às perturbações ambientais (Gradstein *et al.*, 2001) e à fragmentação da vegetação (Alvarenga & Pôrto, 2007), não ocorrendo no parque Ibirapuera (Figura 6, Apêndice). Ausência de epífilas já foi relacionada à perturbação ambiental, em outros fragmentos de vegetação urbana, no Amapá, em Minas Gerais (Gentil & Menezes, 2011; Paiva *et al.*, 2015) e na cidade de São Paulo (Visnadi, 2018).

As atividades antrópicas ampliam a ocorrência das briófitas em variados tipos de substratos (Schofield, 1985), como o concreto, que é o substrato artificial preferido pela brioflora, onde se restringe *Brachythecium ruderale*, por exemplo (Figura 6, Apêndice). Concreto possui rica brioflora (Fudali, 2001), sendo o substrato preferido

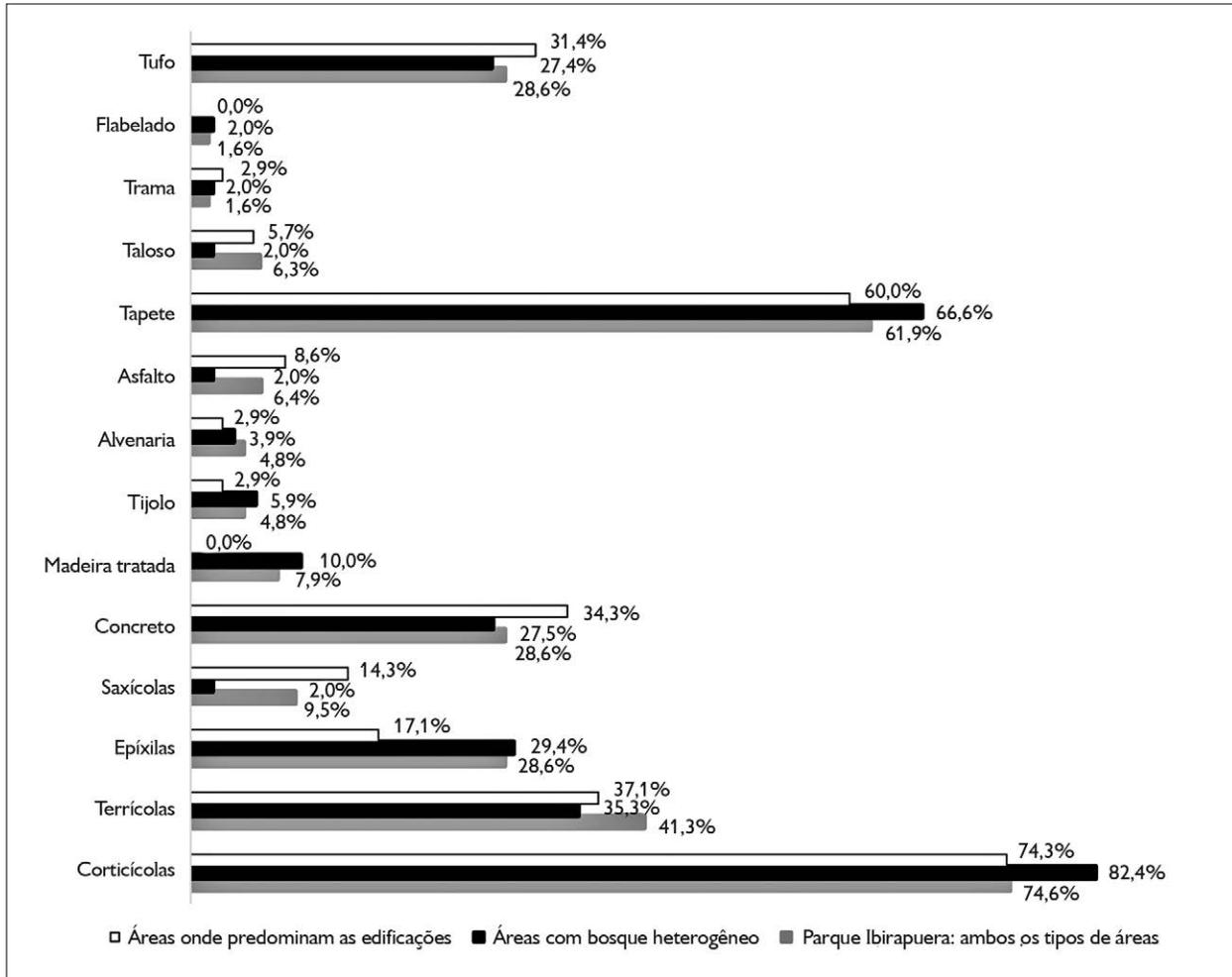


Figura 6. Percentagem de espécies de briófitas para tipos de substratos e formas de vida no parque Ibirapuera e nos dois tipos de áreas estudadas.

pelas briófitas nos ambientes mais abertos e perturbados (Jukonienė, 2008) em outros parques urbanos paulistanos (Visnadi, 2018).

Madeira tratada – como cerca ou embutida no solo, para delimitar canteiros, caminhos ou áreas maiores – é mais disponível às briófitas do que tijolo, alvenaria e asfalto (Figura 6, Apêndice), inclusive em outros parques urbanos paulistanos (Visnadi, 2018). O primeiro tipo de substrato é muito semelhante aos caules e troncos, onde as briófitas são comuns. Todavia, a superfície impermeável das áreas urbanas – edificações e pavimentação – armazena energia

térmica, que eleva a temperatura e piora a qualidade do ar, através da intensificação do efeito da ilha de calor urbano (Steinbaum & Massambani, 2011; Jacobi, 2013), favorecendo o escoamento rápido de água, com poluentes e nutrientes, e reduzindo a absorção pelo solo depois das tempestades; a vegetação desacelera o movimento da água, mas sofre com a pouca disponibilidade desse recurso, quando próxima de superfícies impermeáveis; além disso, as paredes acomodam algumas briófitas, mas são inóspitas – duras e impermeáveis –, mais claras e quentes do que os habitats circunvizinhos (Adler & Tanner, 2015).

As briófitas são mais frequentes em asfalto com pouco trânsito, como no Viveiro Manequinho Lopes (áreas onde predominam as edificações), em comparação com a quadra esportiva com minicliclovia (áreas com bosque heterogêneo) (Figura 6, Apêndice). Todavia, uma das causas da perda das espécies vegetais é o aumento das áreas pavimentadas, que ainda podem deixar a água que escoar bem aquecida, quando escuras (Adler & Tanner, 2015). O Plano Diretor Estratégico – sobre a expansão e o desenvolvimento para a cidade de São Paulo – destaca a implementação de medidas para conter e reverter o processo de impermeabilização do solo urbano (Branco, 2011).

As espécies de briófitas caracterizam ambientes em regeneração (Peralta & Yano, 2008), pois foram registradas para variados substratos, embora nenhuma delas colonize todos os nove tipos encontrados no parque Ibirapuera (Figura 6). A maioria das 15 espécies (23,8%) – coletadas em três a sete tipos de substratos – ocorre nos substratos naturais, artificiais e em todo o parque; *Vitalia galipensis* cresce em vários tipos de substratos no PEFI (Visnadi, 2015b) e *Hyophila involuta* – com grande adaptação às condições adversas (Lisboa & Ilkiu-Borges, 1995) – é frequente em substratos artificiais introduzidos (Carmo *et al.*, 2015; Silva, A. M. *et al.*, 2018). Por outro lado, as briófitas registradas para um e dois tipos de substratos (43 espécies 68,3%) restringem-se – em sua maioria – a determinadas áreas e predominam nos substratos naturais. Para cinco espécies (7,9%), não se conhece as áreas onde foram coletadas (Apêndice). A brioflora predomina em vários tipos de substratos, nos fragmentos de vegetação urbana, em Minas Gerais (Paiva *et al.*, 2015) e na capital paulista (Visnadi, 2015b, 2018), onde também caracteriza ambientes em regeneração.

As formas de vida tapete, talosa, trama e flabelado estão mais relacionadas a ambientes úmidos, e tufo, a ambientes mais secos (Santos & Costa, 2008; Santos *et al.*, 2011; Glime, 2017). Tapete e tufo predominam na brioflora de outros parques (Visnadi, 2015b, 2018) e na área de estudo; todavia, tapete já foi relacionada a *habitat* com dessecação

ocasional; tufo e taloso – também registradas para *habitats* mais abertos, secos e perturbados – são comuns nas áreas onde predominam as edificações, mas trama e flabelado – típicas de briófitas em florestas de montanha – são menos frequentes na área de estudo (Figura 6, Apêndice; Frahm, 2003c; Vanderpoorten & Goffinet, 2009).

Entre as cinco espécies não mais encontradas no parque, *Cyclodictyon albicans* é típica de sombra e as outras quatro são generalistas (Schuster, 1992; Gradstein & Costa, 2003; Visnadi, 2013a, 2013b, 2015a, 2015b; Batista *et al.*, 2018). Entre as demais 58 espécies, *Brachythecium ruderales*, *Syrrophodon parasiticus*, *Acanthocoleus aberrans*, *Frullania kunzei*, conhecidas como típicas de sol, e *Fissidens submarginatus*, *Lunularia cruciata*, *Plagiochila corrugata*, listadas como típicas de sombra (Silva, J. & Germano, 2013; Valente *et al.*, 2013; Visnadi, 2015b, 2018; Batista *et al.*, 2018), na área de estudo, são generalistas. Portanto, a brioflora estudada possui 62 espécies generalistas e uma típica de sombra (Apêndice). Briófitas generalistas predominam em locais fragmentados e perturbados, sendo menos afetadas pela modificação do *habitat* (Alvarenga & Pôrto, 2007; Alvarenga *et al.*, 2010). O ecossistema urbano apresenta processos de transformação acelerados, perturbações irregulares e localizadas, *habitats* novos e vizinhos e, por essa razão, favorece as espécies generalistas; além disso, espécies que conseguem sobreviver em ambientes diferentes tornam-se mais generalistas, se antes eram especialistas (Adler & Tanner, 2015). O crescimento de briófitas com maior amplitude ecológica – em relação à luz e à umidade – é favorecido pela estrutura mais aberta das florestas secundárias (Frahm, 2003d). Briófitas urbanas são principalmente generalistas (Carmo *et al.*, 2015), inclusive em outros parques paulistanos (Visnadi, 2015b, 2018).

## COMPARAÇÃO COM OUTROS FRAGMENTOS DE VEGETAÇÃO URBANA

A similaridade da brioflora entre áreas distintas tem sido relacionada à distância geográfica, ao domínio climático e

ao tipo de vegetação, sem considerar – nessa comparação – a área de estudo, os métodos e o esforço de coleta em cada localidade (Bordin & Yano, 2009; Mello *et al.*, 2011; Carmo *et al.*, 2015).

Portanto, 52 (82%) espécies listadas foram também registradas para o PEFI (266 espécies de briófitas, em 493,21 ha), com áreas antrópicas arborizadas e florestas secundárias, e 37 (59%) foram listadas para outros parques urbanos paulistanos (69 espécies de briófitas, em 19,34 ha), onde predomina bosque heterogêneo (Apêndice; Visnadi, 2015b, 2018). A flora das cidades reflete as consequências da urbanização, como perturbações, fragmentação e a qualidade dos *habitats* (Adler & Tanner, 2015). O risco de extinção local das espécies também aumenta quando os fragmentos de vegetação – espalhados pela área urbana da RMSP – ficam cada vez menores, mais isolados e sem conexão com outras áreas verdes da metrópole (Catharino & Aragaki, 2008; Malagoli *et al.*, 2008). Além disso, brioflora empobrecida também caracteriza *habitats* modificados, quando comparados à floresta natural (Pôrto *et al.*, 2004; Gradstein & Sporn, 2010; Visnadi, 2013a).

Apenas 12 espécies (19%) ocorrem em áreas verdes urbanas de outros municípios da RMSP (Mello *et al.*, 2011; Prudêncio *et al.*, 2015) e 18 (29%), em áreas verdes urbanas de outras localidades paulistas (Visnadi & Monteiro, 1990; Mello *et al.*, 2001); por outro lado, 49 espécies (78%, Apêndice) são comuns entre o parque Ibirapuera e áreas verdes urbanas da região Sudeste, no estado do Rio de Janeiro (Molinari & Costa, 2001) e em Minas Gerais (Machado & Luiz-Ponzo, 2011; Lima & Rocha, 2015; Paiva *et al.*, 2015; Silva, A. L. & Rocha, 2015; Peñaloza-Bojacá *et al.*, 2017), sob domínio dos biomas Mata Atlântica e Cerrado.

Todavia, 29 espécies listadas (46%) ocorrem também em Caxias do Sul, no Rio Grande do Sul (bioma Mata Atlântica), estado com brioflora diversificada, tendo Caxias do Sul a maior riqueza em espécies de briófitas; o último município possui floresta ombrófila mista, floresta estacional decidual e savana gramíneo-lenhosa; São Paulo

possui floresta ombrófila densa, com espécies da floresta estacional semidecidual e da savana florestada (Aragaki & Mantovani, 1998; Bordin & Yano, 2009; IBGE, 2012). Por outro lado, apenas 16 espécies (25%) ocorrem em áreas verdes urbanas na região Norte (Vital & Visnadi, 1994; Lisboa & Ilkiu-Borges, 1995; Gentil & Menezes, 2011 – bioma Amazônia) e somente 14 (22%, Apêndice) são comuns a esses mesmos tipos de áreas na região Nordeste (Bastos & Yano, 1993; Souza *et al.*, 2016; Silva, A. M. *et al.*, 2018, biomas Mata Atlântica e Cerrado).

## CONSERVAÇÃO

Áreas com espécies ameaçadas de extinção ou endêmicas são especialmente prioritárias para a conservação da biodiversidade, em São Paulo (Branco, 2011), a exemplo da área de estudo, com briófitas ameaçadas de extinção (*Eurhynchium pulchellum* e *Metzgeria hegewaldii*) e endêmicas do Brasil (*Fissidens pellucidus* var. *asterodontius* e *Pterogoniopsis paulista*), sendo uma delas (*Physcomitrium umbonatum*) não mais encontrada no parque Ibirapuera (Apêndice; IUCN, s. d.; JBRJ, s. d.; The Plant List, s. d.; Crum & Anderson, 1981; Buck, 1998; Mamede *et al.*, 2007; Bordin & Yano, 2013; Visnadi, 2018). Espécies ameaçadas de extinção são também as mais vulneráveis às pressões e aos impactos relacionados à mudança do clima (Oliveira, R. & Alves, 2014).

A fragmentação e a perda de *habitat* na capital paulista podem levar ao declínio de populações dos fragmentos de vegetação, que ficam isoladas, sem conectividade (Branco, 2011). Corredores ecológicos e ruas arborizadas ligam remanescentes florestais e unidades de conservação, possibilitando o movimento da biota e a recolonização de áreas degradadas, bem como a manutenção de populações que demandam áreas maiores para sobreviver (Lovejoy, 2011; Silva, A. N. *et al.*, 2014; Adler & Tanner, 2015). Entre o parque Ibirapuera e outras áreas públicas, já foi proposto um grande corredor verde, estruturado por calçadas ecológicas, percorrendo alguns distritos e trecho da várzea do rio Pinheiros, com bairros-jardins e

praças, a fim de melhorar a qualidade ambiental urbana e auxiliar na conservação e no aumento da biodiversidade da cidade de São Paulo (Takiya, 2002; Franco, 2010). A extensão da interferência humana no planeta indica que é necessário integrar os esforços de conservação com as atividades antrópicas (Koh & Gardner, 2011). Além disso, a proteção e a conexão de fragmentos remanescentes, além da ampliação das áreas verdes, são prioritárias para a conservação da biodiversidade no município de São Paulo (Malagoli *et al.*, 2008; Steinbaum & Massambani, 2011). Sérgio *et al.* (2016) também sugerem a criação de novas áreas verdes, para incrementar a biodiversidade urbana, na região metropolitana de Lisboa.

A Mata Atlântica é mais rica em espécies de briófitas, entre os biomas brasileiros (Costa & Peralta, 2015), além de importante para a riqueza da brioflora em ambientes urbanos (Carmo *et al.*, 2015). Bosques heterogêneos são fundamentais para a recuperação da Mata Atlântica na cidade de São Paulo, pois contribuem para a implantação de espécies de sombra e de sub-bosque arbustivo-arbóreo; no caso do parque Ibirapuera, a importância do seu bosque para a recuperação da Mata Atlântica – tendo a função de corredor ecológico – visa ao estabelecimento de espécies epífitas (Martins *et al.*, 2017). Confirmando essa informação, a brioflora é mais rica em outros parques urbanos paulistanos (69 espécies, em 19,34 ha) do que no parque Ibirapuera (63 espécies, em 158,4 ha); o parque Eucaliptos possui 43 espécies, em área de apenas 1,54 ha (Visnadi, 2018); no entanto, ambientes urbanos maiores deveriam possuir mais espécies, pois apresentam grandes espaços para que várias delas se acumulem (Adler & Tanner, 2015). Por outro lado, em Alagoas, fragmentos florestais com mais de 300 ha são importantes para a conservação da brioflora considerada rica, com 63 espécies (Alvarenga *et al.*, 2010).

Parques se convertem em ilhas de *habitat*, pelo aumento da construção civil no entorno (Adler & Tanner, 2015). O índice de cobertura vegetal (ICV) da região onde se situa o parque Ibirapuera é baixo (ICV = 11,9 m<sup>2</sup> de verde

por habitante), sendo prioritário o plantio de árvores, a fim de se aumentar 3,5 vezes o ICV, uniformizando a arborização para o mais próximo possível de uma árvore por habitante (Buckeridge, 2015). A região apresenta até 20% de vegetação restrita a fragmentos muito pequenos e com alto grau de isolamento, baixo potencial para manutenção da sua biodiversidade e alto risco de extinção local de espécies (Martins *et al.*, 2017). A fragmentação e a perda de *habitat* são as principais causas da diminuição global de populações e espécies (Bennett & Saunders, 2011; Oliveira, J. *et al.*, 2011), além do isolamento do fragmento afetar as comunidades de briófitas (Alvarenga & Pôrto, 2007). A riqueza de espécies também tende a ser reduzida em áreas com extrema urbanização (McKinney, 2008). Todavia, parques com brioflora mais rica se situam em bairros mais densamente arborizados, que possuem temperaturas mais amenas (Visnadi, 2018).

Por outro lado, áreas altamente urbanizadas – no município de São Paulo, por exemplo – possuem relevância para a qualidade de vida da população (Martins *et al.*, 2017). O conhecimento da biodiversidade também valoriza a conservação dos *habitats* nessas paisagens modificadas pelo homem, embora as regiões urbanas representem o pior cenário no manejo do ecossistema (Koh & Gardner, 2011). A preocupação com a deterioração dos ecossistemas, dos quais depende o bem-estar da humanidade, foi incluída na Agenda 21, que defende a integração entre meio ambiente e desenvolvimento na tomada de decisões, no combate ao desflorestamento e na conservação da diversidade biológica (Sabbagh, 2014). Além disso, o acompanhamento do estado quanto à qualidade ambiental incorpora os princípios da Política Nacional de Meio Ambiente (Brasil, 1981).

Portanto, os resultados obtidos comprovam a importância da proteção dos fragmentos florestais e da recuperação dos corredores de biodiversidade, evitando e reduzindo o desmatamento, além do incremento da arborização pública, aumentando a cobertura vegetal das áreas urbanas e a biodiversidade (Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo, 2009; Câmara Municipal, 2009;

Branco, 2011; Barros *et al.*, 2013; Oliveira, R. & Alves, 2014; Candido *et al.*, 2016; Martins *et al.*, 2017). A conservação e o manejo sustentável dos ecossistemas, além da inclusão dos valores da biodiversidade nas estratégias do desenvolvimento – políticas públicas –, fazem parte das ações que visam à implementação, no Brasil, dos objetivos de desenvolvimento sustentável, da plataforma Agenda 2030 (PNUD & IPEA, 2015b).

## CONCLUSÃO

A brioflora é pobre em espécies no parque Ibirapuera.

Neste parque, ainda assim, muitas espécies se restringem a determinadas áreas, onde várias delas ocorrem em locais únicos. Essa distribuição restrita evidencia a existência de *habitats* variados para a brioflora, mas também maiores riscos de extinção local de briófitas. Vale a pena ressaltar que cinco espécies – registradas anteriormente para o parque – não foram mais encontradas, sendo uma delas endêmica do Brasil (*Physcomitrium umbonatum*).

A maior riqueza da brioflora nas áreas com bosque heterogêneo, em relação às áreas onde predominam as edificações, comprova que as primeiras áreas servem como refúgio para várias espécies de briófitas no parque Ibirapuera. Esses resultados demonstram a importância que a arborização tem para a conservação da brioflora do parque, a qual – agora conhecida – pode contribuir para o monitoramento da qualidade ambiental do local.

A flora de briófitas destaca-se por apresentar uma variedade (*Fissidens pellucidus* var. *asterodontius*) e uma espécie (*Pterogoniopsis paulista*) endêmicas do Brasil, além de espécies ameaçadas de extinção no estado paulista (*Metzgeria hegewaldii*) e no país (*Eurhynchium pulchellum*), sendo a última citada pela primeira vez para o Brasil.

## AGRADECIMENTOS

A E. L. M. Catharino, pelo auxílio na abordagem do tema, E. P. C. Gomes, pela colaboração na análise e ilustração dos dados, durante o curso “Planejamento e análises

quantitativas em estudos de biodiversidade”, E. J. N. Silva e K. Mazzei, pela ajuda na elaboração das figuras (funcionários do Instituto de Botânica); a H. Guiaro e V. L. Soares, pela acolhida (funcionários do parque Ibirapuera); à Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente (SVMA), prefeitura do município de São Paulo, pela autorização da coleta do material botânico no local (projeto de pesquisa “Flora de briófitas de parques da cidade de São Paulo – 1”, processo 2015-0.285.147-0), então sob administração do Departamento de Parques e Áreas Verdes (DEPAVE).

## REFERÊNCIAS

ADLER, F. & C. J. TANNER, 2015. **Ecosistemas urbanos**: princípios ecológicos para o ambiente construído: 1-384. Oficina de Textos, São Paulo.

ALLEN, B. H., 2002. **Moss flora of Central America**. Part 2. Encalyptaceae-Orthotrichaceae: 1-699. University of Chicago Press (Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden, 90), Chicago.

ALVARENGA, L. D. P. & K. C. PÔRTO, 2007. Patch size and isolation effects on epiphytic and epiphyllous bryophytes in the fragmented Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation** 134(3): 415-427. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.08.031>.

ALVARENGA, L. D. P., K. C. PÔRTO & J. R. P. M. OLIVEIRA, 2010. Habitat loss effects on spatial distribution of non-vascular epiphytes in a Brazilian Atlantic Forest. **Biodiversity and Conservation** 19(3): 619-635. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-009-9723-2>.

ANDRADE, L. A. Z., J. M. FELFILI & L. VIOLATTI, 2002. Fitossociologia de uma área de cerrado denso na RECOR-IBGE, Brasília-DF. **Acta Botanica Brasílica** 16(2): 225-240. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062002000200009>.

ARAGAKI, S. & W. MANTOVANI, 1998. Caracterização do clima e da vegetação de remanescente florestal no planalto paulistano (SP). **Anais do Simpósio de Ecosistemas Brasileiros** 4(2): 25-36.

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2009. Lei nº 13.798, de 9 de novembro de 2009. Institui a Política Estadual de Mudanças Climáticas - PEMC. **Diário Oficial** Seção I, 119(209): 1, 3-4.

BARROS, E. C., A. C. PALÁCIOS & J. R. LOPES, 2013. **Programa Município VerdeAzul**: da teoria à prática: 1-152. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo/Coordenadoria de Planejamento Ambiental, São Paulo.

BASTOS, C. J. P. & O. YANO, 1993. Musgos da zona urbana de Salvador, Bahia, Brasil. **Hoehnea** 20(1-2): 23-33.



- BATES, J. W., 2009. Mineral nutrition and substratum ecology. In: B. GOFFINET & A. J. SHAW (Ed.): **Bryophyte biology**: 2. ed.: 299-356. Cambridge University Press, New York.
- BATISTA, W. V. S. M., K. C. PÔRTO & N. D. SANTOS, 2018. Distribution, ecology, and reproduction of bryophytes in a humid enclave in the semiarid region of northeastern Brazil. **Acta Botanica Brasilica** 32(2): 303-313. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-33062017abb0339>.
- BENNETT, A. F. & D. A. SAUNDERS, 2011. Habitat fragmentation and landscape change. In: N. S. SODHI & P. R. EHRLICH (Ed.): **Conservation biology for all**: 88-106. Oxford University Press Inc., New York.
- BORDIN, J. & O. YANO, 2009. Briófitas do Centro Urbano de Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil. **Hoehnea** 36(1): 7-71. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S2236-89062009000100001>.
- BORDIN, J. & O. YANO, 2013. Fissidentaceae (Bryophyta) do Brasil. **Boletim do Instituto de Botânica** 22: 1-169.
- BRANCALION, P. H. S., R. A. G. VIANI, R. R. RODRIGUES & R. G. CÉSAR, 2012. Estratégias para auxiliar na conservação de florestas tropicais secundárias inseridas em paisagens alteradas. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 7(3): 219-234.
- BRANCO, A. M. (Coord.), 2011. **Ações pela biodiversidade da cidade de São Paulo**: protegendo e preservando a biodiversidade paulistana: 1-62. Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente, São Paulo.
- BRASIL, 1981. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 2 de setembro de 1981.
- BRAZOLIN, S., 2012. Floresta urbana: um desafio para as cidades (palestra). In: CRBio-01 lança o seu concurso ambiental na Câmara Municipal de São Paulo. **O Biólogo** 6(22): 13.
- BUCK, W. R. & D. M. VITAL, 1992. *Paranapiacabaea paulista*, a new genus and species of Sematophyllaceae from southeastern Brazil. **Brittonia** 44(3): 339-343. DOI: <https://doi.org/10.2307/2806937>.
- BUCK, W. R., 1994. A synopsis of the American species of *Donnellia* (Sematophyllaceae). **Hikobia** 11: 377-385.
- BUCK, W. R., 1998. **Pleurocarpus mosses of the West Indies**: 1-400. NYBG (Memoirs of the New York Botanical Garden, 82), New York.
- BUCKERIDGE, M., 2015. Árvores urbanas em São Paulo: planejamento, economia e água. **Estudos Avançados** 29(84): 85-101. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142015000200006>.
- CÂMARA MUNICIPAL, 2009. Lei nº 14.933, de 5 de junho de 2009. Institui a Política de Mudança do Clima no Município de São Paulo. **Diário Oficial da Cidade de São Paulo** 54(105): 1, 3.
- CANDIDO, A. B., A. C. PALÁCIOS, C. M. A. AZEVEDO, E. C. BARROS, M. A. GOMES, N. G. B. LIMA, N. N. GONSALVEZ, P. F. CAPUANO, S. A. WATANABE, T. C. M. FERREIRA, C. J. FERREIRA, M. J. BROLLO & S. A. A. NOGUEIRA, 2016. **Relatório de qualidade ambiental, RQA 2016**: 1-300. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo/Coordenadoria de Planejamento Ambiental, São Paulo.
- CARMO, D. M., E. C. GASPARINO & D. F. PERALTA, 2015. Análise comparativa de briófitas urbanas da região noroeste do estado de São Paulo com demais trabalhos em diferentes fitofisionomias brasileiras. **Pesquisas, Botânica** (67): 255-272.
- CATHARINO, E. L. M. & S. ARAGAKI, 2008. A vegetação do município de São Paulo: de Piratininga à metrópole paulistana. In: L. R. MALAGOLI, F. B. BAJESTEIRO & M. WHATELY (Org.): **Além do concreto**: contribuições para a proteção da biodiversidade paulistana: 56-91. Instituto Socioambiental, São Paulo.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB), 2018. **Qualidade do ar no estado de São Paulo**: 1-198. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (Série Relatórios), São Paulo. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2019/07/Relat%C3%B3rio-de-Qualidade-do-Ar-2018.pdf>. Acesso em: 8 maio 2019.
- COSTA, D. P. & D. F. PERALTA, 2015. Bryophytes diversity in Brazil. **Rodriguésia** 66(4): 1063-1071. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860201566409>.
- CRANDALL-STOTLER, B., R. E. STOTLER & D. G. LONG, 2009. Morphology and classification of the Marchantiophyta. In: B. GOFFINET & A. J. SHAW (Ed.): **Bryophyte biology**: 2. ed.: 1-54. Cambridge University Press, New York.
- CRUM, H. A. & L. E. ANDERSON, 1981. **Mosses of Eastern North America**: 1-1328. Columbia University Press, New York.
- DIAS, M. S., D. F. PERALTA & S. J. SILVA NETO, 2018. Taxonomic treatment of the Funariaceae from Brazil. **Phytotaxa** 357(2): 77-93. DOI: <http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.357.2.1>.
- DITTRICH, S., C. LEUSCHNER & M. HAUCK, 2016. Change in the bryophyte diversity and species composition of Central European temperate broadleaved forests since the late nineteenth century. **Biodiversity and Conservation** 25(11): 2071-2091. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-016-1179-6>.
- FARRAR, D. R., 1998. The tropical flora of rockhouse cliff formations in the eastern United States. **The Journal of the Torrey Botanical Society** 125(2): 91-108. DOI: <http://dx.doi.org/10.2307/2997297>.
- FLORA OF NORTH AMERICA EDITORIAL COMMITTEE, 2007. **Flora of North America**: 1-713. Oxford University Press (Bryophytes: Mosses: v. 27, Bryophyta, part 1), New York.
- FLORSCHÜTZ, P. A., 1964. **The mosses of Suriname**: part 1: 1-271. E.J. Brill (v. 6), Leiden.

- FLORSCHÜTZ-DE WAARD, J., 1996. Sematophyllaceae. In: A. R. A. GÖRTS-VAN RIJN (Ed.): **Flora of the Guianas**: 384-438. Royal Botanic Gardens (Series C: Bryophytes, Fascicle 1. Musci III), Kew.
- FRAHM, J.-P., 2003a. Research needs and priorities. In: J.-P. FRAHM (Ed.): **Manual of tropical bryology**. **Tropical Bryology** (23): 195.
- FRAHM, J.-P., 2003b. Appendix. In: J.-P. FRAHM (Ed.): **Manual of tropical bryology**. **Tropical Bryology** 23: 95-173.
- FRAHM, J.-P., 2003c. Morphological adaptations. In: J.-P. FRAHM (Ed.): **Manual of tropical bryology**. **Tropical Bryology** 23: 29-38.
- FRAHM, J.-P., 2003d. Ecology of tropical bryophytes. In: J.-P. FRAHM (Ed.): **Manual of tropical bryology**. **Tropical Bryology** 23: 39-57.
- FRANCO, M. A. R., 2010. Infraestrutura verde em São Paulo: o caso do corredor verde Ibirapuera-Villa Lobos. **Labverde** 1: 135-154. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.v0i1p135-154>.
- FUDALI, E., 2001. The ecological structure of the bryoflora of Wrocław's parks and cemeteries in relation to their localization and origin. **Acta Societatis Botanicorum Poloniae** 70(3): 229-235.
- GAGLIOTI, A. L. & R. J. F. GARCIA, 2015. Gimnospermas no Parque Ibirapuera, São Paulo, SP, Brasil. **Hoehnea** 42(1): 93-108. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2236-8906-01/2014>.
- GENTIL, K. C. S. & C. R. MENEZES, 2011. Levantamento de briófitas bioindicadoras de perturbação ambiental do campus Marco Zero do Equador da UNIFAP. **Biota Amazônia** 1(1): 63-73. DOI: <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v1n1p63-73>.
- GERMANO, S. R., J. B. SILVA & D. F. PERALTA, 2016. Paraíba State, Brazil: a hotspot of bryophytes. **Phytotaxa** 258(3): 251-278. DOI: <http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.258.3.2>.
- GIGNAC, L. D., 2011. Bryophytes as predictors of climate change. In: Z. TUBA, N. G. SLACK & L. R. STARK (Ed.): **Bryophyte ecology and climate change**: 461-482. Cambridge University Press, New York.
- GLIME, J. M., 2007. Economic and ethnic uses of bryophytes. In: FLORA OF NORTH AMERICA EDITORIAL COMMITTEE. **Flora of North America**: 14-41. Oxford University Press (Bryophytes: Mosses: v. 27, Bryophyta, part 1), New York.
- GLIME, J. M., 2017. **Bryophyte ecology**: v. 1. Michigan Technological University and the International Association of Bryologists, Michigan. Disponível em: <http://digitalcommons.mtu.edu/bryophyte-ecology/>. Acesso em: 8 maio 2019.
- GOFFINET, B., W. R. BUCK & A. J. SHAW, 2009. Morphology, anatomy, and classification of the Bryophyta. In: B. GOFFINET & A. J. SHAW (Ed.): **Bryophyte biology**: 2. ed.: 55-138. Cambridge University Press, New York.
- GOOGLE MAPS/GOOGLE EARTH, [s. d.]. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/>. Acesso em: 28 maio 2019.
- GRADSTEIN, S. R., 1994. Lejeuneaceae: Ptychantheae, Brachilolejeuneae. **Flora Neotropica** 62: 1-216.
- GRADSTEIN, S. R., S. T. CHURCHILL & N. SALAZAR-ALLEN, 2001. **Guide to the bryophytes of Tropical America**: 1-577. NYBG Press (Memoirs of the New York Botanical Garden, 86), New York.
- GRADSTEIN, S. R. & D. P. COSTA, 2003. **The Hepaticae and Anthocerotae of Brazil**: 1-318. NYBG Press (Memoirs of the New York Botanical Garden, 87), New York.
- GRADSTEIN, S. R. & A. L. ILKIU-BORGES, 2009. Guide of the plants of Central French Guiana. Part 4. Liverwort and Hornworts. **Memoirs of the New York Botanical Garden** 76(4): 1-140.
- GRADSTEIN, S. R. & S. G. SPORN, 2009. Impact of forest conversion and climate change on bryophytes in the tropics. **Berichten der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft** 21: 128-141.
- GRADSTEIN, S. R. & S. G. SPORN, 2010. Land-use change and epiphytic bryophyte diversity in the Tropics. **Nova Hedwigia** 138: 311-323.
- GUARATINI, M. T. G., 2010. Como conhecer a biodiversidade. In: V. L. R. BONONI (Coord.): **Biodiversidade**: 51-67. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo/Instituto de Botânica (Cadernos de Educação Ambiental, 4), São Paulo.
- HALLINGBÄCK, T. & N. HODGETTS, 2000. **Mosses, liverworts and hornworts**: status survey and conservation action plan for bryophytes: 1-106. IUCN/SSC Bryophyte Specialist Group, Cambridge.
- HALLINGBÄCK, T. & B. C. TAN, 2010. Past and present activities and future strategy of bryophyte conservation. **Phytotaxa** 9: 266-274. DOI: <http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.9.1.15>.
- HAMMER, Ø., D. A. T. HARPER & P. D. RYAN, 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica** 4(1): 1-9. Disponível em: [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm). Acesso em: 8 maio 2019.
- IBIRAPUERA: INVENTÁRIO DE FLORA 2018, [s. d.]. Disponível em: [https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/SITE%20SVM%202018%20PQ%20IBIRAPUERA\(2\).pdf](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/SITE%20SVM%202018%20PQ%20IBIRAPUERA(2).pdf). Acesso em: 8 maio 2019.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 2012. **Manual técnico da vegetação brasileira**: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos: 1-271. IBGE (Série Manuais Técnicos em Geociências, 1), Rio de Janeiro.

- INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE AND NATURAL RESOURCES (IUCN), [s. d.]. **The IUCN red list of threatened species**. Disponível em: <http://www.iucnredlist.org>. Acesso em: 8 maio 2019.
- IRELAND, R. R. & W. R. BUCK, 1994. Stereophyllaceae. **Flora Neotropica** 65: 1-49.
- JACOBI, P. R., 2013. São Paulo metrópole insustentável – como superar esta realidade? **Cadernos Metrópole** 15(29): 219-239.
- JÁCOME, J., S. R. GRADSTEIN & M. KESSLER, 2011. Responses of epiphytic bryophyte communities to simulated climate change in the tropics. In: Z. TUBA, N. G. SLACK & L. R. STARK (Ed.): **Bryophyte ecology and climate change**: 191-207. Cambridge University Press, New York.
- JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO (JBRJ), [s. d.]. **Flora do Brasil 2020 em construção**. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br>. Acesso em: 8 maio 2019.
- JUKONIENÉ, I., 2008. The impact of anthropogenic habitat on rare bryophyte species in Lithuania. **Folia Cryptogamica Estonica** 44: 55-62.
- KABASHIMA, Y., M. L. F. ANDRADE, F. B. GANDARA, F. L. TOMAS, J. L. POLIZEL, G. D. N. VELASCO, L. F. SILVA, A. D. P. DOZZO, R. G. MOURA & D. F. SILVA FILHO, 2011. Histórico da composição da vegetação arbórea do parque do Ibirapuera e sua contribuição para a conservação da biodiversidade. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana** 6(4): 125-144. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/revsbau.v6i4.66492>.
- KERSTEN, R. A. & J. L. WAECHTER, 2011. Métodos quantitativos no estudo de comunidades epifíticas. In: J. M. FELFILI, P. V. EISENLOHR, M. M. R. F. MELO, L. A. ANDRADE & J. A. A. MEIRA NETO (Ed.): **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudo de casos**: v. 1: 231-254. Editora da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- KOH, L. P. & T. A. GARDNER, 2011. Conservation in human-modified landscapes. In: N. S. SODHI & P. R. EHRLICH (Ed.): **Conservation biology for all**: 236-261. Oxford University Press Inc., New York.
- KUWAHARA, Y., 1981. Studies of Peruvian collections of the genus *Metzgeria* made by P. & E. Hegewald in 1973 and 1977. **Nova Hedwigia** 34: 769-814.
- KUWAHARA, Y., 1986. **The Metzgeriaceae of the Neotropics**: 1-254. J. Cramer (Bryophytorum Bibliotheca 28), Stuttgart.
- LIMA, L. C. L. & L. M. ROCHA, 2015. Levantamento de musgos (Bryophyta) de um fragmento urbano remanescente de cerrado s.l. no município de Ituiutaba (MG). **Pesquisas, Botânica** (67): 201-216.
- LISBOA, R. C. L. & A. L. ILKIU-BORGES, 1995. Diversidade das briófitas de Belém (PA) e seu potencial como indicadoras de poluição urbana. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Botânica** 11(2): 199-225.
- LIU, X.-Y., H.-Y. XIAO, C.-Q. LIU & Y.-Y. LI, 2007. <sup>13</sup>C and <sup>15</sup>N of moss *Haplocladium microphyllum* (Hedw.) Broth. for indicating growing environment variation and canopy retention on atmospheric nitrogen deposition. **Atmospheric Environment** 41(23): 4897-4907. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.02.004>.
- LOPES, M. O., M. R. PIETROBOM, D. M. CARMO & D. F. PERALTA, 2016. Estudo comparativo de comunidades de briófitas sujeitas a diferentes graus de inundação no município de São Domingos do Capim, PA, Brasil. **Hoehnea** 43(2): 159-171. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2236-8906-54/2015>.
- LOVEJOY, T. E., 2011. Climate change. In: N. S. SODHI & P. R. EHRLICH (Ed.): **Conservation biology for all**: 153-162. Oxford University Press Inc., New York.
- LUIZI-PONZO, A. P., C. J. P. BASTOS, D. P. COSTA, K. C. PÔRTO, P. E. A. S. CÂMARA, R. C. L. LISBOA & S. VILAS BÔAS-BASTOS, 2006. **Glossarium ptylotum bryologiae**. Versão brasileira do glossário briológico: 1-114. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora.
- MACHADO, P. S. & A. P. LUIZI-PONZO, 2011. Urban bryophytes from Southeastern Brazilian area (Juiz de Fora, Minas Gerais, Brazil). **Boletim do Instituto de Botânica** 21: 223-261.
- MÄGDEFRAU, K., 1982. Life-forms of bryophytes. In: A. J. E. SMITH (Ed.): **Bryophyte ecology**: 45-58. Chapman and Hall, New York.
- MAGILL, R. E., 1987. **Flora of Southern Africa**: 293-443. Botanical Research Institute/Department of Agriculture and Water Supply (Bryophyta. Part I Mosses, Fascicle 2: Gigaspermaceae-Bartramiaceae), Republik of South Africa.
- MALAGOLI, L. R., F. B. BAJESTEIRO & M. WHATELY, 2008. Considerações finais. In: L. R. MALAGOLI, F. B. BAJESTEIRO & M. WHATELY (Org.): **Além do concreto**: contribuições para a proteção da biodiversidade paulistana: 352-361. Instituto Socioambiental, São Paulo.
- MAMEDE, M. C. H., V. C. SOUZA, J. PRADO, F. BARROS, M. G. L. WANDERLEY & J. G. RANDO, 2007. **Livro vermelho das espécies vegetais ameaçadas do estado de São Paulo**: 1-165. Instituto de Botânica, São Paulo.
- MARCHESI, E. P. (Coord.), 2014. **Guia dos parques municipais de São Paulo**: 4. ed.: 1-252. Prefeitura do Município de São Paulo/Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente, São Paulo. Disponível em: [http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio\\_ambiente/arquivos/guia-parques-municipais.pdf](http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio_ambiente/arquivos/guia-parques-municipais.pdf). Acesso em: 08 maio 2019.
- MARTINELLI, G. & M. A. MORAES (Org.), 2013. **Livro vermelho da flora do Brasil**: 1. ed.: 1-1100. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro/Centro Nacional de Conservação da Flora, Rio de Janeiro.

- MARTINS, A. C. S., P. H. C. TORRES, R. M. IKEDA, R. J. F. GARCIA, J. M. R. FERREIRA & R. SARTORELLO, 2017. **Plano municipal de conservação e recuperação da Mata Atlântica do município de São Paulo – PMMA São Paulo**: 1-532. Prefeitura Municipal de São Paulo/Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente, São Paulo. Disponível em: [https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/PMMA\\_final\\_8\\_jan%20ok.pdf](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/PMMA_final_8_jan%20ok.pdf). Acesso em: 8 maio 2019.
- MAZIMPAKA, V., J. VICENTE & E. RON, 1988. Contribución al conocimiento de la bioflora urbana de la ciudad de Madrid. **Anales Jardín Botánico de Madrid** 45(1): 61-73.
- MAZZONI, A. C., R. LANZER, J. BORDIN, A. SCHÄFER & R. WASUM, 2012. Mosses as indicators of atmospheric metal deposition in an industrial area of southern Brazil. **Acta Botanica Brasílica** 26(3): 553-558. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062012000300005>.
- MCKINNEY, M. L., 2008. Effects of urbanization on species richness: a review of plants and animals. **Urban Ecosystems** 11: 161-176. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11252-007-0045-4>.
- MELLO, Z. R., G. A. LOURENÇO & O. YANO, 2001. Briófitas do Orquidário Municipal de Santos, São Paulo, Brasil. **Anais do Congresso Brasileiro de Pesquisas Ambientais** 1: 92-94.
- MELLO, Z. R., H. R. CARVALHO & F. GIORDANO, 2011. Bryophytes of Guapituba Park, Mauá, SP, Brazil. **Boletim do Instituto de Botânica** 21: 81-91.
- MERRIFIELD, K., 2000. Bryophytes on isolated *Quercus garryana* trunks in urban and agricultural settings in the Willamette Valley, Oregon. **The Bryologist** 103(4): 720-724. DOI: [https://doi.org/10.1639/0007-2745\(2000\)103\[0720:BOIQGT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1639/0007-2745(2000)103[0720:BOIQGT]2.0.CO;2).
- MICHEL, E. L., 2001. **Hepáticas epifíticas sobre o pinheiro-brasileiro no Rio Grande do Sul**: 1-191. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- MOLINARO, L. C. & D. P. COSTA, 2001. Briófitas do arboreto do Jardim Botânico do Rio de Janeiro. **Rodriguésia** 52(81): 107-124. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2175-78602001528105>.
- MONTEIRO, M. B. C. A. & T. R. AZEVEDO, 2005. Comparação do perfil vertical da temperatura e da umidade relativa do ar em fragmentos de mata atlântica no interior e arredores da cidade de São Paulo, SP. **Estudos Geográficos** 3(2): 1-13.
- MOORE, R., 2015. The 10 best parks. **The Guardian**. Disponível em: <https://www.theguardian.com/culture/2015/aug/07/10-best-parks-urban-green-spaces-high-line-new-york-hampstead-london-park-guell-barcelona>. Acesso em: 9 maio 2019.
- O ESTADO DE SÃO PAULO, 2014. Cinco curiosidades sobre o bairro do Ibirapuera. Disponível em: <https://www.estado.com.br/noticias/geral/cinco-curiosidades-sobre-o-bairro-do-ibirapuera,1592317>. Acesso em: 8 maio 2019.
- OLIVEIRA, J. R. P. M., K. C. PÔRTO & M. P. P. SILVA, 2011. Richness preservation in a fragmented landscape: a study of epiphytic bryophytes in an Atlantic forest remnant in Northeast Brazil. **Journal of Bryology** 33(4): 279-290. DOI: <https://doi.org/10.1179/1743282011Y.00000000017>.
- OLIVEIRA, R. F. & J. W. S. ALVES, 2014. **Mudanças climáticas globais no estado de São Paulo**: 1-108. Secretaria Estadual do Meio Ambiente/Coordenadoria de Educação Ambiental (Cadernos de Educação Ambiental, 15), São Paulo.
- PAIVA, L. A., J. C. SILVA, M. A. PASSARELLA & A. P. LUIZI-PONZO, 2015. Briófitas de um fragmento florestal urbano de Minas Gerais (Brasil). **Pesquisas, Botânica** (67): 181-199.
- PEÑALOZA-BOJACÁ, G. P., L. B. FANTECELLE, C. A. T. ARAÚJO & A. S. MACIEL-SILVA, 2017. Briófitas na Estação Ecológica da Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil. **Iheringia, Série Botânica** 72(1): 44-56.
- PERALTA, D. F. & O. YANO, 2008. Briófitas do Parque Estadual da Ilha Anchieta, Ubatuba, estado de São Paulo, Brasil. **Iheringia Série Botânica** 63(1): 101-127.
- PEREIRA, I., F. MÜLLER & A. VALDERRAMA, 2006. Diversity and distribution of bryophytes and lichens of El Colorado, Central Chile. **Nova Hedwigia** 83(1-2): 117-127. DOI: <https://doi.org/10.1127/0029-5035/2006/0083-0117>.
- PIVELLO, V. R. & A. A. PECCININI, 2002. A vegetação do PEFI. In: D. C. BICUDO, M. C. FORTI & C. E. M. BICUDO (Org.): **Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI)**: unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo: 75-92. Editora da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, São Paulo.
- POLISEL, R. T. & G. A. D. C. FRANCO, 2010. Comparação florística e estrutural entre dois trechos de Floresta Ombrófila Densa em diferentes estádios sucessionais, Jquitiba, SP, Brasil. **Hoehnea** 37(4): 691-718. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S2236-89062010000400002>.
- PORLEY, R., 2008. **Arable bryophytes**: a field guide to the mosses, liverworts and hornworts of cultivated land in Britain and Ireland: 1-140. Wildguides, Hampshire.
- PÔRTO, K. C., S. R. GERMANO & G. M. BORGES, 2004. Avaliação dos brejos de altitude de Pernambuco e Paraíba, quanto à diversidade de briófitas, para a conservação. In: K. C. PÔRTO, J. J. P. CABRAL & M. TABARELLI (Org.): **Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba**: história natural, ecologia e conservação: 79-97. Ministério do Meio Ambiente (Série Biodiversidade, 9), Brasília.
- PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2016a. **Mapa dos remanescentes de vegetação do bioma Mata Atlântica no município de São Paulo - PMMA São Paulo**. Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente/Fundação SOS Pró-Mata Atlântica, São Paulo. Disponível em: [https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio\\_ambiente/arquivos/pmma/PMMA\\_3316.pdf](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio_ambiente/arquivos/pmma/PMMA_3316.pdf). Acesso em: 9 maio 2019.

- PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2016b. Inventário da biodiversidade do município de São Paulo. **Diário Oficial da Cidade de São Paulo** 61(241): 1-57 (Suplemento).
- PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD) & INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA), 2015a. **Os 17 objetivos de desenvolvimento sustentável**: objetivo 11: cidades e comunidades sustentáveis. Disponível em: <http://www.agenda2030.org.br/ods/11/>. Acesso em: 8 maio 2019.
- PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD) & INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA), 2015b. **Os 17 objetivos de desenvolvimento sustentável**: objetivo 15: vida terrestre. Disponível em: <http://www.agenda2030.org.br/ods/15/>. Acesso em: 8 maio 2019.
- PRUDÊNCIO, R. X. A., T. R. DOMICIANO & Z. R. MELLO, 2015. Briófitas do Parque Pérola da Serra, Ribeirão Pires, São Paulo, Brasil. **Pesquisas, Botânica** (67): 119-130.
- RENZAGLIA, K. S., J. C. VILLARREAL & R. J. DUFF, 2009. New insights into morphology, anatomy, and systematics of hornworts. In: B. GOFFINET & A. J. SHAW (Ed.): **Bryophyte biology**: 2. ed.: 139-171. Cambridge University Press, New York.
- RICHARDS, P.W., 1984. The ecology of tropical forest bryophytes. In: R. M. SCHUSTER (Ed.): **New manual of bryology**: 2. v.: 1233-1270. Hattori Botanical Laboratory, Nichinan.
- ROBBINS, R. G., 1952. Bryophyte ecology of a dune area in New Zealand. **Vegetatio** 4(1): 1-31. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00452923>.
- ROCHA, G. A., N. M. M. V. ASSIS, R. M. O. M. MANCINI, T. S. MELO, V. BUCHIANERI & W. E. S. BARBOSA, 2014. **Recursos hídricos**: 1-104. Secretaria Estadual do Meio Ambiente/Coordenadoria de Educação Ambiental (Cadernos de Educação Ambiental, 14), São Paulo.
- ROTERMUND, R. M., 2012. Infraestrutura verde urbana – as oportunidades de atuação do biólogo: um relato pessoal (palestra). In: CRBio-01 lança o seu concurso ambiental na Câmara Municipal de São Paulo. **O Biólogo** 6(22): 14-15.
- SABBAGH, R. B., 2014. **Gestão ambiental**: 1-175. Secretaria Estadual do Meio Ambiente/Coordenadoria de Educação Ambiental (Cadernos de Educação Ambiental, 16), São Paulo.
- SANTOS, N. D. & D. P. COSTA, 2008. A importância de Reservas Particulares do Patrimônio Natural para a conservação da brioflora da Mata Atlântica: um estudo em El Nagual, Magé, RJ, Brasil. **Acta Botanica Brasílica** 22(2): 359-372. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062008000200007>.
- SANTOS, N. D., D. P. COSTA, L. S. KINOSHITA & G. J. SHEPHERD, 2011. Aspectos brioflorísticos e fitogeográficos de duas formações costeiras de Floresta Atlântica da Serra do Mar, Ubatuba/SP, Brasil. **Biota Neotropica** 11(2): 425-438. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032011000200040>.
- SCHENK, G., 1997. **Moss gardening, including lichens, liverworts, and other miniatures**: 1-261. Timber Press, Portland.
- SCHOENLEIN-CRUSIUS, I. H., 2012. A consciência ambiental e os parques urbanos. **O Biólogo** 6(22): 20-23.
- SCHOFIELD, W. B., 1985. **Introduction to bryology**: 1-431. Macmillan Publishing Company, New York.
- SCHUSTER, R. M., 1992. **The hepaticae and anthocerotae of North America**. East of the Hundredth Meridian: v. 6: 1-937. Field Museum of Natural History, Chicago.
- SCHUSTER, R. M., 2004. **The hepaticae and anthocerotae of North America**. East of the Hundredth Meridian: v. 4: 1-1334. Bishen Singh Mahendra Pal Singh, Dehra Dun.
- SEPE, P. M. & S. GOMES, 2008. **Indicadores ambientais e gestão urbana**: desafios para a construção da sustentabilidade na cidade de São Paulo: 1-150. Prefeitura do Município de São Paulo/Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente/Centro Brasileiro de Análises e Planejamento/Centro de Estudos da Metrópole/Imprensa Oficial, São Paulo.
- SÉRGIO, C., R. FIGUEIRA & R. MENEZES, 2011. Modeling the distribution of *Sematophyllum substrumulosum* (Hampe) E. Britton as a signal of climatic changes in Europe. In: Z. TUBA, N. G. SLACK & L. R. STARK (Ed.): **Bryophyte ecology and climate change**: 427-439. Cambridge University Press, New York.
- SÉRGIO, C., P. CARVALHO, C. A. GARCIA, E. ALMEIDA, V. NOVAIS, M. SIM-SIM, H. JORDÃO & A. J. SOUSA, 2016. Floristic changes of epiphytic flora in the Metropolitan Lisbon area between 1980-1981 and 2010-2011 related to urban air quality. **Ecological Indicators** 67: 839-852. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.03.022>.
- SHARP, A. J., H. CRUM & P. M. ECKEL, 1994. **The moss flora of Mexico**: (1-2): 1-1113. NYBG Press (Memoirs of the New York Botanical Garden, 69), New York.
- SILVA, A. L. & L. M. ROCHA, 2015. Hepáticas e antóceros do Parque Municipal do Goiabal, município de Ituiutaba-MG, Brasil. **Pesquisas, Botânica** (67): 131-142.
- SILVA, A. M., R. R. OLIVEIRA & G. M. CONCEIÇÃO, 2018. Musgos (Bryophyta) do Morro do Alecrim, centro urbano de Caxias, Maranhão, Brasil. **Revista Arquivos Científicos** 1(1): 55-62. DOI: <https://doi.org/10.5935/2595-4407/rac.immes.v1n1p55-62>.
- SILVA, A. N., A. F. XAVIER, D. B. M. BOLZANI, F. C. SÉRIO, I. XAVIER, I. J. S. BRAZ, L. R. N. OLIVEIRA, P. S. MOREIRA, S. F. OLIVEIRA & W. MALDONADO, 2014. **Unidades de conservação da natureza**: 2. ed.: 1-119. Editora da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (Cadernos de Educação Ambiental, 3), São Paulo.
- SILVA, J. B. & S. R. GERMANO, 2013. Bryophytes on rocky outcrops in the caatinga biome: a conservationist perspective. **Acta Botanica Brasílica** 27(4): 827-835. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062013000400023>.



- SLACK, N. G., 2011. The ecological value of bryophytes as indicators of climate change. In: Z. TUBA, N. G. SLACK & L. R. STARK (Ed.): **Bryophyte ecology and climate change**: 3-12. Cambridge University Press, New York.
- SOBRINHO, W. P., 2018. Aquecimento climático em São Paulo já é o dobro da meta global. **Universo Online**. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/meio-ambiente/ultimas-noticias/redacao/2018/11/06/aquecimento-climatico-em-sao-paulo-ja-e-o-dobro-da-meta-global.htm>. Acesso em: 9 maio 2019.
- SOUZA, A. M., E. B. VALENTE & C. O. AZEVEDO, 2015. Musgos de um fragmento de floresta estacional semidecidual do município de Vitória da Conquista, Bahia, Brasil. **Pesquisas, Botânica** (67): 217-223.
- SOUZA, A. M., E. B. VALENTE, C. J. P. BASTOS & C. O. AZEVEDO, 2016. Marchantiophyta da Reserva do Poço Escuro, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil. **Natureza Online** 14(2): 64-72.
- SOUZA, A. M., E. B. VALENTE, D. F. PERALTA & L. F. P. GUSMÃO, 2017. Biodiversity survey, ecology and new distribution records of Marchantiophyta in a remnant of Brazilian Atlantic Forest. **Iheringia Série Botânica** 72(1): 133-141.
- STEINBAUM, V. & O. MASSAMBANI, 2011. **Diretrizes para o plano de ação da cidade de São Paulo para mitigação e adaptação às mudanças climáticas**: 1-85. Comitê Municipal de Mudança do Clima e Ecoeconomia e Grupos de Trabalho de Transporte, Energia, Construções, Uso do Solo, Resíduos e Saúde/Prefeitura do Município de São Paulo, São Paulo. Disponível em: [https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/chamadas/diretrizes\\_clima\\_bilingue\\_julho\\_2011\\_low\\_1310480805.pdf](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/chamadas/diretrizes_clima_bilingue_julho_2011_low_1310480805.pdf). Acesso em: 9 maio 2019.
- TABARELLI, M., B. A. SANTOS, V. ARROYO-RODRÍGUEZ & F. P. L. MELO, 2012. Secondary forests as biodiversity repositories in human modified landscapes: insights from the Neotropics. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 7(3): 319-328.
- TAKIYA, H., 2002. **Atlas ambiental do município de São Paulo**. Fase I: diagnóstico e bases para a definição de políticas públicas para as áreas verdes no município de São Paulo. Relatório final, julho/2002: 1-198. Prefeitura do Município de São Paulo/Secretaria Municipal do Meio Ambiente/Secretaria Municipal de Planejamento Urbano, São Paulo. Disponível em: <http://www.santoandre.sp.gov.br/pesquisa/ebooks/378749.pdf>. Acesso em: 9 maio 2019.
- THE PLANT LIST, [s. d.]. **The plant list**: a working list of all plant species. Royal Botanic Gardens/Missouri Botanical Garden, Kew/Saint Louis. Disponível em: <http://www.theplantlist.org>. Acesso em: 9 maio 2019.
- TROPICOS, [s. d.]. **Tropicos**. Missouri Botanical Garden, Saint Louis. Disponível em: <http://www.tropicos.org>. Acesso em: 9 maio 2019.
- TUPIASSU, A., 2014. O biólogo e o paisagismo urbano. **O Biólogo** 8(32): 12-15.
- VALENTE, E. B., K. C. PÔRTO, C. J. P. BASTOS & J. BALLEJOS-LOYOLA, 2013. Diversity and distribution of the bryophyte flora in montane forests in the Chapada Diamantina region of Brazil. **Acta Botanica Brasilica** 27(3): 506-518. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062013000300008>.
- VANDERPOORTEN, A. & B. GOFFINET, 2009. **Introduction to bryophytes**: 1-303. Cambridge University Press, New York.
- VARO, J., J. GUERRA, M. L. ZAFRA & R. M. ROS, 1992. Regression and invasion of bryophytes in the south and southeast of the Iberian Peninsula. **Biological Conservation** 59(1-2): 129-131. DOI: [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(92\)90571-4](https://doi.org/10.1016/0006-3207(92)90571-4).
- VILAS BÔAS-BASTOS, S. B., C. J. P. BASTOS & K. R. COSTA, 2017. Brioflora da área de relevante interesse ecológico Serra do Orobó, municípios de Ruy Barbosa e Itaberaba, Bahia, Brasil. **Pesquisas, Botânica** (70): 79-98.
- VISNADI, S. R. & R. MONTEIRO, 1990. Briófitas da cidade de Rio Claro, estado de São Paulo, Brasil. **Hoehnea** 17(1): 71-84.
- VISNADI, S. R., 2013a. Briófitas de áreas antrópicas do Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Picinguaba, Ubatuba, estado de São Paulo, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 8(1): 49-62.
- VISNADI, S. R., 2013b. Brioflora do Parque Estadual Turístico do Alto do Ribeira (PETAR), estado de São Paulo, Brasil. **Tropical Bryology** 35: 52-63.
- VISNADI, S. R., 2015a. Brioflora do Parque Estadual Intervalles (São Paulo, Brasil): uma importante área para conservação da biodiversidade da Mata Atlântica do Sudeste brasileiro. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 10(1): 105-125.
- VISNADI, S. R., 2015b. Parque Estadual das Fontes do Ipiranga: unidade de conservação importante para a proteção da brioflora da Mata Atlântica na cidade de São Paulo, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 10(3): 437-469.
- VISNADI, S. R., 2018. Heterogeneidade florística da brioflora em fragmentos de vegetação e a conservação das áreas verdes urbanas. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 13(3): 327-354.
- VITAL, D. M. & S. R. VISNADI, 1994. Bryophytes of Rio Branco Municipality, Acre, Brazil. **Tropical Bryology** 9: 69-74.
- WHATELY, M., P. F. SANTORO, B. C. GONÇALVES & A. M. GONZATTO, 2008. **Parques urbanos municipais de São Paulo**: subsídios para a gestão: 1-119. Instituto Socioambiental, São Paulo. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.abong.org.br/handle/11465/1208>. Acesso em: 9 maio 2019.
- WIGGINTON, M. J., 2004. **E. W. Jones's liverwort and hornwort flora of West Africa**: 1-443. National Botanic Garden of Belgium (Scripta Botanica Belgica, 30), Meise.

**Apêndice.** Briófitas ocorrentes no parque Ibirapuera, São Paulo, São Paulo, Brasil. Espécies divulgadas previamente (Ibirapuera: inventário de flora 2018, s. d.), que foram coletadas pela primeira vez\* e novamente\*\* na área do parque. Legendas: AL = alvenaria, AS = asfalto, CO = concreto, COR = corticícolas, EPX = epíxilas, MT = madeira tratada, SAX = saxícolas, TER = terrícolas, TI = tijolo; Grupo ecológico - gen = generalista, som = típica de sombra; forma de vida - F = flabelado, TF = tufo, TL = taloso, TP = tapete, TR = trama. (Continua)

Espécies	Tipos de áreas			Forma de vida	Grupo ecológico	Voucher	
	Áreas com bosque heterogêneo	Áreas onde predominam as edificações	Área não informada				
ANTHOCEROTOPHYTA							
Notothyladaceae							
<i>Phaeoceros laevis</i> (L.) Prosk.				TER	TL	gen	Vital 8463
BRYOPHYTA							
Brachytheciaceae							
<i>Brachythecium ruderales</i> (Brid.) W.R. Buck		CO			TP	gen	Visnadi 6997
<i>Eurhynchium pulchellum</i> (Hedw.) Jenn.	TER				TP	gen	Visnadi 7178
* <i>Helicodontium capillare</i> (Hedw.) A. Jaeger	CO, COR	AS, CO, COR			TR	gen	Visnadi 7166
* <i>Rhynchostegium conchophyllum</i> (Taylor) A. Jaeger	TER, COR	TER			TP	gen	Visnadi 7088
<i>Rhynchostegium serrulatum</i> (Hedw.) A. Jaeger	COR				TP	gen	Visnadi 6892
Bryaceae							
** <i>Bryum apiculatum</i> Schwägr	TER	CO, TER			TF	gen	Visnadi 7235 p.p.
<i>Bryum argenteum</i> Hedw.		COR, EPX, SAX			TF	gen	Visnadi 7309
<i>Bryum coronatum</i> Schwägr.		COR, EPX, TER			TF	gen	Visnadi 7255
<i>Bryum limbatum</i> Müll. Hal.	CO, COR, TER	AS, CO, COR, TER			TF	gen	Visnadi 6873
<i>Rosulabryum capillare</i> (Hedw.) J.R. Spence	COR				TF	gen	Visnadi 6697 p.p.
Calymperaceae							
* <i>Octoblepharum albidum</i> Hedw.	COR, EPX	COR	COR		TF	gen	Visnadi 6900
<i>Syrrhopodon parasiticus</i> (Sw. ex Brid.) Besch.		COR			TF	gen	Visnadi 7300 p.p.
Entodontaceae							
* <i>Entodon beyrichii</i> (Schwägr.) Müll. Hal.	CO, COR				TP	gen	Visnadi 7207
* <i>Erythrodontium longisetum</i> (Hook.) Paris	CO, COR				TP	gen	Visnadi 7313



Apêndice.

(Continua)

Espécies	Tipos de áreas			Forma de vida	Grupo ecológico	Voucher
	Áreas com bosque heterogêneo	Áreas onde predominam as edificações	Área não informada			
* <i>Erythrodontium squarrosum</i> (Hampe) Paris	CO, COR			TP	gen	Visnadi 6940
Erpodiaceae						
* <i>Erpodium glaziovii</i> Hampe	CO, COR, MT	CO, COR	COR	TP	gen	Visnadi 6720
Fabroniaceae						
* <i>Dimerodontium mendozense</i> Mitt.	CO, COR, EPX, MT, TER	CO, COR, SAX, TER		TP	gen	Visnadi 7110
* <i>Fabronia ciliaris</i> (Brid.) Brid.	CO, COR, EPX	AL, CO, COR, SAX	COR	TP	gen	Visnadi 6906
Fissidentaceae						
<i>Fissidens pellucidus</i> var. <i>asterodontius</i> (Müll. Hal.) R.A. Pursell	TER	TER		TF	gen	Visnadi 7067
<i>Fissidens submarginatus</i> Bruch	TER			TF	gen	Visnadi 6802
* <i>Fissidens zollingeri</i> Mont.	CO, COR, TER	TER	TER	TF	gen	Visnadi 7098
Funariaceae						
<i>Physcomitrium umbonatum</i> Mitt.			TER	TF	gen	Vital 8465 p.p.
Hypnaceae						
* <i>Chryso-hypnum diminutivum</i> (Hampe) W.R. Buck	CO, TER			TP	gen	Visnadi 7183
Leskeaceae						
<i>Haplocladium microphyllum</i> (Hedw.) Broth.	COR, TER	CO, TER		TP	gen	Visnadi 7254
Leucobryaceae						
* <i>Campylopus cryptopodioides</i> Broth.	COR, EPX	COR, EPX	COR	TF	gen	Visnadi 6864
Meteoriaceae						
<i>Meteorium nigrescens</i> (Sw. ex Hedw.) Dozy & Molk.	COR			TP	gen	Visnadi 7129
Orthotrichaceae						
<i>Schlotheimia rugifolia</i> (Hook.) Schwägr.	COR			TF	gen	Visnadi 7099
Pilotrichaceae						
<i>Cyclodictyon albicans</i> (Hedw.) Kuntze			TER	TP	som	Vital 8462 p.p.



Apêndice.

(Continua)

Espécies	Tipos de áreas			Forma de vida	Grupo ecológico	Voucher
	Áreas com bosque heterogêneo	Áreas onde predominam as edificações	Área não informada			
Pottiaceae						
<i>Barbula indica</i> (Hook.) Spreng.	TER			TF	gen	Visnadi 7216
<i>Chenia leptophylla</i> (Müll. Hal.) R.H. Zander	TER		TER	TF	gen	Visnadi 7177
* <i>Hyophila involuta</i> (Hook.) A. Jaeger	AL, CO, TER, TI	AS, CO, COR, SAX, TER, TI		TF	gen	Visnadi 6998
* <i>Tortella humilis</i> (Hedw.) Jenn.	CO, COR, TER	CO, SAX		TF	gen	Visnadi 7201
Pylaisiadelphaceae						
<i>Isopterygium byssobolax</i> (Müll. Hal.) Paris	COR			TP	gen	Visnadi 6771
* <i>Isopterygium tenerifolium</i> Mitt.	COR, EPX			TP	gen	Visnadi 7206
* <i>Isopterygium tenerum</i> (Sw.) Mitt.	COR, EPX			TP	gen	Visnadi 7033
Racopilaceae						
<i>Racopilum tomentosum</i> (Hedw.) Brid.	CO, TER			TP	gen	Visnadi 7121
Rhizogoniaceae						
<i>Pyrrhobryum spiniforme</i> (Hedw.) Mitt.	COR			TF	gen	Visnadi 7200
Sematophyllaceae						
* <i>Brittonodoxa subpinnata</i> (Brid.) W.R. Buck, P.E.A.S. Câmara & Carv.-Silva	AS, COR, EPX, MT, TER	COR, EPX, TER	COR	TP	gen	Visnadi 7108
* <i>Donnellia commutata</i> (Müll. Hal.) W.R. Buck	COR, EPX	COR		TP	gen	Visnadi 6889
<i>Pterogoniopsis paulista</i> (W.R. Buck & Vital) Carv.-Silva, P.E.A.S. Câmara & W.R. Buck	COR, EPX		COR	TP	gen	Visnadi 7208
* <i>Sematophyllum adnatum</i> (Michx.) E. Britton	COR, EPX	COR		TP	gen	Visnadi 6827
** <i>Vitalia galipensis</i> (Müll. Hal.) P.E.A.S. Câmara, Carv.-Silva & W.R. Buck	CO, COR, EPX, MT, SAX, TER, TI	CO, COR, EPX, TER	COR, TER	TP	gen	Visnadi 7138
Stereophyllaceae						
<i>Entodontopsis nitens</i> (Mitt.) W.R. Buck & Ireland	COR			TP	gen	Visnadi 7228



Apêndice.

(Continua)

Espécies	Tipos de áreas			Forma de vida	Grupo ecológico	Voucher
	Áreas com bosque heterogêneo	Áreas onde predominam as edificações	Área não informada			
MARCHANTIOPHYTA						
Calypogeiaceae						
<i>Calypogeia laxa</i> Gottsche & Lindenb.			TER	TP	gen	Vital 8466 p.p.
Chonecoleaceae						
** <i>Chonecolea doellingeri</i> (Nees) Grolle	COR, EPX	COR		TP	gen	Visnadi 7016
Frullaniaceae						
* <i>Frullania ericoides</i> (Nees) Mont.	COR, EPX, MT	COR	COR	TP	gen	Visnadi 7225
<i>Frullania kunzei</i> (Lehm. & Lindenb.) Lehm. & Lindenb.		COR		TP	gen	Visnadi 7301
<i>Frullania riojaneirensis</i> (Raddi) Spruce	COR	COR		TP	gen	Visnadi 7263
Lejeuneaceae						
<i>Acanthocoleus aberrans</i> (Lindenb. & Gottsche) Kruijt	COR	COR		TP	gen	Visnadi 7243
* <i>Cololejeunea paucifolia</i> (Spruce) Bernecker & Pócs	COR			TP	gen	Visnadi 7315 p.p.
<i>Drepanolejeunea mosenii</i> (Steph.) Bischl.	COR, EPX			TP	gen	Visnadi 7197 p.p.
* <i>Lejeunea flava</i> (Sw.) Nees	COR, EPX	COR	COR	TP	gen	Visnadi 7024
* <i>Lejeunea glaucescens</i> Gottsche	AL, COR, TER, TI	COR, EPX, TER	TER	TP	gen	Visnadi 7004
<i>Lejeunea obtusangula</i> Spruce	COR			TP	gen	Visnadi 6853
* <i>Microlejeunea bullata</i> (Taylor) Steph.	COR	COR	COR	TP	gen	Visnadi 7106
* <i>Microlejeunea globosa</i> (Spruce) Steph.	COR	COR		TP	gen	Visnadi 6676
<i>Myriocoleopsis minutissima</i> (Sm.) R.L. Zhu, Y. Yu & Pócs	COR	COR		TP	gen	Visnadi 7126
Lophocoleaceae						
* <i>Chiloscyphus latifolius</i> (Nees) J.J. Engel & R.M. Schust.		TER		TP	gen	Visnadi 7005



Apêndice.

(Conclusão)

Espécies	Tipos de áreas			Forma de vida	Grupo ecológico	Voucher
	Áreas com bosque heterogêneo	Áreas onde predominam as edificações	Área não informada			
Lunulariaceae						
<i>Lunularia cruciata</i> (L.) Dumort.		CO	TER	TL	gen	Visnadi 6995
Metzgeriaceae						
* <i>Metzgeria hegewaldii</i> Kuwah.	COR	COR		TL	gen	Visnadi 6895
Plagiochilaceae						
<i>Plagiochila corrugata</i> (Nees) Nees & Mont.	COR			F	gen	Visnadi 7093
Ricciaceae						
<i>Riccia membranacea</i> Gottsche & Lindenb.			TER	TL	gen	Vital 8468 p.p.
Total de espécies: 63	51	35	19			
Porcentagem de amostras	71%	25%	4%			
Número de espécies restritas às áreas	23	7				





## Estudo taxonômico das angiospermas epífitas de Belém, Pará, Brasil Taxonomic study of the angiosperm epiphytes of Belém, Pará, Brazil

Evellyn Garcia Brito<sup>I</sup>  | Julio dos Santos de Sousa<sup>II</sup>  |  
Wendell Vilhena de Carvalho<sup>I</sup>  | Ely Simone Cajueiro Gurgel<sup>I</sup> 

<sup>I</sup>Museu Paraense Emílio Goeldi/MCTIC. Belém, Pará, Brasil

<sup>II</sup>Museu Paraense Emílio Goeldi /MCTIC. Programa de Capacitação Institucional. Belém, Pará, Brasil

**Resumo:** O presente artigo consiste no tratamento taxonômico das epífitas vasculares de Belém, Pará. A análise foi realizada em amostras provenientes de material botânico coletado e exsicatas dos herbários Museu Goeldi (MG) e Instituto Agrônomo do Norte (IAN). O trabalho apresenta chave de identificação, descrições, distribuição geográfica, comentários e ilustrações das espécies. As epífitas vasculares estão representadas na área por seis famílias, 19 gêneros e 22 espécies. Orchidaceae foi a mais representativa, com 11 gêneros e 12 espécies. *Codonanthe calcarata* (Miq.) Hanst., *Epiphyllum phyllanthus* (L.) Haw., *Notylia barkeri* (Hook.) Lindl. e *Orleanesia amazonica* Barb. Rodr. são novos registros para Belém, e *Aechmea aquilega* (Salisb.) Griseb. é um novo registro para o estado do Pará. A flor foi o principal caractere para a separação das espécies, e a floresta de terra firme foi a formação vegetal que apresentou maior ocorrência de espécies.

**Palavras-chave:** Amazônia. Bromélias. Morfologia. Orquídeas. Taxonomia.

**Abstract:** This study treats the taxonomy of the epiphytes angiosperms of Belém, Pará, including the analysis of botanical material originated from new collections and specimens from the Museum Goeldi (MG) and Agronomic Institute of the North (IAN) herbaria. Identification keys, descriptions, geographical distributions, comments, and illustrations of species are provided. In Belém the vascular epiphyte flora is represented by 6 families, 19 genera, and 22 species. Orchidaceae was the most representative family with 11 genera and 12 species. *Codonanthe calcarata* (Miq.) Hanst., *Epiphyllum phyllanthus* (L.) Haw., *Notylia barkeri* (Hook.) Lindl., and *Orleanesia amazonica* Barb. Rodr. are new records for Belém, and *Aechmea aquilega* (Salisb.) Griseb. is a new record for the state of Pará. The flower was the main character for separating species, and *terra firme* forest was the plant formation that had the highest occurrence of species.

**Keywords:** Amazonia. Bromeliads. Morphology. Orchids. Taxonomy.

---

BRITO, E. G., J. S. SOUSA, W. V. CARVALHO & E. S. C. GURGEL, 2019. Estudo taxonômico das angiospermas epífitas de Belém, Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 14(3): 363-389.

Autora para correspondência: Evellyn Garcia Brito. Museu Paraense Emílio Goeldi/MCTIC. *Campus* de Pesquisa. Coordenação de Botânica. Av. Perimetral, 1901 – Terra Firme. Belém, PA, Brasil. CEP 66017-970 (evellyn\_g.brito@hotmail.com).

Recebido em 19/12/2018

Aprovado em 29/11/2019

Responsabilidade editorial: Fernando da Silva Carvalho Filho



## INTRODUÇÃO

As epífitas são plantas que se desenvolvem sobre outras, sem as parasitar (Soares, 1993), sem contato com o solo (Madison, 1977; Dias, 2009). As plantas que as sustentam são denominadas de forófitos (Benzing, 1990; Rocha, 2011).

As epífitas vasculares são encontradas em florestas tropicais úmidas, muitas vezes recobrendo troncos inteiros, característica marcante destes ecossistemas (Madison, 1977; Kersten, 2010). Em termos de diversidade, são mais representativas nas florestas do Neotrópico, englobando até 50% de toda a flora vascular desses ambientes (Benzing, 1990; Dias, 2009). Gentry & Dodson (1987) relatam que a topografia do Neotrópico permite um melhor desenvolvimento das epífitas.

Atualmente, são conhecidas cerca de 29.000 espécies de epífitas em todo o mundo (Lewinsohn, 2006), distribuídas em 83 famílias (Kress, 1986; Dias, 2009). Entre as famílias mais representativas em número de espécies, estão Orchidaceae Juss., com 20.000 spp., seguida por Araceae Juss., representada por 1.350 spp., e Bromeliaceae Juss., que apresenta 1.150 spp. (Kersten & Silva, 2006).

No Brasil, existem 49 famílias epífitas, a maioria de monocotiledôneas (66%), representadas principalmente por Orchidaceae (50%), Bromeliaceae (12%) e Araceae (4%), 42 gêneros e 1.207 espécies (Koch, 2011). Na Amazônia brasileira, distribuem-se com maior frequência em locais de vegetação de baixios, campinas, campinaranas e igapós (Ribeiro *et al.*, 1999).

No Pará, poucas pesquisas taxonômicas foram realizadas com o grupo de epífitas, como as de Koch *et al.* (2013), que estudaram Bromeliaceae de uma área de conservação da Amazônia brasileira, e as de Koch (2011), que tratou das Bromeliaceae e das Orchidaceae epífitas da Floresta Nacional (FLONA) de Caxiuanã, além do trabalho de Miranda *et al.* (2009) com as pteridófitas epífitas ocorrentes nas mangueiras (*Mangifera indica* L.) do município de Belém.

Portanto, levando-se em consideração o relevante número de epífitas e a necessidade de estudos na área, elaborou-se este artigo, com o objetivo de realizar o tratamento taxonômico das angiospermas epífitas de Belém, a fim de fornecer melhor compreensão e identificação dos táxons, contribuindo para o avanço no conhecimento da flora do Pará.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi baseado em material botânico coletado e herborizado, proveniente da cidade de Belém, no estado do Pará, incorporado nos herbários do Museu Paraense Emílio Goeldi (MG) e EMBRAPA Amazônia Oriental (IAN), sendo as abreviaturas baseadas em Thiers (2019), continuamente atualizado. Para as coletas e a herborização do material, foram adotadas as recomendações propostas por Fidalgo & Bononi (1984). O material foi analisado, descrito e ilustrado com auxílio de lupa estereomicroscópica com câmara-clara acoplada. As descrições estão de acordo com a metodologia clássica utilizada em taxonomia vegetal, adotando-se as terminologias das partes vegetativas e reprodutivas segundo Radford *et al.* (1974), Hickey (1973), Rizzini (1977), Weberling (1992), Barroso *et al.* (1999) e Gonçalves & Lorenzi (2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### ARACEAE JUSS.

*Anthurium gracile* (Rudge) Schott, Wiener  
*Zeitschrift für Kunst, Litteratur, Theater und Mode*  
**1829(3): 828. 1829. (Figura 1A)**

Epífita acaule, com 18-40 cm. Raízes brancas, com velame; entre-nó apresentando 2,2-8,3 cm de comprimento; com presença de catáfilo. Pecíolo com 2,5-20,5 × 0,1-0,2 cm, verde, levemente sulcado, geniculado, glabro, carenas lisas. Folhas cartáceas a subcoriáceas, opostas; lâmina com 8,1-34,5 × 0,7-6,6 cm, elíptica, simples, glabra, margem repanda, ápice atenuado, base



atenuada, venação hifódroma, nervura central quilhada na face adaxial, proeminente na abaxial. Inflorescência em espata, com flores marrons; pedúnculo com 9,3-30,5 cm de comprimento, verde-vináceo, glabro; espata com 0,8-2,5 × 0,2-0,3 cm; espádice com 1-10,4 × 0,2-0,6 cm, séssil, marrom a vinácea, deltoide; flores bissexuais, monoclamídeas; tépalas 4, com 1-2 × 1-2,1 mm; estames 4, livres, anteras rimosas; ovário com 1 × 2 mm; com 1 óvulo por lóculo. Bagas com 5,1-6 × 4,1-6 mm, em infrutescência pendente, individualizadas, avermelhadas, glabras.

Material examinado: Brasil. Pará: Belém, Praça Batista Campos, 30 nov. 2017, fr., E.G. Brito 28 (MG); *ibid.*, Universidade Federal Rural da Amazônia, 28 dez. 2017, fr., E.G. Brito 32 (MG); *ibid.*, IAN entrada do Utinga, 1957, fl., F.T. Silva (IAN); *ibid.*, *northeast woode of the IAN*, 30 out. 1942, fl. W.A. Arshar 7754 (IAN); *ibid.*, Horto do Museu Goeldi, 03 mar. 1966, fl., P. Cavalcante 41995 (IAN); *ibid.*, Horto do Museu Goeldi, 2 dez. 1964, fl., M. Silva 327 (MG); *ibid.*, Horto do Museu Goeldi, 02 mar. 1966, fl., P. Cavalcante 1461 (MG).

Distribuição geográfica: *Anthurium gracile* apresenta-se distribuída no México, nas Guianas, na Bolívia, no Brasil, na Colômbia, no Peru e nas Antilhas (Govaerts & Frodin, 2002; Pontes *et al.*, 2010). Segundo

Temponi (2006), a espécie é pouco conhecida no leste do Brasil, na região Andina e no oeste da América do Sul. No Brasil, há registro de ocorrência nos estados do Acre, do Amazonas, de Amapá, do Pará, de Roraima, da Bahia, da Paraíba, de Pernambuco, de Sergipe e de Mato Grosso, nos biomas Amazônia, Caatinga, Cerrado e nas fitofisionomias de Floresta Ombrófila (JBRJ, s. d.). Entre todos os espécimes coletados na cidade de Belém, *Anthurium gracile* é a única epífita da família Araceae que possui ampla distribuição pelo centro da cidade, sendo comumente encontrada em ruas, praças, parque estadual e *campus* universitários, podendo ser vista principalmente nos ramos de *Mangifera indica* L. Segundo Coelho (2018), a espécie floresce em junho, outubro e novembro, e frutifica em fevereiro, porém, nas amostras coletadas, observou-se a espécie *A. gracile* com floração em janeiro, fevereiro, março, outubro e dezembro, e com frutos nos meses de novembro e dezembro.

Em campo, a espécie é nitidamente distinguida pelas folhas elípticas, margem repanda, ápice atenuado e nervura central quilhada na face adaxial. As inflorescências em espádice envolvidas por uma espata esverdeada e suas bagas vermelhas a diferenciam das outras epífitas coletadas na área de estudo.

## BROMELIACEAE JUSS.

Chave para identificação das espécies de Bromeliaceae epífitas ocorrentes em Belém

1. Margem da lâmina foliar inteira; apêndices petalíneos ausentes ..... 2  
Margem da lâmina foliar serrada; apêndices petalíneos presentes ..... 3
2. Roseta com 20-22 folhas; lâmina foliar lanceolada, ápice atenuado; escapo ereto; brácteas escapais elípticas, esverdeadas ..... *Vriesea amazonica*  
Roseta com 6-16 folhas; lâmina foliar filiforme, ápice agudo; escapo curvado; brácteas escapais lanceoladas, vináceas ..... *Tillandsia bulbosa*
3. Roseta com 5-11 folhas; apêndices petalíneos fimbriados; ovário ovoide ..... *Aechmea mertensii*  
Roseta com 18-22 folhas; apêndices petalíneos ligulados; ovário obovoide ou elipsoide ..... 4
4. Roseta com cerca de 18 folhas, margem com espinhos retrorsos ao longo de toda a lâmina, bainha oblonga; escapo glabro; brácteas escapais lanceoladas; inflorescência com 13-31 flores; brácteas florais com ápice



mucronado; sépalas com ápice mucronado; pétalas lanceoladas; estames saindo da base dos apêndices petalíneos; ovário obovoide .....*Aechmea aquilega*  
 Roseta com cerca de 22 folhas, margem com espinhos eretos na região proximal da lâmina, bainha ovalada; escapo pubescente; brácteas escapais elípticas; inflorescência com 300-330 flores; brácteas florais com ápice espinescente; sépalas com ápice agudo; pétalas elípticas; estames saindo da região distal do ovário; ovário elipsoide .....*Aechmea setigera*

***Aechmea aquilega* (Salisb.) Griseb., Flora of the British West Indian Islands 592. 1864. (Oct 1864). (Figuras 1B-1C)**

Epífita acaule, com cerca de 82 cm de altura. Roseta infundibuliforme, com aproximadamente 18 folhas. Folhas subcoriáceas a coriáceas, esverdeadas; bainha com 9,5 × 9,3 cm, oblonga, verde; lâmina com 47,5-120,5 × 3,7-5,1 cm, alterna, lanceolada, escamas às vezes presentes, glabra em ambas as faces, margem serreada com espinhos retrorsos ao longo de toda a lâmina, impressas, ápice agudo, base arredondada, venação paralelócloma. Escapo com 66,8-78,2 cm de comprimento, ereto, glabro, esverdeado, laxamente encoberto pelas brácteas escapais; brácteas escapais com 4-15,1 × 1-4,3 cm, alternas, lanceoladas, imbricadas, róseo-esverdeadas a róseas, ápice longo-agudo, margem inteira. Inflorescência em panícula de espigas, 13-31 flores, com 13,5-24 cm de comprimento, congesta; brácteas florais com 1,8-11,7 × 1,6-2,7 cm, amarelo-esverdeadas, ovaladas, cartáceas, conduplicadas, ápice atenuado, mucronado, glabro. Flores com 3-4 × 0,4-0,7 cm, amarelo-esverdeadas, sésseis; sépalas com 1,7 × 0,5 cm, crassas, livres, assimétricas, amarelas e esverdeadas na base, glabras, ápice agudo, mucronado; pétalas com 1-1,1 × 0,2-0,3 cm, livres, membranáceas, lanceoladas, ápice agudo; apêndices petalíneos ligulados, adnatos à base da pétala; estames 6, com 1,7-2 cm de comprimento, inclusos quando imaturos e exsertos quando maduros, saindo da base dos apêndices petalíneos, anteras 2-tecas, amarelas; estilete com 2-2,4 cm de comprimento, cilíndrico; estigma cilíndrico; ovário com 5-9 mm de comprimento, obovoide, glabro, pluriovular, placentação central. Fruto não visto.

**Material examinado:** Brasil. Pará: Belém, *Campus* de Pesquisa do Museu Paraense Emílio Goeldi, 27 nov. 2017, fl., E.G. Brito & J.S. Sousa 23 (MG).

**Material adicional:** Brasil. Pará: rio Irituia, 7 jul. 2008, fl., Baker 433 (MG); fazenda Severino, 11 nov. 1953, fl., P. Ledoux 227 (IAN); região do igarapé Pitoró, 22 set. 1958, fl., R.L. Fróes 34687 (IAN).

**Distribuição geográfica:** *Aechmea aquilega* distribui-se no Caribe, na Costa Rica, nas Guianas e na Venezuela (Missouri Botanical Garden, 2018). No Brasil, ocorre nos estados do Amazonas, de Alagoas, da Bahia, do Ceará, do Espírito Santo, da Paraíba, de Pernambuco, do Rio Grande do Norte, de Sergipe, nos biomas Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica, nas fitofisionomias de Floresta Estacional Decidual, Estacional Semidecidual, Ombrófila, em Restinga e vegetação sobre afloramentos rochosos (JBRJ, s. d.). *Aechmea aquilega* é uma nova ocorrência para o estado do Pará. A espécie foi coletada no *Campus* de Pesquisa do Museu Paraense Emílio Goeldi, nos galhos de *Mangifera indica*, florida no mês de setembro.

*Aechmea aquilega* é uma espécie pouco coletada e insuficientemente representada nos acervos de Belém. Apesar disso, em campo, pode ser identificada pelas lâminas lanceoladas, às vezes com escamas presentes e margem serreada, com espinhos retrorsos em toda lâmina. O escapo apresenta brácteas escapais róseo-esverdeadas a róseas e margem inteira, sendo esta uma característica forte para diferenciá-la de *Aechmea mertensii* (G. Mey.) Schult. & Schult. f. Além desses caracteres, a espécie pode ser distinguida pela presença de apêndices petalíneos ligulados adnatos à base das pétalas e pelo ovário com placentação central.



***Aechmea mertensii* (G. Mey.) Schult. & Schult. f.,  
Systema Vegetabilium 7(2): 1272. 1830. (Figura 1D)**

Epífita acaule com 17,5-85,5 cm de altura. Roseta infundibuliforme, 5-11 folhas. Folhas cartáceas a coriáceas, verdes; bainhas com 2,5-29,3 × 4,8-13 cm, ovaladas, verdes; lâmina com 9,5-72 × 0,4-7 cm, alterna, lanceolada, coberta por escamas, glabra em ambas as faces, margem serrada com espinhos retrorsos, impressa, ápice atenuado, base ovalada, venação paralelóidroma. Escapo com 11-60,7 cm de comprimento, ereto, glabro, esverdeado, laxamente encoberto pelas brácteas escapais; brácteas escapais com 3,5-10 × 1-2,5 cm, alternas, elípticas, imbricadas, róseo-esverdeadas a totalmente róseas, ápice atenuado, margem serrada. Inflorescência em panícula de espigas, 4-90 flores, com 3,5-35,6 cm de comprimento, congesta; brácteas florais com 3-8 × 4-6 cm, esverdeadas, ovaladas, cartáceas, conduplicadas, ápice atenuado, espinescente, glabras. Flores com 0,8-1,2 × 0,2-0,4 cm, amarelo-esverdeadas, sésseis; sépalas com 0,8-1 × 2-4 cm, crassas, livres, assimétricas, esverdeadas, glabras, ápice atenuado, mucronado; pétalas com aproximadamente 1 × 0,1 cm, livres, membranáceas, estreito-elípticas, ápice agudo; apêndices petalíneos fimbriados, inconspícuos; estames 6, com 5-9 mm de comprimento, inclusos quando imaturos, saindo da base dos apêndices petalíneos, anteras 2-tecas, marrons; estilete com 7-8 mm de comprimento, cilíndrico; estigma cilíndrico; ovário com aproximadamente 6 mm de comprimento, ovoide, glabro, plurióvular, placentação axial. Fruto não visto.

Material examinado: Brasil. Pará: Belém, UTINGA, 17 set. 2013, fl., F.W. Andrade 74 (MG); *ibid.*, Campina do rio Guajará, 14 maio 1954, fl., G.A. Black 54-16152 (IAN); *ibid.*, *ibid.*, rio Jari, estrada que liga Monte Dourado a Caracuru, 17 set. 1967, fl., E. Oliveira 3739 (IAN); *ibid.*, dez. 1963, st., B.G. Schubert 2226 (IAN).

Material adicional: Brasil. Pará: Melgaço, Floresta Nacional de Caxiuanã, 27 abr. 2009, fl., A.K. Koch *et al.* 138 (IAN); Portel, Floresta Nacional de Caxiuanã, 30 ago. 2009, fl., A.K. Koch *et al.* 162 (IAN); Portel, Floresta Nacional de Caxiuanã, 8 abr. 2010, fl., A.K. Koch *et al.* 167 (IAN).

Distribuição geográfica: a espécie encontra-se distribuída na Bolívia, no Caribe, na Colômbia, em Equador, na Guiana Francesa, no Peru, no Suriname, na Venezuela (Missouri Botanical Garden, 2018), em Guiana e Trinidad (Smith & Downs, 1979; Koch, 2011). No Brasil, ocorre nos estados do Acre, do Amazonas, do Amapá, do Pará, de Rondônia, de Roraima, de Alagoas, da Bahia, do Maranhão, da Paraíba, de Pernambuco, de Sergipe e de Mato Grosso, nos biomas Amazônia e Mata Atlântica, nas fitofisionomias de Floresta de Terra Firme, Floresta Ombrófila, Campinaranas, Floresta de Igapó e Áreas Antrópicas (JBRJ, s. d.). Em Belém, foi coletada no Parque Estadual do Utinga, nos ramos de *Mangifera indica*. A floração ocorreu nos meses de maio e setembro.

*Aechmea mertensii* pode ser confundida com *Aechmea aquilega* pelas semelhanças vegetativas, porém reprodutivamente as brácteas escapais em *A. mertensii* são visivelmente unidas e com margem serrada, enquanto que as de *A. aquilega* são dispersas umas das outras, apresentando a margem inteira. Além disso, *A. mertensii* apresenta algumas particularidades, como ápice atenuado, pétalas estreito-elípticas e apêndices petalíneos fimbriados, que contribuem para a identificação.

***Aechmea setigera* Mart. ex Schult. & Schult.f.,  
Systema Vegetabilium 7(2): 1273. 1830.  
(Figura 1E-1F)**

Epífita acaule, com 79,5-145,1 cm de altura. Roseta tubular, 22 folhas. Folhas coriáceas; bainha com 7-24,5 cm, ovalada, verde, alterna; lâmina com 22-145,1 × 3,5-10,5 cm, lanceolada, glabra em ambas as faces, margem serrada com espinhos eretos na região proximal e retrorsos na região mediana à região distal da lâmina, ápice atenuado a agudo, base arredondada; venação paralelóidroma, impressa. Escapo com aproximadamente 60 cm de comprimento, subereto, pubescente, esverdeado, mais longo do que as folhas, laxamente encoberto pelas brácteas escapais; brácteas escapais com 12,5-15,3 × 2,5-3,5 cm, cartáceas, alternas, elípticas, róseas, ápice

longo-acuminado, margem serrada com espinhos retrorsos, as superiores são maiores do que as inferiores. Inflorescência em panícula de espigas, 300-330 flores, com 35-43 cm de comprimento, congesta; brácteas florais com aproximadamente  $3,6 \times 1,8$  cm, ápice espinhesciente, amarelo-esverdeadas, ovaladas, cartáceas, geralmente mais curtas do que as sépalas, conduplicadas, glabras. Flores amarelo-esverdeadas, com  $2-3,6 \times 0,4-0,5$  cm, sésseis; sépalas crassas,  $1,6-2 \times 3-5$  cm, assimétricas, amarelo-esverdeadas, glabras, ápice agudo; pétalas livres,  $1,3-2,8 \times 0,1-0,3$  cm, elípticas, ápice agudo, apêndices petalíneos ligulados; estames 6, inclusos quando imaturos e exsertos quando maduros, com cerca de 2,3 cm de comprimento, saindo da região distal do ovário, filetes menores do que as anteras, anteras 2-tecas, estilete cilíndrico, com 2-2,2 cm de comprimento; ovário elipsoide, com 5-6 mm de comprimento, 3-locular, glabro, pluriovular, placentação axial. Fruto não visto.

**Material examinado:** Brasil. Pará: Belém, Universidade Federal Rural da Amazônia, 12 nov. 2017, fl., E.G. Brito 17 (MG); *ibid.*, IPEAN, fazenda Velha, 21 nov. 1973, st., E. Oliveira 45.405 (MG).

**Material adicional:** Brasil. Pará: Oriximiná, margem esquerda do rio Jamundá, 18 jan. 1968, fl., M. Silva 1208 (MG); rio Tarumã-Mirim, baixo rio Negro, 10 jul. 1913, fl., A. Duche 12524 (MG).

**Distribuição geográfica:** distribui-se na Bolívia, no Brasil, na Colômbia, no Equador, na Guiana Francesa, na Guiana, no Panamá, no Suriname e na Venezuela (Missouri Botanical Garden, 2018). No Brasil, a sua ocorrência foi registrada nos estados do Acre, do Amazonas, de Mato Grosso e do Pará, nos biomas Amazônia e nas fitofisionomias de Floresta de Igapó, Floresta de Terra Firme e Savana Amazônica (JBRJ, s. d.). *Aechmea setigera* é comumente encontrada na parte superior do caule de *Adenanthera pavonina* L., *Mangifera indica* e *Handroanthus albus* (Cham.) Mattos, porém, nas excursões de campo, esta espécie foi encontrada excepcionalmente próximo à base do caule. Ela foi encontrada com flor no mês de setembro.

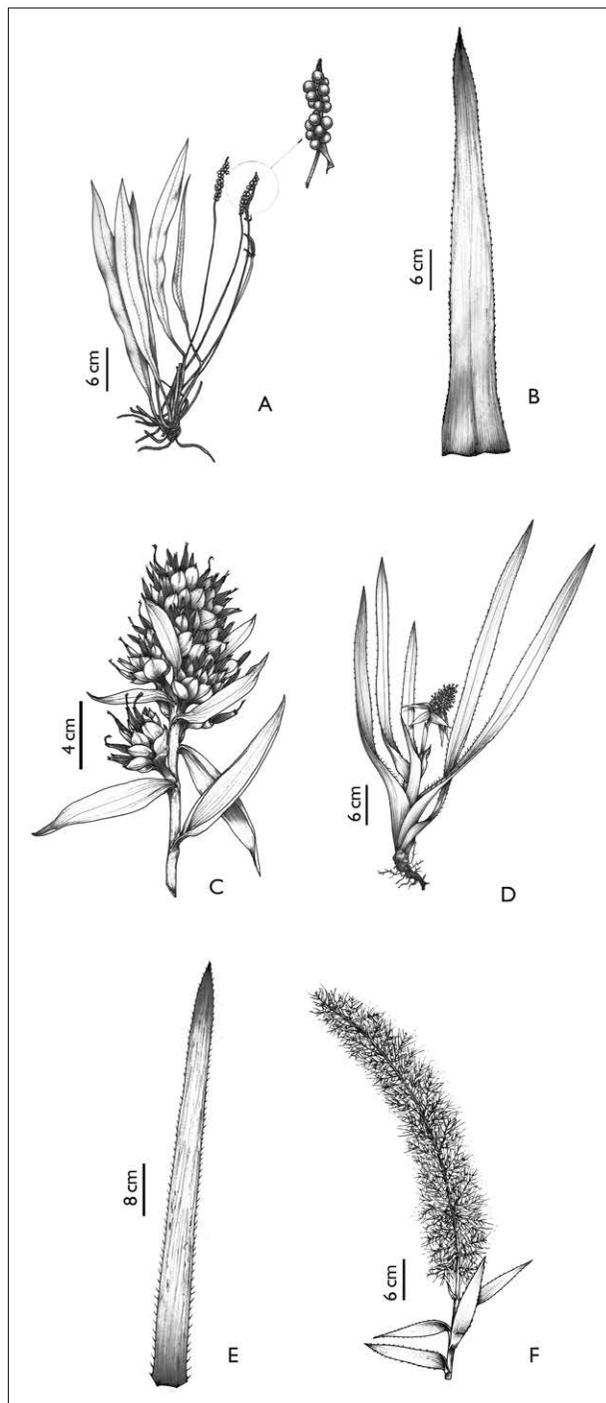


Figura 1. Espécie de Araceae de Belém: A) *Anthurium gracile* – hábito e detalhe da infrutescência (A); espécies de Bromeliaceae de Belém: B-C) *Aechmea aquilega* – folha (B) e detalhe da inflorescência (C); D) *Aechmea mertensii* – hábito (D); E-F) *Aechmea setigera* – folha (E) e detalhe da inflorescência (F). Ilustrações: A. Alvarez (2018).

A epífita supracitada caracteriza-se por apresentar espinhos eretos na região proximal e retrorsos nas regiões mediana à distal da lâmina, escapos pubescentes, pétalas elípticas, apêndices petalíneos ligulados e brácteas florais com ápice espinescente, cujos espinhos podem ser evidenciados em toda inflorescência, diferindo-a das demais bromélias citadas.

***Tillandsia bulbosa* Hook., Exotic Flora 3: t. 173.**

**1825. (Figura 2A)**

Epífita acaule, com 13-36 cm de altura. Roseta ovalada, 6-16 folhas. Folhas coriáceas, verdes, ocasionalmente róseas em algumas folhas; bainhas com 1-5,3 × 0,8-2,5 cm, ovaladas, verdes; lâmina com 2,8-26 × 0,1-0,4 cm, alterna, filiforme, escamas ausentes, glabra a velutina, margem inteira, impressa, ápice agudo, base arredondada, venação paralelógrama. Escapo com 5,5-26 cm de comprimento, curvado, glabro, esverdeado a branco, encoberto pelas brácteas escapais; brácteas escapais com 1,3-2,8 × 0,2-0,3 cm, alternas, lanceoladas, imbricadas, vináceas, ápice agudo, margem inteira. Inflorescência em espigas, 2-5 flores, com 2,6-7,5 cm de comprimento, congesta; brácteas florais com 1,2-1,8 × 0,15-0,3 cm, ápice agudo, esverdeadas, elípticas, recobre as sépalas e o ovário, conduplicadas, glabras. Flores com 2,5 cm, amarelo-esverdeadas, sésseis; sépalas com aproximadamente 1,3 × 0,15-0,2 cm, crassas, livres, lanceoladas, esverdeadas, glabras, ápice agudo; pétalas com 1,3-1,8 × 0,2-0,4 cm, livres, membranáceas, oblanceoladas, ápice agudo, apêndices petalíneos ausentes; estames com cerca de 2,3 cm de comprimento, inclusos quando imaturos e exsertos quando maduros, saindo do ápice do ovário, anteras não vistas; estilete com cerca de 1,6 cm de comprimento, cilíndrico; estigma cilíndrico; ovário com 5-6 mm de comprimento, elíptico, 3-locular, glabro, plurióvular, placentação axial. Fruto com 1,1-3,5 cm de comprimento, capsular, elíptico, sementes com apêndices plumosos, branco-amarelados.

Material examinado: Brasil. Pará: Belém, *Campus* de Pesquisa do Museu Paraense Emílio Goeldi, 10 ago. 2017,

fl., E.G. Brito 04 (MG); *ibid.*, *South forest of the IAN*, 16 set. 1942, fl., W.A. Archer 7828 (IAN); *ibid.*, Utinga, 24 abr. 1947, fl., J. Murça & G. Black 1520 (IAN); *ibid.*, Campina do rio Guajará, 14 maio 1954, fl., G.A. Black 54-16131 (IAN); *ibid.*, IPEAN, margem esquerda do rio Aurá, 14 maio 1968, fl., J.M. Pires & N.T. Silva 11717 (IAN); *ibid.*, Horto do Museu Goeldi, 7 jan. 1968, fl./fr., P. Cavalcante 1950 (MG).

Material adicional: Brasil. Pará: Almeirim, Monte Dourado, entrada do Pedral, 24 nov. 1978, fl., M.R. Santos 403 (MG); Altamira, margem direita ao rio Iriri, ilha da Morena, 21 ago. 1986, fl., R.T.P. Vasconcelos *et al.* 55 (MG); rio Jeri, Monte Dourado, 1970, fl./fr., E. de Oliveira 3643 (IAN).

Distribuição geográfica: a espécie ocorre em Belize, Caribe, Colômbia, Costa Rica, Equador, El Salvador, Guiana Francesa, Guatemala, Guiana, Honduras, México, Nicarágua, Panamá, Suriname e Venezuela (Missouri Botanical Garden, 2018). No Brasil, ocorre nos estados do Pará, do Amazonas, do Amapá, da Bahia, de Alagoas, da Paraíba, de Pernambuco, do Rio Grande do Norte, de Sergipe e do Espírito Santo, nos biomas Amazônia e Mata Atlântica, em fitofisionomias de Caatinga, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila e Restinga (JBRJ, s. d.). O material coletado em Belém é proveniente de floresta de terra firme do *Campus* de Pesquisa do Museu Paraense Emílio Goeldi. A espécie foi coletada em *Mangifera indica*, *Calliandra surinamensis* Benth., *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos e *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg. Foi encontrada com flor nos meses de janeiro, abril, maio, agosto e setembro, e com fruto em janeiro.

*Tillandsia bulbosa* é distinguível das demais bromélias abordadas neste estudo por ser a única que possui a lâmina foliar filiforme.

***Vriesea amazonica* (Baker) Mez, Flora Brasiliensis 3(3): 554. 1894. (Figuras 2B-2C)**

Epífita acaule, com 70,6-125 cm de altura. Roseta ovalada, 20-22 folhas. Folhas cartáceas, verdes; bainha com 12,5-16 cm;



lâmina com 41-72,4 × 3,4-8,5 cm, alterna, lanceolada, escamas ausentes, glabra, margem inteira, impressas, ápice atenuado, base arredondada; venação paralelócloma. Escapo com cerca de 58 cm, ereto, glabro, esverdeado, laxamente encoberto pelas brácteas escapais; brácteas escapais com 9-14,5 × 2-4 cm, alternas, elípticas, imbricadas, esverdeadas, ápice atenuada, margem inteira. Flores não vistas. Fruto com 2,8-4,2 cm de comprimento, capsular, elíptico, sementes com apêndices plumosos, marrons.

Material examinado: Brasil. Pará: Belém, *Campus* de Pesquisa do Museu Paraense Emílio Goeldi, 19 out. 2017, fr., E.G. Brito 24 (MG); *ibid.*, 8 maio 1952, fr., L.B. Smith 7120 (IAN); *ibid.*, IPEAN, margem esquerda ao rio Aurá, 15 fev. 1968, fr., J.M. Pires & N.T. Silva 11722 (IAN).

Material adicional: Brasil. Pará: ilha do Marajó, município de Chaves, localidade São Joaquim, 1 out. 1976,

fr., E. Oliveira 6506 (MG); Ananindeua, Pirelli, 14 jul. 1976, fr., M.G. Silva 2815 (MG).

Distribuição geográfica: a espécie ocorre no Caribe, na Guiana Francesa, no Suriname e na Venezuela (Missouri Botanical Garden, 2018). No Brasil, encontra-se distribuída nos estados do Acre, de Mato Grosso e do Pará, no bioma Amazônia e nas fitofisionomias de Floresta Ombrófila (JBRJ, s. d.). Esta espécie é comumente encontrada às margens da estrada de Belém, principalmente nos ramos de *Handroanthus albus*, onde pode ser evidenciada com frutos nos meses de fevereiro, maio e outubro.

*Vriesea amazonica* diferencia-se das demais bromélias por apresentar lâmina foliar com margem inteira, sementes com apêndices plumosos e frutos marrons, aspectos que auxiliam na sua identificação.

## CACTACEAE JUSS.

Chave para identificação das espécies de Cactaceae epífitas ocorrentes em Belém

1. Ramos aplanados, alados, não articulados; sépalas lanceoladas; anteras lineares; estigma lobado, ovário estreitamente elíptico; acrossarcídio, fusiforme..... *Epiphyllum phyllanthus*  
Ramos cilíndricos, alas ausentes, articulados; sépalas elípticas; anteras elípticas; estigma terminal, ovário oblongo; baga, globosa..... *Rhipsalis baccifera*

### *Epiphyllum phyllanthus* (L.) Haw., *Synopsis plantarum succulentarum ... 197. 1812. (Figura 2D)*

Epífitas acaule, afila, com 19,5-132,5 × 2-8,5 cm de largura. Ramos aplanados, alados, não articulados, não costados, às vezes trígono na base, esverdeados, lanceolados a espatulados, base cuneada, margem crenada, ápice obtuso, nervura central proeminente, glabro; aréolas com aproximadamente 3 mm de diâmetro, não espinescente. Flor lateral, solitária, 1 flor por aréola; pericarpelo com cerca de 5 × 2,5 mm, esverdeado, escamas triangulares diminutas; tubo floral cilíndrico, com cerca de 5 mm de diâmetro; sépalas membranáceas, com 1,2-1,6 × 0,2-0,3 cm, lanceoladas, glabras; pétalas membranáceas, com 1,2-2,1 ×

0,15-0,2 cm, oblongas, glabras; estames soldados na base dos segmentos internos do perianto, formando uma coroa no ápice do tubo, filetes com 2,5-8 mm de comprimento, alvos, anteras lineares com deiscência rimosa; estilete com cerca de 7 cm de comprimento, exserto, estigma lobado, lobos com cerca de 2 mm; ovário com cerca de 4 cm de comprimento, estreitamente elíptico, glabro. Acrossarcídio com 4-8 × 1,8-3,5 cm, fusiforme, estriado, verde a róseo; pericarpo magenta a rosa e glabro.

Material examinado: Brasil. Pará: Belém, EMBRAPA, 10 jan. 2018, fr., E.G. Brito 33 (MG).

Material adicional: Brasil. Pará: Marapanim, 11 km northwest of Marudá, 3 abr. 1980, fr., G. Davidse et al.



17879 (MG); Marituba, fazenda Pirelli, 30 jul. 1997, fr., S.V. da Costa *et al.* 148 (MG); Melgaço, Estação Científica Ferreira Penna, margem esquerda do rio Caxiuanã, 15 dez. 1999, fr., A.S.L. da Silva 3794 (MG); Oriximiná, rio Trombetas, 16 jul. 1980, fr., C.A. Cid *et al.* 1531 (MG); rio Tapajós, fazenda Urucurituba, 17 abr. 1947, fl./fr., W. A. Arsher 8419 (IAN).

**Distribuição geográfica:** distribui-se na Argentina, em Belize, na Bolívia, no Caribe, na Colômbia, em Costa Rica, em El Salvador, no Equador, na Guatemala, nas Guianas, em Honduras, no México, na Nicarágua, no Paraguai, no Peru, no Uruguai e na Venezuela (Missouri Botanical Garden, 2018). No Brasil, ocorre no Acre, no Amazonas, no Pará, em Rondônia, em Roraima, em Tocantins, em Alagoas, na Bahia, no Ceará, no Maranhão, na Paraíba, em Pernambuco, no Piauí, no Rio Grande do Norte, em Sergipe, no Distrito Federal, em Goiás, no Mato Grosso do Sul, no Mato Grosso, no Espírito Santo, em Minas Gerais, no Rio de Janeiro, em São Paulo, no Paraná, no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, nos biomas Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal e nas fitofisionomias de Áreas Antrópicas, Campo de Altitude, Campo de Várzea, Mata Ciliar, Floresta de Igapó, Floresta de Terra Firme, Floresta de Várzea, Floresta Estacional Perenifólia, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila, Floresta Ombrófila Mista, Manguezal, Palmeiral e Restinga (JBRJ, s. d.). A espécie é um novo registro para a cidade de Belém, coletada em *Hevea brasiliensis*, *Adenanthera pavonina* L. e *Mangifera indica*. A epífita foi encontrada com fruto no mês de janeiro.

*Epiphyllum phyllanthus* possui apenas uma coleta em Belém, podendo ser identificado pelos ramos aplanados, alados, lanceolados a espatulados e por possuir frutos do tipo acrossarcídio, diferenciando-se de *Rhipsalis baccifera*, que possui ramos cilíndricos e fruto do tipo baga. De acordo com Zappi *et al.* (2007), o pericarpelo varia de 1,5-2 cm de comprimento, entretanto, nas amostras analisadas, observou-se que o mesmo possui 5 mm de comprimento.

***Rhipsalis baccifera* (Sol.) Stearn, Cactus Journal [Croydon] 7(4): 107. 1939. (Figura 2E)**

Epífita acaule, afila, com 28-136 × 0,4-0,5 cm de diâmetro. Ramos cilíndricos, alas ausentes, articulados e ramificados, fissurados, costados, margem inteira, glabros; aréola com 1 mm de diâmetro, não espinescente. Flores laterais ou terminais, sésseis, solitárias, 1 flor por aréola; sépalas membranáceas, com 1,5-2,1 × 1-1,2 mm, elípticas, glabras; pétalas membranáceas, com 1,9-2,8 × 1-1,3 mm, oblongas, glabras; estames soldados na base dos segmentos internos das pétalas, com duas anteras no ápice do tubo, filetes com 1,2-1,3 mm de comprimento, alvos, anteras elípticas com descência rimosa; estigma terminal; ovário com cerca de 2,1 mm de comprimento, oblongo, glabro. Baga, com 5-6 × 2-4 mm de diâmetro, globosa, lisa, esverdeada e glabra.

**Material examinado:** Brasil. Pará: Belém, Universidade Federal Rural da Amazônia, 14 ago. 2017, fr., E.G. Brito 07 (MG); *ibid.*, EMBRAPA, 10 jan. 2018, fl./fr., E.G. Brito 34 (MG); *ibid.*, IPEAN, reserva APEG, 19 jul. 1967, st., J.M. Pires & N.T. Silva 10594 (MG); *ibid.*, igarapé Aurá, 1 dez. 1958, fr., J.M. Pires 7216 (IAN).

**Material adicional:** Brasil. Pará, Muaná, fazenda São João, rio Anabiju, ilha do Marajó, 28 jun. 1962, fl., E. Oliveira 2070 (IAN); Anajás, rio Anajás, 18 ago. 1982, fl., M.R. Cordeiro & N.A. Sena 1692 (IAN).

**Distribuição geográfica:** a espécie é uma exceção em seu gênero, cuja sua distribuição estende-se das regiões tropicais do continente africano e Madagascar ao sul da Índia e Sri Lanka, no continente asiático (Wallace & Gibson, 2002). No Brasil, sua ocorrência foi registrada no Acre, no Amazonas, no Amapá, no Pará, em Rondônia, em Roraima, no Ceará, no Maranhão, na Paraíba, em Pernambuco, no Rio Grande do Norte, no Mato Grosso do Sul e no Mato Grosso, nos biomas Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal, nas fitofisionomias de Mata Ciliar, Floresta de Terra Firme, Floresta de Várzea, Floresta Estacional Perenifólia, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila e Restinga (JBRJ, s. d.). Em Belém, encontra-se amplamente distribuída

na cidade, podendo ser facilmente observada em ruas, praças, *campus*, reservas e nas proximidades de igarapé, geralmente encontrada em *Mangifera indica*, mas também utiliza como forófito *Hevea brasiliensis* e *Adenanthera pavonina* L. A espécie foi encontrada com flor no mês de janeiro e com fruto em janeiro, agosto e dezembro.

*Rhipsalis baccifera* é identificada pelos ramos pendentes, cilíndricos, articulados e ramificados, diferentemente de *Epiphyllum phyllanthus*, citada anteriormente.

GESNERIACEAE RICH. & JUSS.

***Codonanthe calcarata* (Miq.) Hanst., Linnaea 34(4): 416–417. 1865. (Figura 3A)**

Epífita, caule herbáceo, escandente, raízes grampiformes, com 50-100 × 0,2-0,5 cm de diâmetro. Ramos cilíndricos, glabros, não espinescentes. Folhas opostas. Pecíolo com 0,5-1,1 × 0,5-1 cm, cilíndrico, não canaliculado, verde, glabro. Lâmina foliar com 1,2-8 × 0,7-3,2 cm, ovalada a

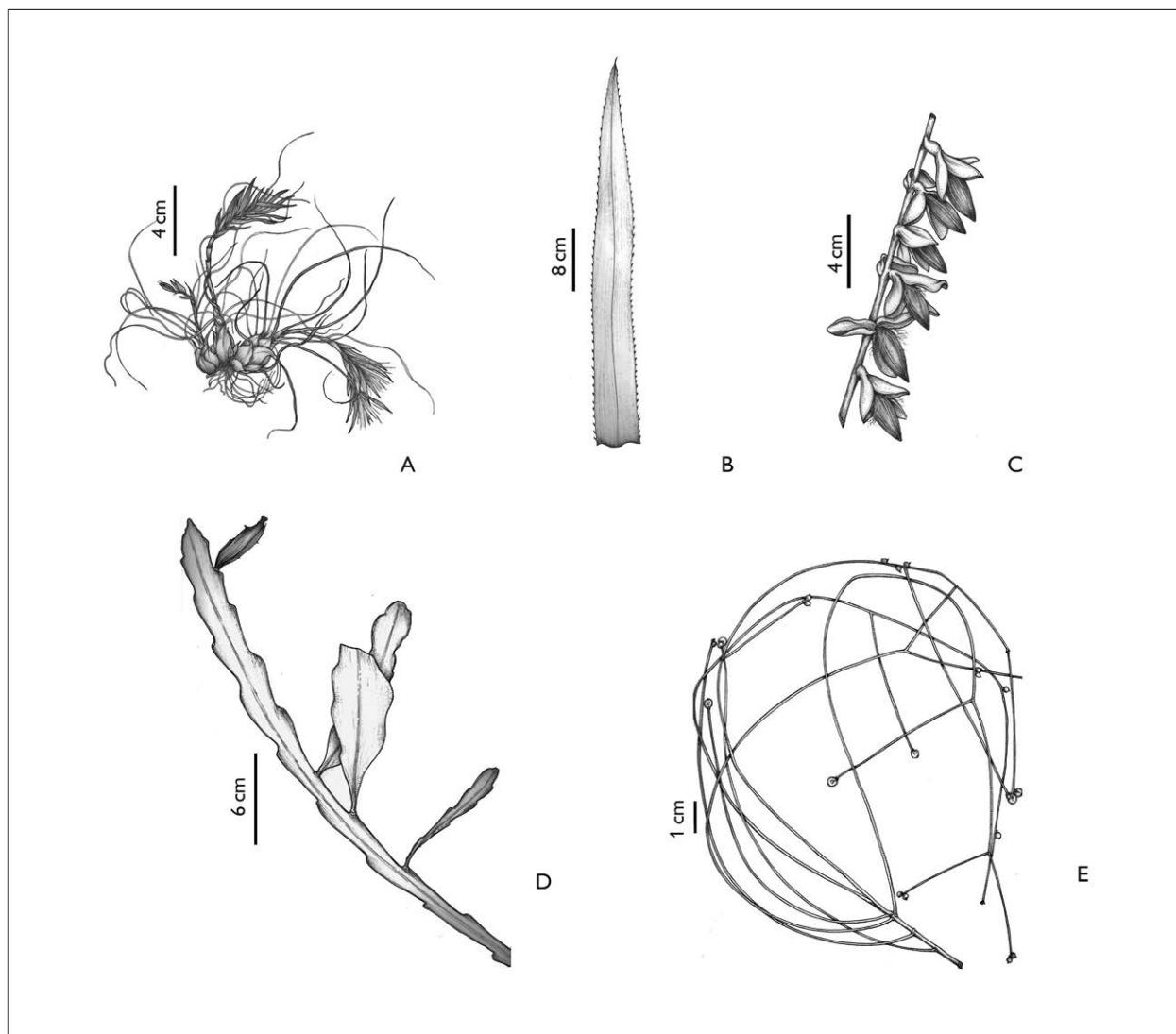


Figura 2. Espécies de Bromeliaceae de Belém: A) *Tillandsia bulbosa* – hábito (A); B-C) *Vriesea amazonica* – folha (B) e detalhe da infrutescência (C); espécie de Cactaceae de Belém: D) *Epiphyllum phyllanthus* – hábito (D); E) *Rhipsalis baccifera* – hábito (E). Ilustrações: A. Alvarez (2018).

elíptica, discolor, subcarnosa, glabra em ambas as faces, verde ou esverdeada, com máculas vináceas nas faces adaxial e abaxial; ápice atenuado; base arredondada; margem inteira, revoluta, às vezes conduplicada, venação hifódroma. Flor solitária, com cerca de 2,5 cm de comprimento; flores brancas a marrom; ovário com 1,5-2 mm de comprimento, ovoide, papiloso; cálice com 1,7-3 mm de comprimento, ovalado, papiloso; corola com cerca de 1,9 cm, infundibuliforme, glabra, 5 lobada. Antera 2-tecas. Baga com 1,3-1,4 × 0,9-1 cm, ovoide, lisa, membranácea, glabra.

Material examinado: Brasil, Pará: Belém, Universidade Federal Rural da Amazônia, 17 ago. 2017, fr., E.G. Brito 11 (MG); *ibid.*, Campus de Pesquisa do Museu Paraense Emílio Goeldi, 28 nov. 2017, fl./fr., E.G. Brito 27 (MG); *ibid.*, EMBRAPA, 10 jan. 2018, fl., E.G. Brito 35 (MG); *ibid.*, Bussuquara, 19 nov. 1945, fl., J.M. Pires & G.A. Black 672 (IAN); *ibid.*, Reserva do Mocambo, 17 set. 1985, fr., J.S.A. da Silva & O.C. Nascimento 11 (MG); *ibid.*, Utinga, 10 set. 1914, st., A. Ducke 15.478 (MG); *ibid.*, Utinga, 19 nov. 1945, fl., J.M. Pires & G.A. Black 227 (IAN); *ibid.*, *Epiphyte in tree about 3 m above the river, at margin of river, about 2 km, southwest of mouth of rio Ingarari*, 17 set. 1960, fl., H. S. Irwin *et al.* 48335 (IAN).

Distribuição geográfica: *Codonanthe calcarata* distribui-se na Bolívia, na Guiana Francesa, no Suriname e na Venezuela (Missouri Botanical Garden, 2018). No Brasil, ocorre no Amazonas, no Amapá, no Pará, em Rondônia, em Roraima e em Mato Grosso, no bioma Amazônia e nas fitofisionomias de Campinaranas e Mata Ciliar (JBRJ, s. d.). Apesar de a espécie ser frequentemente coletada e de estar presente nas coleções dos herbários, neste estudo ela é registrada como nova ocorrência para a cidade de Belém. Esta epífita foi encontrada nos troncos e nos galhos de *Adenantha pavonina* L., *Mangifera indica*, *Handroanthus heptaphyllus*, *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth, *Syzygium samarangense* (Blume) Merr. & L.M. Perry, *Calliandra surinamensis*, *Lecythis idatimon* Aubl., *Vismia guianensis* (Aubl.) Choisy, *Pachira aquatica* Aubl. e *Hevea brasiliensis*. As amostras de *Codonanthe calcarata* encontradas florescem nos meses de janeiro e novembro, e frutificam nos meses de agosto, setembro e novembro.

Vegetativamente, as folhas de *Codonanthe calcarata* são diagnósticas para sua identificação, pois apresentam face abaxial vinácea, margem revoluta ou, às vezes, conduplicadas. Reprodutivamente, a espécie pode ser distinguida por suas flores infundibuliformes com coloração branca e marrom, assim como pelas bagas ovoides de cor verde-vinácea.

## ORCHIDACEAE JUSS.

Chave para identificação das espécies de Orchidaceae epífitas ocorrentes em Belém

1. Cauloma não intumescido em pseudobulbos; folhas saindo ao longo do cauloma ..... 2  
    Cauloma intumescido em pseudobulbos; folhas saindo da base ou do ápice do pseudobulbo ..... 6
2. Cauloma fusiforme; folhas elípticas, com pontuações verde-claras, base cuneada ..... *Epidendrum strobiliferum*  
    Cauloma cilíndrico; folhas lanceoladas, oblanceoladas ou espatuladas, sem pontuações, base atenuada ..... 3
3. Labelo rosa ou branco, 2-3 lobado ..... 4  
    Labelo amarelo-esverdeado ou esverdeado, inteiro ou 4 lobado ..... 5
4. Flor solitária; brácteas lanceoladas; sépalas laterais esverdeadas; labelo 3-lobado, branco com raios; fruto elipsoide ..... *Epidendrum nocturnum*  
    Inflorescência 2-6 flores; brácteas elípticas; sépalas laterais róseas; labelo 2-lobado, róseo com uma mácula branca e outra amarela; fruto fusiforme ..... *Dimerandra emarginata*



5. Folhas coriáceas, alternas, oblanceoladas; venação hifódroma; bainha tetragonal; sépalas membranáceas; labelo amarelo-esverdeado, flabeliforme; ginostêmio com duas alas membranáceas.....*Orleanesia amazonica*  
Folhas cartáceas, opostas, espatuladas; venação paralelódrômo; bainha tubular; sépalas subcarnosas; labelo esverdeado, liguliforme; ginostêmio sem alas.....*Polystachya concreta*
6. Folhas saindo da base do pseudobulbo ..... 7  
Folhas saindo do ápice do pseudobulbo..... 8
7. Plantas dioicas; folhas 3-7, plicadas, alternas, ápice agudo ou atenuado; venação acródrôma; bainha triangular; inflorescência saindo da base do pseudobulbo; flores esverdeadas ou amarelo-esverdeadas com pontuações vináceas; sépala dorsal elíptica; ginostêmio com duas antenas na base .....*Catasetum macrocarpum*  
Plantas monoicas; folhas 1-2, planas, opostas, ápice emarginado; venação hifódroma; bainha tubular; inflorescência axial ou terminal; flores brancas; sépala dorsal obovada; ginostêmio com antenas ausentes ..  
.....*Scaphyglottis prolifera*
8. Pseudobulbo ovoide..... 9  
Pseudobulbo fusiforme ou achatado ..... 10
9. Epífita pendente; cauloma fusiforme; folhas cartáceas, não quilhadas, ápice agudo, margem repanda; inflorescências 8-31 flores; fruto fusiforme..... *Gongora nigrita*  
Epífita ereta; cauloma elipsoide; folhas coriáceas, quilhadas, ápice acuminado, margem inteira; flor solitária; fruto elipsoide .....*Trigonidium acuminatum*
10. Planta pendente; folhas 1-2; inflorescência em fascículo; labelo 3-lobado .....*Maxillaria alba*  
Planta ereta; folhas 2-4; inflorescência em racemo ou panícula; labelo inteiro ou 2-lobado .....11
11. Pseudobulbo aplanado; folhas 2-4; brácteas lanceoladas; sépalas livres a dorsal lanceolada; pétalas com ápice bifurcado, estrias ausentes; labelo cordiforme; ginostêmio sem alas; disco com calos retilíneos; fruto fusiforme.....*Notylia barkeri*  
Pseudobulbo fusiforme; folhas 2; brácteas ovaladas; sépalas soldadas a dorsal ovaladas; pétalas com ápice inteiro, com 3 estrias longitudinais na região central; labelo elíptico; ginostêmio com duas alas na base; disco com calos semicirculares; fruto elipsoide.....*Brassia chloroleuca*

***Brassia chloroleuca* Barb. Rodr., Genera et Species Orchidearum Novarum 1: 97. 1877. (Figura 3B)**

Epífita acaule, monoica, cespitosa, ereta, com 17-45,2 cm de comprimento. Rizoma com 2-22 cm de comprimento. Cauloma com 5-12,3 × 1,5-2,1 cm, parcialmente encoberto por bainhas foliares, fusiforme, intumescido em pseudobulbo. Pseudobulbo isolado, fusiforme, com 5-12,3 × 1,5-2,1 cm. Folhas 2, no ápice do pseudobulbo, 18,5-26 × 2-4,5 cm, suberetas, planas, cartáceas a subcoriáceas, proeminentes, opostas, esverdeadas, elípticas, ápice agudo, base atenuada, margem inteira, venação hifódroma; bainha triangular, com 1,2-7 cm de comprimento. Inflorescência em

racemo, 8-9 flores, com 27,5-41,5 cm de comprimento, pedúnculo com 6,5-14,5 cm de comprimento; brácteas com 0,7-0,9 × 0,3-0,2 mm, ovaladas, ápice agudo, glabras. Flores amarelo-esverdeadas com máculas vináceas; pedicelo+ovário com 3 mm de comprimento; sépalas membranáceas, soldadas; a sépala dorsal, com 5,1-6 × 0,41-0,51 cm, ovalada, esverdeada com máculas vináceas na base, ápice longo-atenuado, margem inteira, papilosa; as sépalas laterais, com 11,2-14,9 × 0,4-0,6 cm, lanceoladas, amarelo-esverdeadas com máculas e pontuações vináceas, ápice longo-agudo, margem inteira, papilosa; pétalas livres, com 1,4-2,3 × 3-4 cm, falciformes, verde-amareladas,



ápice inteiro e longo-atenuado, margem inteira, papilosa, com 3 estrias longitudinais na região central das pétalas; labelo apresentando 2,1-2,8 × 0,8-2 cm, inteiro, membranáceo, elíptico, papiloso, amarelado com pontuações vináceas, com 3 estrias longitudinais na região central do labelo, ápice acuminado, margem repanda, base adnata ao ginostêmio, duas alas na base do labelo; disco com calos semicirculares próximos à base, ápice arredondado. Ginostêmio com 5-7 mm de comprimento, com duas alas na base. Anteras 2, polínias 2. Fruto capsular, com 2,8-5 × 0,4-1,2 cm, elipsoide, liso, coriáceo, glabro.

Material examinado: Brasil. Pará: Belém, *Campus* de Pesquisa do Museu Paraense Emílio Goeldi, 21 set. 2017, fr., E.G. Brito 21 (MG); *ibid.*, *Campus* de Pesquisa do Museu Paraense Emílio Goeldi, 29 mar. 2017, fl., E.G. Brito 42 (MG).

Material adicional: Brasil. Pará: Vitória do Xingu, sítio Canais e Duques, imediações do córrego Paquiçamba, 30 maio 2012, fl., D.A.A. Gomes 284 (MG); Vitória do Xingu, sítio Canais e Diques, imediações do córrego Paquiçamba, 22 maio 2012, fr., D.A.A. Gomes 238 (MG).

Distribuição geográfica: Ocorrência registrada apenas na Guiana, na Guiana Francesa e no Brasil (Missouri Botanical Garden, 2018). A sua distribuição no território brasileiro abrange os estados do Acre, do Amazonas, do Pará, de Rondônia, de Roraima, do Maranhão e do Mato Grosso, no bioma Amazônia e nas fitofisionomias de Floresta de Terra Firme, Floresta de Igapó, Floresta de Várzea e Floresta Ombrófila (JBRJ, s. d.). Em Belém, a espécie foi encontrada no *Campus* de Pesquisa do Museu Paraense Emílio Goeldi, sob os ramos de *Calliandra surinamensis* e *Hevea brasiliensis*. Floresce no mês de março e, na área de estudo, frutifica no mês setembro.

*Brassia chloroleuca* diferencia-se das demais orquídeas analisadas por apresentar sépalas e pétalas com ápice atenuado, labelo papiloso e sépalas laterais de 11,2-14,9 cm de comprimento, amarelo-esverdeadas com máculas e pontuações vináceas, que facilitam sua identificação em campo. Segundo Günther (2015, p. 1), conforme citado por

Flora Brasiliensis (1982), a espécie apresenta folhas com até 20 cm de comprimento, no entanto, nos espécimes analisados, as folhas apresentaram comprimento de até 26 cm.

***Catasetum macrocarpum* Rich. ex Kunth,**  
**Synopsis Plantarum, quas, in itinere ad plagam**  
**aequinoctialem orbis novi, collegerunt Al. de**  
**Humboldt et Am. Bonpland 1: 331. 1822.**

**(Figura 3C)**

Epífita acaule, dioica, cespitosa, ereta, com 30,1-63,5 cm de comprimento. Rizoma com 5-23,5 cm de comprimento. Cauloma com 5-27 × 1,1-2,5 cm, totalmente encoberto por bainhas foliares, fusiforme, intumescido em pseudobulbo. Pseudobulbo agregado, fusiforme, com 5-27 × 1,1-2,5 cm. Folhas 3-7, saindo da base do pseudobulbo, com 9,8-50,7 × 2,2-10 cm, suberetas a pendentes, plicadas, cartáceas, proeminentes, alternas, verdes, elípticas, ápice agudo ou atenuado, base atenuada, margem linear a levemente repanda, venação acródroma; bainha triangular, com 3,3-9,9 cm de comprimento. Flor solitária ou em racemo, 1-4 flores, com 6,5-16 cm de comprimento, saindo da base do pseudobulbo; pedúnculo com 9,3-11,5 cm de comprimento; brácteas com 1,1-1,3 × 0,3-0,5 cm, lanceoladas, ápice agudo, glabras. Flores esverdeadas ou amarelo-esverdeadas com pontuações vináceas; pedicelo+ovário não visto; sépalas membranáceas, soldadas; a sépala dorsal com 4,1-4,7 × 1-1,2 cm, elíptica, esverdeada com pontuações vináceas, ápice atenuado, margem inteira a repanda, glabra; as sépalas laterais com 4,7-5,3 × 1,7-2,4 cm, elípticas ou falcadas, esverdeadas com pontuações e máculas vináceas, ápice atenuado, margem retilínea, glabras; pétalas livres, com 3,6-4,9 × 1,7-2,5 cm, elípticas, esverdeadas com pontuações e máculas vináceas, ápice atenuado, margem retilínea, glabras; labelo com 2,2-3,1 × 0,25-0,3 cm, carnoso, cuculado, glabro, esverdeado nas flores pistiladas e amarelo-esverdeado nas flores estaminadas, ápice arredondado, lobos ausentes, margem denteada, base adnata ao pé do ginostêmio, alas ausentes; disco com

calos semicirculares. Ginostêmio com 2,9-4,3 cm de comprimento, alas ausentes, com duas antenas saindo da base. Antera 2-locular, polínias não vistas. Fruto capsular, com 5-5,5 × 2-2,5 cm, elíptico, coriáceo, glabro.

Material examinado: Brasil. Pará: Belém, Universidade Federal Rural da Amazônia, 20 abr. 2018, fl., E.G. Brito 47 (MG); *ibid.*, Campus da Universidade Federal do Pará, 19 dez. 93, fl., M.F. da Silva 40 (MG); *ibid.*, Horto do Museu, 3 jun. 1963, st., P.B. Cavalcante 1128 (MG); *ibid.*, IAN, 21 fev. 1957, fl., G. A. Black 57-19026 (IAN); *ibid.*, estrada do Cafezal, 13 mar. 1972, fl., B.G.S. Ribeiro 228 (IAN).

Material adicional: Brasil, Pará: Barcarena, praia do Piry, 24 maio 1984, fr., A. Lins, N.A. Rosa & R.P. Bahia 425 (MG); Maracanã, campo Martins Pinheiro, 6 abr. 1980, fr., G. Davidse 17920 (MG); Universidade Federal do Pará, 19 out. 1993, fl., M.F. da Silva 40 (MG).

Distribuição geográfica: distribui-se desde a América Central até a região Nordeste do Brasil e pode ser considerada como uma espécie invasora de área natural ou artificialmente aberta (Silva & Silva, 1998). No Brasil, ocorre nos estados do Acre, do Amazonas, do Amapá, do Pará, de Roraima, do Tocantins, de Alagoas, da Bahia, do Ceará, do Maranhão, da Paraíba, de Pernambuco, do Rio Grande do Norte, de Goiás, do Mato Grosso, do Espírito Santo, de Minas Gerais, do Rio de Janeiro e de São Paulo, nos biomas Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica, nas fitofisionomias de Áreas Antrópicas, Campinarana, Campo Rupestre, Cerrado (*lato sensu*), Mata Ciliar, Floresta de Igapó, Floresta de Terra Firme, Floresta de Várzea, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila, Restinga e Savana Amazônica (JBR, s. d.). Em Belém, constatou-se sua presença em floresta de terra firme, nos forófitos de *Calliandra surinamensis*, *Terminalia catappa* L., *Mangifera indica*, *Attalea maripa* (Aubl.) Mart., *Handroanthus heptaphyllus* e *Hevea brasiliensis*. Os espécimes coletados floresceram em fevereiro, abril e outubro.

De acordo com Reis *et al.* (2015), o gênero se destaca dos demais grupos na família por diversos fatores, entre eles o dimorfismo sexual. Nas amostras analisadas de *C. macrocarpum*, observou-se que as flores estaminadas

possuem duas antenas, que, segundo Silva & Silva (1998), partem das anteras e se projetam para o interior do labelo, as quais são diagnósticas para identificação da espécie.

*Catasetum macrocarpum* é a única epífita dioica apontada no presente estudo para a região de Belém reconhecida por apresentar labelo carnoso, cuculado, esverdeado nas flores pistiladas e amarelo-esverdeado nas flores estaminadas.

***Dimerandra emarginata* (G. Mey.) Hoehne, Boletim de Agricultura. São Paulo 34: 618. 1934. (Figura 3D)**

Epífita acaule, monoica, cespitosa, ereta, com 13,5-40 cm de comprimento. Rizoma com 5,5-17,5 cm de comprimento. Cauloma com 8,5-24 × 0,3-0,5 cm de diâmetro, totalmente encoberto por bainhas foliares, cilíndrico, não intumescido em pseudobulbos. Folhas 2-9, saindo ao longo do cauloma, com 4,5-14,1 × 0,2-1,2 cm, suberetas, planas, cartáceas a subcoriáceas, impressas, alternas, verdes, lanceoladas, ápice agudo, base atenuada, margem inteira, venação hifódromo; bainha tubular, com 1,2-4 cm de comprimento. Inflorescência em racemo, 2-6 flores, com 3-5,7 cm de comprimento, terminal, pedúnculo com 2,5-0,2 cm de comprimento; brácteas com 3-5 × 1,5-2 mm, elípticas, ápice agudo, glabras. Flores róseas com mancha branca e amarela na base do labelo; pedicelo+ovário com 3-8 mm de comprimento; sépalas membranáceas, livres; a sépala dorsal, com 11-15 × 3-4 mm, lanceolada, rosa, ápice atenuado, margem retilínea, glabra; as sépalas laterais, com 12-15 × 3-5 mm, elípticas a lanceoladas, róseas, ápice agudo, margem retilínea, glabras; pétalas isoladas, com 13-15,1 × 6-8,5 mm, elípticas, róseas, ápice atenuada, margem repanda, glabras; labelo com 14 × 11 mm, membranáceo, flabelado, 2-lobado, glabro, rosa com uma mácula branca e outra amarela, ápice retuso, margem inteira, base atenuada, alas ausentes; discos semicirculares, ápice deltoide. Ginostêmio com 5-6,2 mm de comprimento, com duas alas membranáceas no ápice. Anteras 2, polínias 2-4. Fruto capsular, 2,5-3,3 × 0,3-0,5 cm, fusiforme, liso, lenhoso, glabro.



Material examinado: Brasil. Pará: Belém, *Campus* de Pesquisa do Museu Paraense Emílio Goeldi, 5 set. 2017, fl., E.G. Brito 13 (MG); *ibid.*, EMBRAPA, 5 abr. 2018, fr., E. G. Brito 44 (MG); *ibid.*, EMBRAPA, 9 out. 2018, fl., E.G. Brito 45 (MG).

Distribuição geográfica: distribui-se em Belize, Caribe, Costa Rica, Equador, El Salvador, Guianas, Honduras, México, Panamá, Peru e Venezuela (Missouri Botanical Garden, 2018). No Brasil, ocorre no Amazonas, no Amapá, no Pará, em Roraima, em Alagoas, na Bahia, no Ceará, no Maranhão, na Paraíba, em Pernambuco, em Sergipe e no Espírito Santo, nos biomas Amazônia e Mata Atlântica, nas fitofisionomias de Mata Ciliar, Floresta de Igapó, Floresta de

Terra Firme, Floresta de Várzea, Floresta Estacional Decidual, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila (JBRJ, s. d.). Em Belém, a espécie é frequentemente localizada em capoeira, onde é encontrada em abundância ao longo de todo o forófito, especialmente de *Calliandra surinamensis*, *Adenanthera pavonina* L. e *Hevea brasiliensis*. Em Belém, a espécie foi encontrada em floração nos meses de setembro e outubro, com fruto em abril.

*Dimerandra emarginata* diferencia-se das demais orquídeas estudadas por possuir labelo flabelado, 2-lobado com ápice retuso, róseo com manchas branca e amarela em sua base.

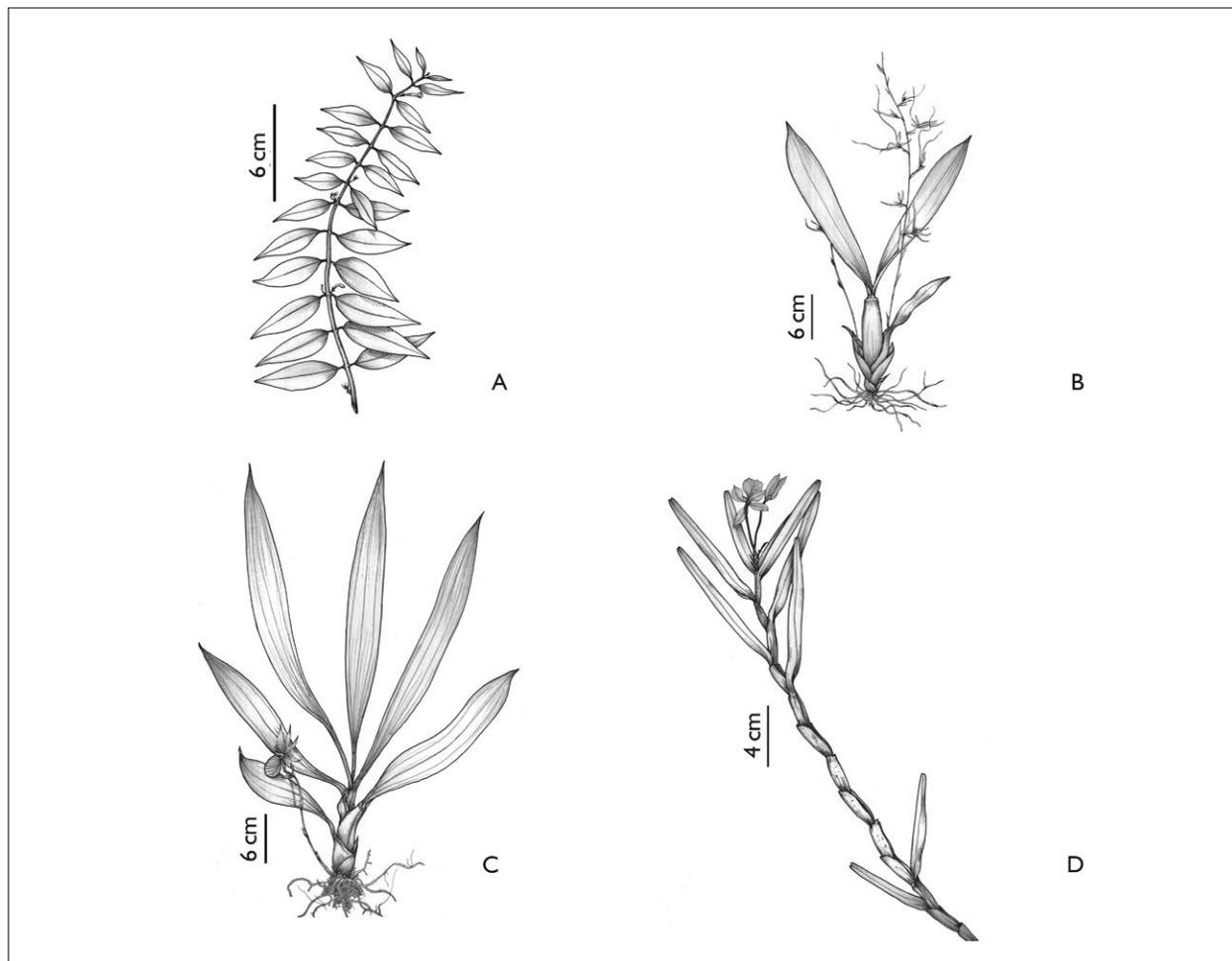


Figura 3. Espécie de Gesneriaceae de Belém: A) *Codonanthe calcarata* – ramo (A); espécies de Orchidaceae de Belém: B) *Brassia chloroleuca* – hábito (B); C) *Catasetum macrocarpum* – hábito (C); D) *Dimerandra emarginata* – ramo com inflorescência (D). Ilustrações: A. Alvarez (2018).

***Epidendrum nocturnum* Jacq., Enumeratio Systematica Plantarum, quas in insulis Caribaeis 29. 1760. (Figura 4A)**

Epífita acaule, monoica, cespitosa, subereta a encurvada, com 19,2-64,5 cm de comprimento. Rizoma com 1,2-26 cm de comprimento. Cauloma com 15,4 × 0,5 cm, totalmente encoberto por bainhas foliares, cilíndrico, não intumescido em pseudobulbo. Folhas 2-12, saindo ao longo do cauloma, 4,7-14,2 × 1-4 cm, eretas, planas, coriáceas, alternas, verdes, lanceoladas, ápice agudo, base atenuada; venação hifódroma; bainha tubular, com 2-6,5 cm de comprimento. Flor solitária, com 8-12,2 cm de comprimento, terminal, pedúnculo com 4,6-5,5 cm de comprimento; brácteas com 3-3,2 × 1,5-2 mm, lanceoladas, ápice agudo, glabra. Flor esverdeada e branca; pedicelo+ovário com 1,3 mm de comprimento; sépalas membranáceas, soldadas; a sépala dorsal, com 4,4-4,6 × 0,5-0,7 cm, lanceolada, esverdeada, ápice longo-atenuado, margem retilínea, glabra; as sépalas laterais, com aproximadamente 4,4 × 0,7 cm, lanceoladas a falcadas, esverdeadas, ápice atenuado, margem retilínea, glabras; pétalas livres com 4,2-4,3 × 0,25-0,3 cm, estreito-elípticas a lanceoladas, esverdeadas, ápice longo-agudo, margem retilínea, glabras; labelo com cerca de 2 × 1,3 cm, membranáceo, liguliforme, 3-lobado, glabro, branco com raios saindo de sua base, ápice agudo, margem repanda, base adnada ao ginostêmio; disco com calos circulares, amarelos, semicirculares próximos à base ou alargado no ápice, ápice acuminado. Ginostêmio com cerca de 1,8 cm de comprimento, com duas alas membranáceas inconspícuas no ápice. Antera e polínias não vistas. Fruto capsular, com 6-7 × 0,8-1 cm, elipsoide, liso, coriáceo, glabro.

Material examinado: Brasil. Pará: Belém, EMBRAPA, 7 fev. 2018, fl., E.G. Brito 37 (MG).

Material adicional: Brasil. Pará: Marapanim, estrada para o Crispim, 3 maio 2013, fl., J.V.C. Tavares 20 (MG); Marapanim, estrada para o Crispim, 3 maio 2013, fl., A.S.S. Pereira *et al.* 89 (MG); Vitória do Xingu, sítio Canais e

Diques, 5 jan. 2012, fl., J.L.L. Abreu 49 (MG); Vitória do Xingu, sítio Pimental, 11 out. 2011, fl., V.M. Barbacena 02 (MG); BR-163, rodovia Cuiabá-Santarém, km 838-839, 18 fev. 1977, fr., J.H.K. Jr & E. Lifras 2892 (MG).

Distribuição geográfica: a espécie distribui-se em Belize, Bolívia, Caribe, Colômbia, Costa Rica, Equador, El Salvador, Guianas, Guatemala, Honduras, México, Nicarágua, Panamá, Peru, Estados Unidos e Venezuela (Missouri Botanical Garden, 2018). No Brasil, foi registrada sua ocorrência nos estados do Acre, do Amazonas, do Amapá, do Pará, de Rondônia, de Roraima, do Tocantins, de Alagoas, da Bahia, do Ceará, do Maranhão, da Paraíba, de Pernambuco, de Sergipe, do Distrito Federal, de Goiás, do Mato Grosso do Sul, do Mato Grosso, do Espírito Santo, de Minas Gerais, do Rio de Janeiro, de São Paulo, do Paraná e de Santa Catarina, nos biomas Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica, nas fitofisionomias de Campinarana, Campo Rupestre, Cerrado (*lato sensu*), Mata Ciliar, Floresta de Igapó, Floresta de Terra Firme, Floresta de Várzea, Floresta Estacional Decidual, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila (JBRJ, s. d.). A espécie foi encontrada sob *Adenanthera pavonina*, com flor em fevereiro.

Segundo Stancik *et al.* (2009), *Epidendrum nocturnum* é uma epífita ereta, porém, em comparação com os exemplares observados neste trabalho, a espécie é subereta a encurvada, corroborando a análise morfológica realizada por Koch (2011). Esta espécie diferencia-se das demais orquídeas deste estudo por apresentar pétalas estreito-elípticas a lanceoladas, assim como sépalas dorsal e laterais lanceoladas.

***Epidendrum strobiliferum* R.C. L. B., Nederlandsch Kruidkundig Archief. Verslangen en Mededelingen der Nederlandsche Botanische Vereeniging 4: 333. 1859. (Figura 4B)**

Epífita acaule, subereta, cespitosa, com 13,8-34 cm de comprimento. Rizoma com 1,3-13 cm de comprimento. Cauloma com 1-15,4 × 0,2-0,5 cm, parcialmente



encoberto por bainhas foliares, fusiforme, não intumescido em pseudobulbos. Folhas 5-11, saindo ao longo do cauloma, com 1-5,5 × 0,2-0,8 cm, eretas, planas, subcoriáceas, proeminentes, alternas, verdes, ocasionalmente apresentando pontuações verde-claras, elípticas, ápice agudo, base cuneada, margem inteira, venação hifódroma; bainha tubular, com 0,8-1,3 cm de comprimento. Inflorescência não vista; brácteas com 5-5,1 × 2,9-3 mm, ovaladas, ápice agudo, glabras. Flores não vistas. Fruto capsular, com 5-9 × 3,1-3,5 mm, elíptico, liso, coriáceo, glabro.

Material examinado: Brasil. Pará: Belém, *Campus de Pesquisa do Museu Paraense Emílio Goeldi*, 26 set. 2017, fr., E.G. Brito 22 (MG).

Material adicional: Brasil. Pará: ilha de Mosqueiro, praia do Maraú, 8 dez. 2009, fl., A.K. Koch *et al.* 175 (MG); Salinópolis, praia do Atalaia, 21 ago. 2007, fr., A.E.S. Rocha *et al.* 668 (MG); Vitória do Xingu, sítio Canais e Diques, 17 nov. 2011, fl., V.M. Barbacena 27 (MG); *ca. 25 km from Tukurui, SW on new road serveng fazendas. Road construction site*, 15 nov. 1981, fr./fl., D.C. Daly *et al.* 1353 (MG).

Distribuição geográfica: a espécie distribui-se em Belize, Bolívia, Caribe, Colômbia, Costa Rica, Equador, El Salvador, Guianas, Guatemala, Honduras, México, Nicarágua, Panamá, Peru, Estados Unidos e Venezuela (Missouri Botanical Garden, 2018). No Brasil, ocorre nos estados do Acre, do Amazonas, do Amapá, do Pará, de Rondônia, de Roraima, de Alagoas, da Bahia, do Ceará, do Maranhão, de Pernambuco, de Sergipe, de Goiás, do Mato Grosso do Sul, do Mato Grosso, do Espírito Santo, de Minas Gerais, do Rio de Janeiro, de São Paulo, do Paraná, do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, nos biomas Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica, nas fitofisionomias de Campinarana, Mata Ciliar, Floresta de Igapó, Floresta de Terra Firme, Floresta de Várzea, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila e Restinga (JBRJ, s. d.). Em Belém, a espécie foi coletada em vegetação de terra firme, geralmente nos ramos de *Calliandra surinamensis*, encontrada com frutos em setembro.

Segundo Stancik *et al.* (2009), *Epidendrum strobiliferum* apresenta folhas ovaladas e fruto globoide, mas, nas amostradas analisadas, foram encontradas folhas estreito-elípticas e frutos ovoides.

***Gongora nigrita* Lindl., Edwards's Botanical Register 25: Misc. 59. 1839. (Figura 4C)**

Epífita acaule, monoica, cespitosa, pendente, com 34-53,5 cm de comprimento. Rizoma com 5,4-10,1 cm de comprimento. Cauloma com 3,5-8 × 1,2-3,2 cm de diâmetro, fusiforme, parcialmente encoberto por bainhas foliares, intumescido em pseudobulbo. Pseudobulbo isolado ou raramente agregado, ovoide, com 3,9-8 × 1,2-3,2 cm de diâmetro. Folhas 2-3, saindo do ápice do pseudobulbo, com 15,6-46 × 5,4-9 cm, suberetas, planas, cartáceas, proeminentes, alternas, verdes, elípticas, ápice agudo, base atenuada, margem repanda; venação acródroma; bainha lanceolada, paleácea, com 3-10 cm de comprimento. Inflorescência em racemo, 25-31 flores, saindo da base do pseudobulbo, pedúnculo com 5,2-15,5 cm de comprimento; brácteas com 3-3,5 × 1-1,5 cm, ovaladas, ápice agudo, glabras. Flor vermelho-vinácea; pedicelo+ovário com 4,3-4,7 cm de comprimento; sépalas membranáceas, soldadas, a sépala dorsal com cerca de 1,6 × 0,3 cm, lanceolada, vermelho-vinácea, ápice agudo, margem inteira, glabra, as sépalas laterais com 7-9 × 1,1-1,2 mm, falciformes, vermelho-vináceas, ápice agudo, margem inteira, glabras; pétalas com 2,1-2,2 × 1-1,1 cm, ovaladas-lanceoladas, vermelho-vináceas, ápice atenuado, margem levemente repanda, glabras; labelo com aproximadamente 2,3 × 0,5 cm, contínuo com a coluna, provido de apêndices aciculares laterais, não lobado, carnoso; disco com calos semicirculares. Ginostêmio com cerca de 1,5 cm de comprimento, uncinado, com duas alas inconspícuas. Antera 2-locular, polínias 2. Fruto capsular, com 7,3-9 × 1-1,5 cm, fusiforme, liso, subcartáceo, glabro.

Material examinado: Brasil. Pará: Belém, *Campus de Pesquisa do Museu Paraense Emílio Goeldi*, 5 set. 2017,

fl., E.G. Brito 15 (MG); Belém, *Campus* de Pesquisa do Museu Paraense Emílio Goeldi, 23 out. 2017, fr., E.G. Brito 25 (MG); Belém, Jardim do Museu, 3 set. 1936, fl., 21.063 (MG); Belém, Jardim do Museu, 11 set. 1936, fl., 21.064 (MG); Belém, Jardim do Museu Paraense, 12 set. 1936, fl., 21.065 (MG); IPEAN, Mocambo, 29 set. 1966, fl., J.M. Pires & M.T. Silva 10214 (IAN).

Distribuição geográfica: a espécie distribui-se na Guiana e no Brasil (Missouri Botanical Garden, 2018). No território brasileiro, foi registrada a sua ocorrência nos estados do Pará, do Maranhão e de Pernambuco, nos biomas Amazônia e Mata Atlântica, nas fitofisionomias de Floresta Ombrófila (JBRJ, s. d.). Em Belém, a espécie foi coletada em vegetação de terra firme, isolada ou aglomerada nos ramos de *Calliandra surinamensis* e *Euterpe oleracea* Mart. A floração ocorreu em setembro e outubro, e a frutificação, em outubro.

*Gongora nigrita* é distinguível das demais orquídeas estudadas por possuir inflorescência totalmente pendente, com flores vermelho-vináceas e labelo contínuo com a coluna, provido de apêndices aciculares laterais.

***Maxillaria alba* (Hook.) Lindl., The Genera and Species of Orchidaceous Plants 143. 1832. (Figura 4D)**

Epífita acaule, monoica, cespitosa, pendente, com 34,2-53,5 cm de comprimento. Rizoma com 0,5-12,1 cm de comprimento. Cauloma com 3-8,3 × 0,9-2 cm, parcialmente encoberto por bainhas estreito-triangulares, fusiforme, intumescido em pseudobulbos. Pseudobulbos isolados ou agregados, fusiformes, com 3-8,3 × 0,9-2 cm de comprimento. Folhas 1-2, no ápice do pseudobulbo, com 19,3-48,8 × 0,7-1,3 cm, suberetas, planas, subcoriáceas, impressas, opostas, verdes, estreito-elípticas, ápice agudo, base atenuada, margem inteira, venação hifódroma; bainha triangular, com 2-5,1 cm de comprimento. Inflorescência em fascículo, 1-2 flores, com cerca de 6 cm de comprimento, saindo da base do pseudobulbo, pedúnculo com 5-6 cm de comprimento;

brácteas com 1-2 × 1-1,4 cm, lanceoladas, ápice agudo, glabras. Flores brancas com mácula amarela no labelo; pedicelo+ovário com 8 mm de comprimento; sépalas membranáceas, livres; a sépala dorsal, com 2,6-3 × 0,7-1,1 cm, ovalada, branca, ápice agudo, margem retilínea, glabra; as sépalas laterais, com 2,2-3,3 × 0,8-1,2 cm, lanceoladas a falcadas, brancas, ápice agudo, margem retilínea, glabras; pétalas livres com 3-3,2 × 0,7-0,8 cm, elípticas, brancas, ápice agudo, margem retilínea, glabras; labelo com 1,2-1,5 × 1,1-1,4 cm, membranáceo, ligulado, 3-lobado, papiloso em sua base, na cor branca com mácula amarela, ápice arredondado, margem repanda, base adnada ao ginostêmio; discos semicirculares com duas alas laterais, ápice acuminado, base adnada ao pé do ginostêmio. Ginostêmio com 0,8-1,0 cm de comprimento, com duas alas membranáceas no ápice. Antera 2-locular, polínias 2. Fruto capsular, com cerca de 2,6 × 0,9 cm, elíptico, rugoso, lenhoso, glabro.

Material examinado: Brasil. Pará: Belém, Universidade Federal Rural da Amazônia, 27 fev. 2018, fl./fr., E. G. Brito 38 (MG); *ibid.*, Horto do Museu Goeldi, árvore 729, 10 abr. 1962, fl., P. Cavalcante 963 (MG).

Distribuição geográfica: apresenta-se distribuída em Belize, Bolívia, Caribe, Colômbia, Costa Rica, Equador, El Salvador, Guiana Francesa, Guatemala, Guiana, Honduras, México, Nicarágua, Panamá, Peru, Suriname e Venezuela (Missouri Botanical Garden, 2018). No Brasil, foi registrada sua ocorrência nos estados do Amazonas, do Pará, de Roraima, da Bahia, do Maranhão, de Goiás, do Mato Grosso e do Rio de Janeiro, nos biomas Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica, nas fitofisionomias de Campinarana, Mata Ciliar, Floresta de Igapó e Floresta de Terra Firme (JBRJ, s. d.). Em Belém, a espécie foi encontrada em vegetação secundária de terra firme, em abundância nos forófitos de *Annona muricata* L. Esta espécie foi coletada com flor em fevereiro e abril, e com fruto em fevereiro.

*Maxillaria alba* apresenta folhas estreito-elípticas, flores brancas e inflorescência em fascículo, aspectos que a diferenciam das demais orquídeas estudadas.

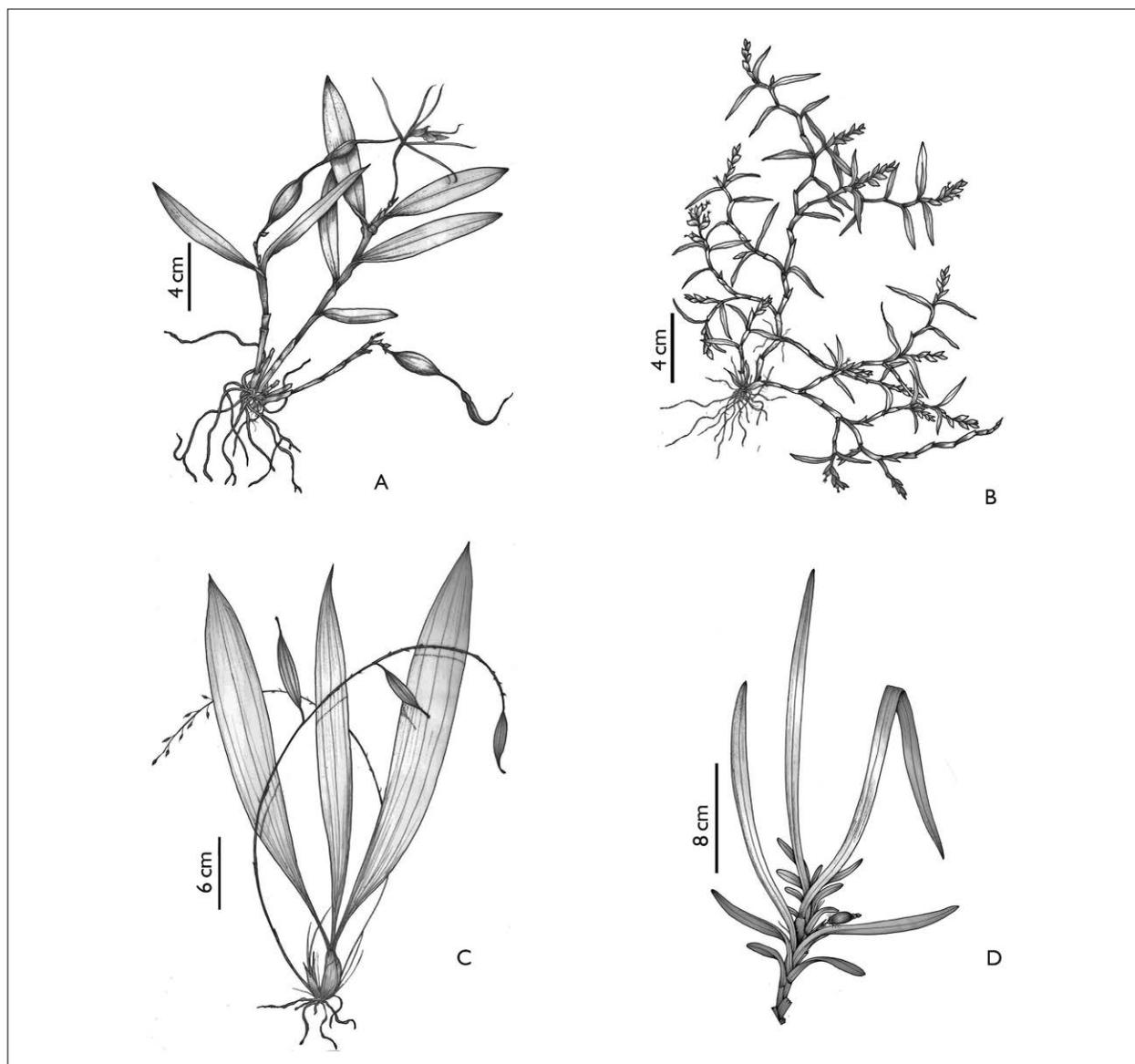


Figura 4. Espécies de Orchidaceae de Belém: A) *Epidendrum nocturnum* – hábito (A); B) *Epidendrum strobiliferum* – hábito (B); C) *Gongora nigrita* – hábito (C); D) *Maxillaria alba* – hábito (D). Ilustrações: A. Alvarez (2018).

***Notylia barkeri* (Hook.) Lindl., Edwards's Botanical Register 24(Misc.): 90. 1838. (Figura 5A)**

Epífita acaule, monoica, cespitosa, ereta, com 13,5-34 cm de comprimento. Rizoma com 2,3-14,5 cm de comprimento. Cauloma com 2-4,2 × 0,5-1 cm, encoberto por bainhas foliares, fusiforme, intumescido em pseudobulbo. Pseudobulbo agregado, achatado, com 2,0-4,2 × 0,5-1,0 cm.

Folhas 2-4, no ápice do pseudobulbo, com 5,5-15,4 × 2,1-3,3 cm, pendentes, planas, subcoriáceas, superficiais, opostas, verdes, elípticas, ápice agudo, base atenuada, margem inteira, venação hifódroma; bainha triangular com 1-4,2 cm de comprimento. Inflorescência em racemo ou panícula, 17-80 flores, com 12,6-28 cm, saindo da base do pseudobulbo, pedúnculo com 3,5-7 cm de comprimento;

brácteas com 1-4 × 0,3-1 mm, lanceoladas, ápice agudo, glabras. Flores verde-amareladas e brancas, com pontuações verdes; pedicelo+ovário com 2-4 mm de comprimento; sépalas membranáceas, livres; a sépala dorsal com cerca de 6 × 1 mm, lanceolada, esverdeada, ápice agudo, margem retilínea, glabra; as sépalas laterais com 5-6 × 1,2-1,5 mm, lanceoladas, brancas com pontuações verdes ou totalmente brancas, ápice agudo, margem retilínea, glabras; pétalas soldadas, com 6 × 2 mm, elípticas, esverdeadas, ápice bifurcado, margem retilínea, glabras, estrias ausentes; labelo com 5 × 1,5 mm, membranáceo, cordiforme, 2-lobado, glabro, branco, inteiro, ápice acuminado, margem linear, base adnada ao pé do ginostêmio; disco com calos retilíneos, unguiculado, base adnada ao pé do ginostêmio. Ginostêmio com 3-4 mm de comprimento, alas ausentes. Antera e polínias não vistas. Fruto capsular, com 2-2,3 × 0,5-0,7 cm, fusiforme, liso, lenhoso, glabro.

Material examinado: Brasil. Pará: Belém, *Campus* de Pesquisa do Museu Paraense Emílio Goeldi, 5 set. 2017, fl., E.G. Brito 16 (MG); *ibid.*, jardim do escritório da DOCEGEO, 23 nov. 1982, fl./fr., A.C.L. Venâncio 01 (MG).

Material adicional: Brasil. Pará: Castanhal, 3 maio 1994, fl., M.F. Silva 27 (MG); Vitória do Xingu, sítio Pimental, 16 jan. 2012, fl., F.A. Raul 66 (MG); Vitória do Xingu, sítio Canais e Diques, imediações do córrego Paquçamba, 19 jun. 2012, fl., D.A.A. Gomes 394 (MG).

Distribuição geográfica: apresenta-se distribuída em Belize, Costa Rica, Guatemala, Honduras, México e Panamá (Missouri Botanical Garden, 2018). No Brasil, a sua ocorrência foi registrada nos estados do Amazonas, do Pará, do Tocantins, da Bahia, de Pernambuco, de Sergipe e do Mato Grosso, nos biomas Amazônia e Caatinga, nas fitofisionomias de Áreas Antrópicas, Caatinga (*stricto sensu*), Campinarana, Mata Ciliar, Floresta de Terra Firme e Floresta Ombrófila (JBRJ, s. d.). Trata-se de um novo registro para a cidade de Belém, onde esta espécie pode ser encontrada em vegetação de terra firme e floresta ciliar, geralmente aglomerada ou isolada em forófitos de *Calliandra surinamensis*, *Spondias mombin* L. e *Bactris*

*gasipaes* Kunth. Ela foi coletada com flores em setembro e novembro, e com fruto em novembro.

*Notylia barkeri* distingui-se das demais espécies estudadas por possuir sépalas com duas pontuações verdes em cada uma dessas estruturas, pétalas com ápice bifurcado e labelo cordiforme.

***Orleanesia amazonica* Barb. Rodr., Genera et Species Orchidearum Novarum 1: 64. 1877. (Figura 5B)**

Epífita acaule, monoica, cespitosa, ereta, com 22-60 cm de comprimento. Rizoma com 1,5-15 cm de comprimento. Cauloma com 9,7-30 × 0,6-1 cm, cilíndrico, totalmente encoberto por bainhas foliares, não intumescido em pseudobulbo. Folhas 2-10, eretas, saindo ao longo do cauloma, com 3,2-14 × 0,7-1,8 cm, suberetas, planas, coriáceas, impressas, alternas, verdes, oblanceoladas, ápice agudo, base atenuada, margem inteira, venação hifódroma; bainha tetragonal, com 1,5-5,2 cm de comprimento. Inflorescência em racemo, 1-4 flores, com 8 cm de comprimento, pedúnculo com cerca de 5 cm de comprimento; brácteas com 0,7-0,8 × 0,3-0,4 mm, ovaladas, ápice agudo, glabro. Flor amarela-esverdeada; pedicelo+ovário com 5-6 mm de comprimento, papiloso ao longo do pedicelo; sépalas membranáceas, livres; a sépala dorsal com 1,1-1,9 × 0,25-0,4 cm, lanceolada, amarelo-esverdeada, ápice acuminado, margem retilínea, glabra; as sépalas laterais com 0,8-1,1 × 0,3-0,7 cm, lanceoladas a falcadas, amarelo-esverdeadas, ápice agudo, margem retilínea, glabras; pétalas livres com 0,9-1,1 × 0,2-0,35 cm, elípticas, amarelas, ápice agudo, margem repanda, glabras; labelo com 7-9 × 3,5-9 mm, inteiro, membranáceo, flabeliforme, glabro, amarelo-esverdeado, ápice obtuso, margem inteira, base adnada ao ginostêmio; disco com calos semicirculares próximo ao ápice, ápice acuminado. Ginostêmio com 6,5-8 mm de comprimento, com duas alas membranáceas, esverdeado com raios vináceos, ápice esverdeado, papiloso. Antera e polínias não vistas. Fruto capsular, com 2,5-3 × 1-1,3 cm, fusiforme, liso, cartáceo, glabro.

Material examinado: Brasil. Pará: Belém, Universidade Federal Rural da Amazônia, 28 dez. 2017, fl./fr., E.G. Brito 31 (MG).

Material adicional: Brasil. Pará: Porto Trombetas, FLONA Saracá-Taquera-MRN, Platô Bacaba, 16 jan. 2010, fl., J.B.F da Silva 3383 (MG); Santana do Araguaia, vila de Barrira dos Campos, 15 set. 1990, fl., J.B.F. da Silva & M. Silva 107 (MG); rio Jatapu, 7 nov. 1973, fl., B.G.S. Ribeiro 322 (IAN); Marabá, Serra Norte, 12 jun. 1982, fl., M.F.F. Silva *et al.* 1502 (IAN).

Distribuição geográfica: ocorrem na Bolívia, na Guiana Francesa, na Guiana, no Suriname e na Venezuela (Missouri Botanical Garden, 2018). No Brasil, distribui-se nos estados do Acre, do Amazonas, do Amapá, do Pará, de Rondônia, de Roraima, do Tocantins, do Maranhão e do Mato Grosso, no bioma Amazônia e nas fitofisionomias de Campinarana, Mata Ciliar, Floresta de Igapó, Floresta de Terra Firme, Floresta de Várzea e Floresta Ombrófila (JBRJ, s. d.). Nesta pesquisa, foi encontrada agregada nos forófitos de *Eugenia patrisii* Vahl.

Afonso *et al.* (2016) ressaltam que esta espécie se associa a samambaias do gênero *Microgramma* C. Presl., o que requer bastante atenção durante a sua coleta. Trata-se de um novo registro para cidade de Belém. A floração e a frutificação da espécie ocorreram em dezembro.

*Orleanesia amazonica* é identificada pelo ginostêmio, que apresenta duas alas membranáceas, sendo esverdeado com raios vináceos, diferenciando-a de outras orquídeas, além da presença acentuada de papilas em todo pedicelo, um dos caracteres preponderantes para sua identificação.

***Polystachya concreta* (Jancq.) Garay & H. R. Sweet, Orquideologia; Revista de la Sociedad Colombiana de Orquideología 9(3): 206. 1974. (Figura 5C)**

Epífita acaule, monoica, cespitosa, subereta, com 11,4-28,7 cm de comprimento. Rizoma com 1,7-10,2 cm de comprimento. Cauloma com 9,2-19,5 × 0,4-0,5 cm, base encoberta por bainhas foliares, cilíndrico, não intumescido em pseudobulbo. Folhas 2-4, na base do cauloma,

com 5,5-18,5 × 0,7-3,4 cm, suberetas, planas, cartáceas, impressas, opostas, verde-claras, espatuladas, ápice agudo, base atenuada, margem inteira, venação paralelótdroma; bainha tubular com 1,7-3,3 cm de comprimento. Inflorescência em racemo, 14-124 flores, com 11-34,2 cm, pedúnculo com 4-15 cm de comprimento; brácteas 1-2 × 1 mm, ovaladas, ápice agudo, glabras. Flores amarelo-esverdeadas; pedicelo+ovário com 2-3,1 mm de comprimento; sépalas subcarnosas, livres; a sépala dorsal com 3,2-3,6 × 1,5-2,1 mm, lanceolada, amarelo-esverdeada, ápice agudo, margem inteira, glabra; as sépalas laterais com 3,7-5 × 2-2,6 mm, lanceoladas a falcadas, amarelo-esverdeadas, ápice acuminado, margem retilínea, glabras; pétalas com 3-3,1 × 0,8-1 mm, lanceoladas, esverdeadas, ápice atenuado, margem inteira, glabras; labelo com 3,8-4 × 3,1 mm, membranáceo, liguliforme, 4-lobado, glabro, esverdeado, ápice atenuado, margem inteira, base adnada ao ginostêmio; disco com calos semicirculares próximos à base do ginostêmio, ápice apiculado. Ginostêmio com 2,8 mm de comprimento, alas ausentes. Antera 2-locular, polínias 2. Fruto capsular, com 1-2 × 0,2-0,5 cm, elíptico, liso, cartáceo, glabro.

Material examinado: Brasil. Pará: Belém, *Campus* de Pesquisa do Museu Paraense Emílio Goeldi, 8 ago. 2017, fl., E.G. Brito 2 (MG); *ibid.*, EMBRAPA, 5 abr. 2018, fl., E.G. Brito 43 (MG); *ibid.*, Universidade Federal Rural da Amazônia, 10 abr. 2018, fl., E.G. Brito 46 (MG).

Material adicional: Brasil. Pará: Barcarena, praia do Caripi, baía do Marajó, 19 jun. 1984, fl. A. Lins, N.A. Rosa & R.P. Bahia 391 (MG); Gurupá, rio Ipixuna, 7 maio 2011, fl., A.K. Koch & A. Cardoso 417 (MG); Maracanã, praia da Marieta, 23 ago. 2007, fr., A.E.S. Rocha, M.N.C. Bastos & L.C. Lobato 738 (MG); Missão Curuá, 6 fev. 1974, fr., W.R. Anderson 10527 (IAN).

Distribuição geográfica: apresenta ocorrência na Bolívia, em Camboja, no Caribe, na China, na Colômbia, em Costa Rica, no Equador, em El Salvador, na Guiana Francesa, em Honduras, na Índia, na Indonésia, em Laos, na Malásia, em Nicarágua, no Panamá, no Peru, nas Filipinas,



na América do Sul, no Siri Lanka, no Suriname, em Tailândia, nos Estados Unidos, na Venezuela e no Vietnã (Missouri Botanical Garden, 2018). No Brasil, encontra-se distribuída nos estados do Amazonas, do Amapá, do Pará, de Rondônia, de Roraima, do Tocantins, de Alagoas, da Bahia, do Ceará, do Maranhão, da Paraíba, de Pernambuco, do Rio Grande do Norte, de Sergipe, do Distrito Federal, de Goiás, do Mato Grosso do Sul, do Mato Grosso, do Espírito Santo, de Minas Gerais, do Rio de Janeiro, de São Paulo, do Paraná, do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, nos biomas Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, nas fitofisionomias de Mata Ciliar, Floresta de Igapó, Floresta de Terra Firme, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila, Floresta Ombrófila Mista e Restinga (JBRJ, s. d.). Esta espécie é amplamente distribuída na cidade de Belém, onde pode ser observada nos forófitos de *Mangifera indica*, *Handroanthus heptaphyllus*, *Parkia pendula* (Willd.) Benth. ex Walp. e *Curatella* sp. A floração foi observada nos meses de abril e agosto.

*Polystachya concreta* é identificada por possuir folhas espatuladas, labelo liguliforme com 4-lobos e discos com ápice apiculado.

***Scaphyglottis prolifera* (Sw.) Cogn, Flora Brasiliensis 3(5): 15-16. 1898. (Figura 5D)**

Epífita acaule, monoica, cespitosa, subereta, com 6-24,5 cm de comprimento. Rizoma com 3,3-6 cm de comprimento. Cauloma com 2,2-6,5 × 2,5-3,5 cm, parcialmente encoberto por bainhas foliares, intumescido em pseudobulbos. Pseudobulbo isolado, fusiforme, com 2,2-6,5 × 2,5-3,5 cm. Folhas 1-2, suberetas, saindo da base do pseudobulbo, com 1,3-5,5 × 0,2-0,5 cm, eretas a suberetas, planas, cartáceas, superficiais, opostas, verdes, estreito-elípticas, ápice emarginado, base cuneada, margem inteira; venação hifódroma; bainha tubular, com 0,4-1,6 cm de comprimento. Inflorescência congesta, 1-7 flores, com 0,8-1,1 cm de comprimento, axial ou terminal, pedúnculo inconspícuo; brácteas com 1,3-6 × 1-1,5 mm, lanceoladas, ápice agudo, glabras.

Flores brancas; pedicelo+ovário com 1,5-3 mm de comprimento; sépalas membranáceas, soldadas; a sépala dorsal com 4,1-6 × 1-1,5 mm, obovada, branca com um raio central vináceo, ápice atenuado, margem inteira, glabra; as sépalas laterais com 3-6 × 1-2 mm, elípticas, brancas com raio vináceo, ápice acuminado, margem inteira, glabras; pétalas livres, com 2,1-5 × 0,5-1 mm, estreito-elípticas, brancas, ápice agudo, margem inteira, glabras; labelo com 5,5-6,2 × 2,5-3 mm, membranáceo, oblongo-espatulado, branco, ápice arredondado, margem repanda, base adnada ao ginostêmio; disco com calos semicirculares próximo do ápice, ápice acuminado. Ginostêmio com 2,3-4,5 mm de comprimento, com duas alas inconspícuas no ápice, com base esverdeada e ápice vináceo, antenas ausentes. Antera 4-locular, vináceo-brancacenta, polínias 4, amarelas. Fruto capsular, com 1,3 × 0,2 cm, elíptico, liso, lenhoso, glabro.

Material examinado: Brasil. Pará: Belém, *Campus* de Pesquisa do Museu Paraense Emílio Goeldi, 24 ago. 2017, fl., E.G. Brito 12 (MG); *ibid.*, Museu Paraense Emílio Goeldi, 25 maio 2018, fl., E.G. Brito 48 (MG); *ibid.*, Horto do Museu Goeldi, na palheteira B-13, 27 maio 1963, fl., P. Cavalcante 1111 (MG); *ibid.*, *Campus* de Pesquisa do Museu Emílio Goeldi, próximo ao herbário, 26 jul. 2010, fl., A.K. Koch 292 (MG); *ibid.*, IAN, Mocambo, 23 jul. 1959, fr., J.S. Rodrigues 212 (IAN); *ibid.*, rio Guamá, IAN, 17 maio 1947, fr., J. Murça & G. Black 1603 (IAN); *ibid.*, Utinga, 24 abr. 1947, fr., J. Murça & G. Black 1516 (IAN).

Distribuição geográfica: a espécie distribui-se em Belize, Bolívia, Caribe, Colômbia, Costa Rica, Equador, Guianas, Guatemala, Honduras, México, Nicarágua, Panamá, Peru e Venezuela (Missouri Botanical Garden, 2018). No Brasil, foi registrada nos estados do Amazonas, do Amapá, do Pará, de Roraima, do Tocantins, do Ceará, do Distrito Federal, de Goiás, do Mato Grosso, do Espírito Santo, de Minas Gerais e do Rio de Janeiro, nos biomas Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica, nas fitofisionomias de Campinarana, Mata Ciliar, Floresta de Igapó, Floresta de Terra Firme, Floresta de Várzea, Floresta Estacional

Decidual, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila (JBRJ, s. d.). Em Belém, a espécie foi coletada em floresta de terra firme e em áreas antrópicas, nos ramos de *Calliandra surinamensis* e *Symphonia globulifera* L.f., durante os meses de maio, julho e agosto, relativo ao período de floração, e nos meses de abril, maio e julho, referente ao período de frutificação.

De acordo com Koch *et al.* (2018), *Scaphyglottis prolifera* apresenta flores com sépalos e pétalas de cor creme, porém, nas amostras analisadas para Belém, as flores apresentaram sépalos e pétalas brancas. A espécie é identificada por apresentar o ginostêmio com duas alas inconspícuas no ápice e coloração esverdeada na base e vinácea no ápice.

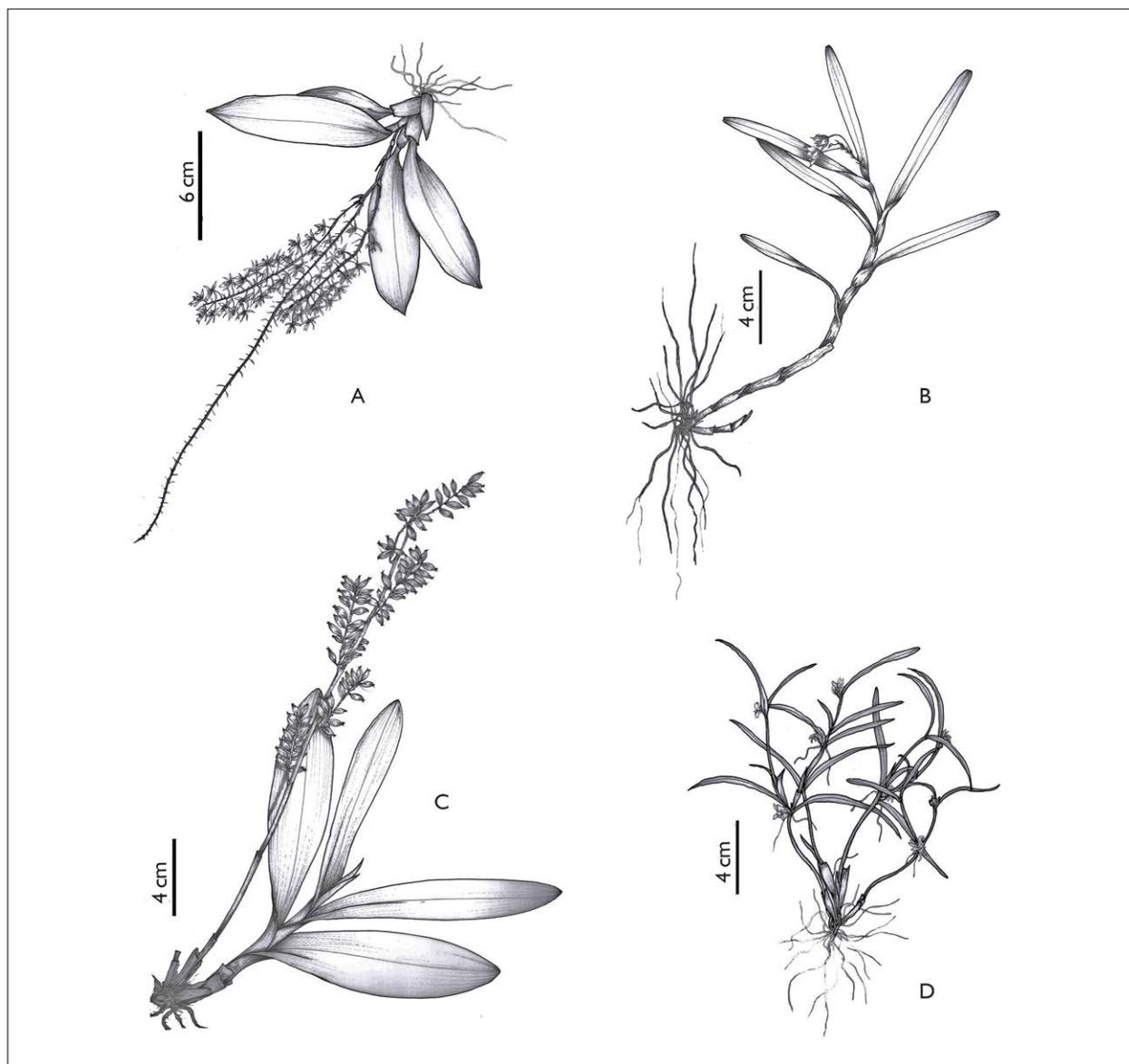


Figura 5. Espécies de Orchidaceae de Belém: A) *Notylia barkeri* – hábito (A); B) *Orleanesia amazonica* – hábito (B); C) *Polystachya concreta* – hábito (C); D) *Scaphyglottis prolifera* – hábito (D). Ilustrações: A. Alvarez (2018).

***Trigonidium acuminatum* Bateman ex Lindl.,  
Edwards's Botanical Register 24: Misc. 74, n. 136.  
1838. (Figura 6A)**

Epífita acaule, monoica, cespitosa, ereta, com 11-25,5 cm de comprimento. Rizoma com 1,2-18 cm de comprimento. Cauloma com 1,7-3 × 0,6-1 cm, base encoberta por bainhas foliares, elipsoide, intumescido em pseudobulbos. Pseudobulbos isolados ou raramente agregados, ovoides, com 1,7-3 × 0,6-1 cm de diâmetro. Folhas 1-2, saindo do ápice do pseudobulbo, com 10,5-22 × 0,5-0,8 cm, eretas a suberetas, planas, coriáceas, impressas, opostas, verdes, lineares, quilhadas, ápice acuminado, base atenuada, margem inteira; venação acródroma; bainha ovalada, com 0,7-2,5 × 0,4-1 cm de comprimento. Flor solitária com 1,1-1,6 cm de comprimento, saindo da região basal, pedúnculo alongado com 7,5-15,5 cm de comprimento, revestido por brácteas; brácteas com 1-3,3 × 0,3-0,6 cm, lanceoladas, ápice agudo, glabras. Flores marrons; pedicelo+ovário com 1,5-2 cm de comprimento; sépalas membranáceas, adjuntas, a sépala dorsal com 1,5-2,4 × 0,4-0,5 cm, lanceolada, marrom-clara com raios marrom-escuros longitudinais, ápice atenuado, margem inteira a levemente repanda, glabra; as sépalas laterais com 1,5-2,4 × 0,5-0,8 mm, falcadas, marrom-claras, com raios marrom-escuros longitudinais, ápice atenuado, margem inteira a levemente repanda, glabras; pétalas livres, 1,2-0,8 × 0,2-0,3 cm, elípticas, marrom-claras na região basal e marrom-escuras na região distal, ápice atenuado, margem inteira, glabras; labelo com aproximadamente 5 × 1,5 mm, membranáceo, liguliforme, 3-lobado, glabro, marrom, ápice cuneado, margem retilínea, base adnada ao pé do ginostêmio, alas ausentes; disco com calos semicirculares alargados no ápice, ápice acuminado, base adnada ao pé do ginostêmio. Ginostêmio com cerca de 3 mm comprimento, com duas alas inconspícuas no ápice. Antera não vista, polínias não vistas. Fruto capsular, com 2,2-2,5 × 0,5-0,6 cm, elipsoide, liso com estrias longitudinais, cartáceo, glabro.

Material examinado: Brasil. Pará: Belém, Avenida Governador José Bonifácio, 7 nov. 2018, fl./fr., E.G. Brito 55 (MG).

Material adicional: Brasil. Pará: Oriximiná, Porto Trombetas, FLONA Saracá-Taquera-MRN, Platô Bacaba, 16 jan. 2010, fl., J.B.F. da Silva 3378 (MG); Porto Trombetas, FLONA Saracá-Taquera-MRN, Platô Bacaba, 16 jan. 2010, fl., J.B.F. da Silva 3340 (MG); Vitória do Xingu, sítio Belo Monte, Bota Fora 28, 2 maio 2013, st., E. Takanohashi 1172 (MG); Vitória do Xingu, sítio Pimental, ilha Pioneira, 4 jun. 2012, fl., F.A. Raul 302 (MG).

Distribuição geográfica: distribui-se na Bolívia, na Colômbia, no Equador, na Guiana Francesa, na Guiana, no Peru, em Suriname e na Venezuela (Missouri Botanical Garden, 2018). No Brasil, ocorre nos estados do Acre, do Amazonas, do Amapá, do Pará, de Rondônia, de Roraima, de Alagoas, da Bahia, do Maranhão, de Pernambuco, de Sergipe, do Distrito Federal, de Goiás, do Mato Grosso, do Espírito Santo, de Minas Gerais e do Rio de Janeiro, nos biomas Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica, nas fitofisionomias de Campinarana, Mata Ciliar, Floresta de Igapó, Floresta de Terra Firme, Floresta de Várzea, Floresta Estacional Decidual, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila e Restinga (JBRJ, s. d.). Em Belém, a espécie foi encontrada em vegetação de terra firme, agregada nos ramos de *Mangifera indica*. O espécime foi encontrado com flor e fruto no mês de novembro.

*Trigonidium acuminatum* é a única espécie deste estudo que possui o perianto em forma de funil. De acordo com Afonso *et al.* (2016), esta espécie apresenta pedúnculo de até 10 cm de comprimento e pétalas com ápice cuneado, porém, nas amostras analisadas, constatou-se pedúnculo de até 15 cm de comprimento e pétalas com ápice atenuado.

## PIPERACEAE GISEKE

***Peperomia circinnata* Link, Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie 1(3): 64. 1820. (Figura 6B)**

Epífita, estolonífera, prostrada, ramos pilosos. Folhas opostas, suculentas, pilosas a pubescentes, concolares, verde; pecíolo com 0,5-2 mm de comprimento; lâmina



com 0,2-1 × 0,2-1,2 cm, suborbiculares a orbiculares; ápice obtuso a arredondado, base obtusa a arredondada, margem estrigosa; nervuras 3, venação acródroma. Espigas com 1-5,3 × 0,1-0,25 cm, verdes, solitárias, terminais ou axilares, eretas; pedúnculo estrigoso, com 5-15 mm de comprimento; brácteas 2, com 3 mm de comprimento, aos pares, opostas, na região mediana do pedúnculo, sésseis, eretas, lineares, carenadas, ápice obtuso, margem estrigosa. Drupas com 4-8 mm de comprimento, subglobosas a globosas, rugosas a lisas, marrons, glabras.

Material examinado: Brasil. Pará: Belém, *Campus* de Pesquisa do Museu Paraense Emílio Goeldi, 17 set. 2018, fl./fr., E.G. Brito 54 (MG); *ibid.*, *Campus* de Pesquisa do Museu Paraense Emílio Goeldi, 29 nov. 2018, fr., E.G. Brito 56 (MG); *ibid.*, Parque Zoobotânico/MPEG, 21 nov. 2003, fl./fr., G. Zoghbi 172736 (MG); *ibid.*, Parque Zoobotânico/MPEG, 21 nov. 2003, fl./fr., G. Zoghbi 172737 (MG); *ibid.*, Parque Zoobotânico/MPEG, 1 nov. 1984, fl./fr., L. Carreira 1011 (MG); *ibid.*, Horto do Museu Goeldi - *Campus* de Pesquisa, out. 1978, fl./fr., E. van den Berg 98 (MG); *ibid.*, *Campus* de Pesquisa do Museu Paraense Emílio Goeldi, 24 abr. 2013, fl./fr., L.M.M. Carreira 3273 (MG); *ibid.*, Avenida Conselheiro Furtado, 3 jan. 2007, fl./fr., R.J.F. Silva 6 (MG).

Distribuição geográfica: a espécie encontra-se distribuída na Bolívia e em Honduras (Missouri Botanical Garden, 2018). No Brasil, há ocorrência nos estados do Acre, do Amazonas, do Pará, do Tocantins, da Bahia, do Ceará, do Maranhão, da Paraíba, de Pernambuco, de Sergipe, do Distrito Federal, de Goiás, do Mato Grosso do Sul, do Mato Grosso, de Minas Gerais, do Rio de Janeiro, de São Paulo, do Paraná, do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, nos biomas Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica, nas fitofisionomias de Mata Ciliar, Floresta de Terra Firme, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila (JBRJ, s. d.). Em Belém, a espécie ocorre em vegetação de terra firme e áreas alagadas, nos ramos e troncos de *Mangifera indica*, *Pouteria caimito* (Ruiz & Pav.) Radlk. e *Chrysophyllum esculsum* Huber. A floração foi observada nos meses de janeiro, abril, setembro e novembro, e a frutescência, nos meses de janeiro, abril, setembro, outubro e novembro.

*Peperomia circinnata* é identificada por apresentar caules estoloníferos, lâmina foliar suborbicular a orbicular e venação acródroma. De acordo com Carvalho-Silva (2008), o limbo da *Peperomia circinnata* também pode apresentar a forma elíptica, o que não foi evidenciado nas amostras tratadas no presente estudo.

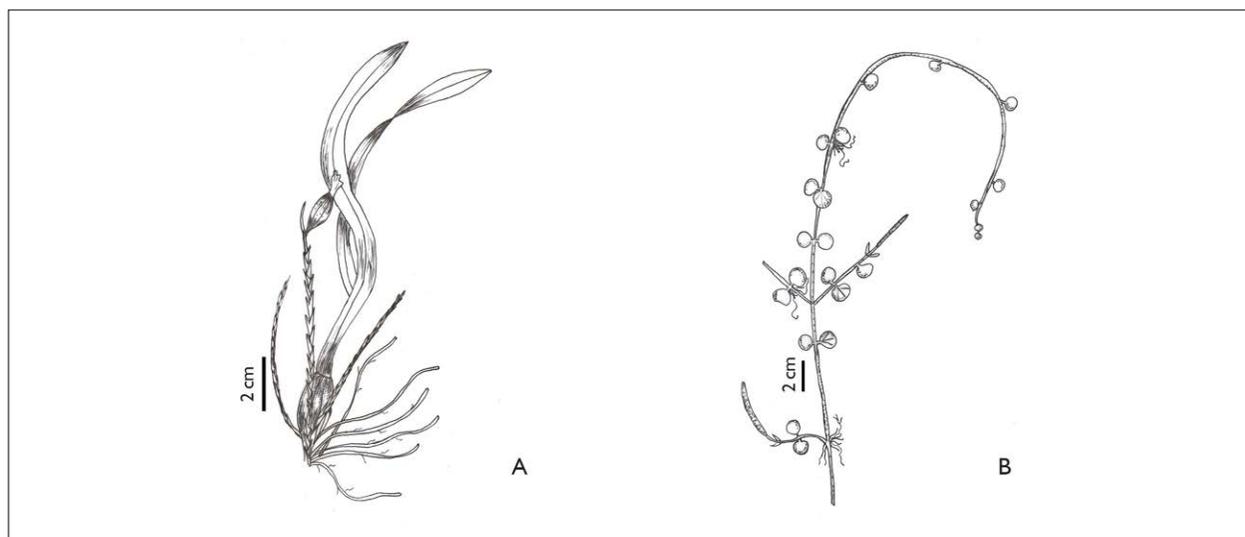


Figura 6. Espécie de Orchidaceae de Belém: A) *Trigoniidium acuminatum* – hábito (A); espécie de Piperaceae: B) *Peperomia circinnata* – hábito (B). Ilustrações: E. G. Brito (2018).

## CONCLUSÃO

Há grande diversidade de epífitas no estado do Pará, entretanto, embora se reconheça a importância dessa forma de vida na caracterização da vegetação, poucos são os estudos taxonômicos realizados no estado. Essa diversidade é encontrada em Belém, onde o clima tropical, relacionado com a pluviosidade, a altitude e a latitude, propicia a sua proliferação. Diante disso, o estudo taxonômico das angiospermas epífitas é de grande importância para o conhecimento da flora de Belém, no Pará, pois, além de aumentar o registro e o conhecimento acerca das espécies catalogadas na área, servirá de comprovação científica quanto à presença dessas espécies na área, contribuindo para outros estudos com base no mesmo local. Assim, podemos destacar que *Codonanthe calcarata*, *Peperomia circinnata* e *Scaphyglottis prolifera* foram as plantas com maior número de registros na cidade. *Aechmea aquilega*, *Aechmea mertensii* e *Orleanesia amazonica* foram as espécies com distribuição mais restrita. *Mangifera indica* (mangueira) e *Calliandra surinamensis* foram os forófitos com o maior número de espécies epífitas, e a floresta de terra firme foi o tipo de vegetação com maior riqueza de espécies.

## AGRADECIMENTOS

A primeira autora agradece ao Museu Paraense Emílio Goeldi, ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa concedida. Ademais, os autores agradecem aos curadores dos herbários do Museu Paraense Emílio Goeldi (MG) e da EMBRAPA Amazônia Oriental (IAN), pela consulta aos materiais examinados neste trabalho.

## REFERÊNCIAS

AFONSO, E. A. L., A. K. KOCH & J. M. COSTA, 2016. Flora preliminar de Orchidaceae no município de Abaetetuba, Pará, Brasil. *Biota Amazônia* 6(1): 107-118. DOI: <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v6n1p107-118>.

BARROSO, G. M., M. P. MORIM, A. L. PEIXOTO & C. L. F. ICHASO, 1999. **Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas**: 1-443. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

BENZING, D. H., 1990. **Vascular epiphytes**: 1-354. Cambridge University Press, Cambridge.

CARVALHO-SILVA, M., 2008. **Peperomia Ruiz & Pav. no Brasil: morfologia e taxonomia do subgênero *Rhynchosporum* (Miq.) Dahlst.** Tese (Doutorado em Botânica Tropical) – Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Escola Nacional de Botânica Tropical, Rio de Janeiro.

COELHO, M. A. N., 2018. Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: Araceae **Rodriguésia** 69(1): 25-40. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860201869103>.

DIAS, A. S., 2009. **Ecologia de epífitas vasculares em uma área de mata atlântica do Parque Nacional da Serra dos Órgãos**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Teresópolis.

FIDALGO, O. & V. L. R. BONONI, 1984. **Técnicas de coleta, preservação e herborização do material botânico**: 1-62. Instituto de Botânica, São Paulo.

FLORA BRASILIENSIS, 1982. **Classificação segundo a Flora Brasiliensis**: v. III, Part III, Fasc. 112 Coluna 327-328. Disponível em: <http://florabrasiliensis.cria.org.br/fviewer>. Acesso em: 26 mar. 2019.

GENTRY, A. H. & C. H. DODSON, 1987. Diversity and biogeography of neotropical vascular epiphytes. **Annals of the Missouri Botanical Garden** 74(2): 205-233. DOI: <http://dx.doi.org/10.2307/2399395>.

GONÇALVES, E. G. & H. J. LORENZI, 2011. **Morfologia vegetal: organografia e dicionário ilustrado de morfologia das plantas vasculares**: 2: 1-512. Instituto Plantarum de Estudos da Flora, São Paulo.

GOVAERTS, R. & D. G. FRODIN, 2002. **World checklist and bibliography of Araceae (and Acoraceae)**: 1-560. The Board of Trustees of the Royal Botanic Gardens, Kew. Disponível em: [http://wmsp.science.kew.org/acceptedRef.do;jsessionid=690E4B6C660779\\_5178AA87\\_EB12A0\\_8B23.kppapp06-wmsp?name\\_id=11210](http://wmsp.science.kew.org/acceptedRef.do;jsessionid=690E4B6C660779_5178AA87_EB12A0_8B23.kppapp06-wmsp?name_id=11210). Acesso em: 13 novembro 2019.

GUNTHER, K., 2015. **Micropropagação através da indução de estruturas semelhantes a protocormos (ESPs) da *Brassia chloroleuca* Barb. Rodr., orquídea nativa da Amazônia Ocidental**. Monografia (Bacharelado em Ciências Rurais) – Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/133822>. Acesso em: 29 maio 2018.

HICKEY, L. J., 1973. Classification of the architecture of dicotyledonous leaves. **American Journal of Botany** 60(1): 17-33. DOI: <http://dx.doi.org/10.2307/2441319>.



- JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO (JBRJ), [s. d.]. **Flora do Brasil 2020 em construção**. JBRJ, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 26 março 2019.
- KERSTEN, R. A. & S. M. SILVA, 2006. The floristic composition of vascular epiphytes of a seasonally inundated forest on the coastal plain of Ilha do Mel Island, Brazil. **Revista de Biologia Tropical** 54(3): 935-942.
- KERSTEN, R. A., 2010. Epífitas vasculares: histórico, participação taxonômica e aspectos. **Hoehnea** 37(1): 9-38. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S2236-89062010000100001>.
- KOCH, A. K., 2011. **Bromeliaceae e Orchidaceae epífitas da Floresta Nacional de Caxiuanã, Pará, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal Rural da Amazônia/Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém.
- KOCH, A. K., J. U. M. SANTOS & A. L. ILKIU-BORGES, 2013. Bromeliaceae epífitas de uma Área de Conservação da Amazônia brasileira. **Rodriguésia** 64(2): 419-425. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S2175-78602013000200016>.
- KOCH, A. K., J. C. MIRANDA & C. F. HALL, 2018. Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: Orchidaceae. **Rodriguésia** 69(1): 165-188. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860201869115>.
- KRESS, W. J., 1986. The systematic distribution of vascular epiphytes: an update. **Selbyana** 9(1): 2-22.
- LEWINSOHN, T. M., 2006. **Avaliação do estado do conhecimento da biodiversidade brasileira**: 2: 1-251. Ministério do Meio Ambiente (Série Biodiversidade, 15), Brasília.
- MADISON, M., 1977. Vascular epiphytes: their systematic occurrence and salient features. **Selbyana** 2(1): 1-13.
- MIRANDA, F. R. C., S. MACIEL & M. R. PIETROBOM, 2009. Pteridófitas epífitas ocorrentes nas mangueiras (*Mangifera indica* L. - Anacardiaceae) do município de Belém, Pará, Brasil. **Congresso Nacional de Botânica** 60: 1 CD-ROM.
- MISSOURI BOTANICAL GARDEN, 2018. **Tropicos.org**. Disponível em: <http://www.tropicos.org>. Acesso em: 13 janeiro 2018.
- PONTES, T. A., I. M. ANDRADE & M. ALVES, 2010. Flora da Usina São José, Igarassu, Pernambuco: Araceae. **Rodriguésia** 61(4): 689-704. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860201061410>.
- RADFORD, A. E., W. C. DICKSON, J. R. MASSEY & C. R. BELL, 1974. **Vascular plant systematics**: 1-891. Harper & Row, New York.
- REIS, M. M., M. E. ENGELS, A. PETINI-BENELLI & E. C. SMIDT, 2015. O gênero *Catasetum* Rich. ex Kunth (Orchidaceae, Catasetinae) no estado do Paraná, Brasil. **Hoehnea** 42(1): 185-194. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2236-8906-44/2014>.
- RIBEIRO, J. E. S., M. J. G. HOPKINS, A. VICENTINI, C. A. SOTHERS, M. A. S. COSTA, J. M. BRITO, M. A. D. SOUZA, L. H. P. MARTINS, L. G. LOHMANN, P. A. C. L. ASSUNÇÃO, E. C. PEREIRA, C. F. SILVA, M. R. MESQUITA & L. C. PROCÓPIO, 1999. **Flora da Reserva Ducke**: guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia central: 1-816. INPA, Manaus.
- RIZZINI, C. T., 1977. Sistematização terminológica da folha. **Rodriguésia** 29(42): 103-125.
- ROCHA, U. B., 2011. **Estado atual e lacunas do conhecimento das epífitas do estado do Rio de Janeiro**: estudo de caso com Araceae. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- SILVA, M. F. F. & J. B. F. SILVA, 1998. **Orquídeas nativas da Amazônia brasileira, gênero *Catasetum* L. C. Rich. ex Kunth**: 1-121. MPEG, Belém.
- SMITH, L. B. & R. J. DOWNS, 1979. Bromelioideae (Bromeliaceae). **Flora Neotropica** 14(3): 1493-2141.
- SOARES, J. L., 1993. **Dicionário etimológico e circunstanciado de biologia**: 1-137. Editora Scipione, São Paulo.
- STANCIK, J. F., R. GOLDENBERG & F. BARROS, 2009. O gênero *Epidendrum* L. (Orchidaceae) no estado do Paraná, Brasil. **Acta Botanica Brasílica** 23(3): 864-880. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062009000300028>.
- TEMPONI, L. G., 2006. **Sistemática de *Anthurium* sect. *Urospadix* (Araceae)**: 1-143. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- THIERS, B., 2019. [continuamente atualizado]. **Index Herbariorum**: a global directory of public herbaria and associated staff. The New York Botanical Garden, New York. Disponível em: <http://sweetgum.nybg.org/ih/>. Acesso em: 26 julho 2019.
- ZAPPI, D. C., L. Y. S. AONA & N. P. TAYLOR, 2007. Cactaceae da flora de São Paulo. In: M. G. L. WANDERLEY, G. SHEPHERD, T. S. MELHEM & A. M. GIULIETTI (Org.): **Flora fanerogâmica do estado de São Paulo**: 163-193. Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo.
- WALLACE, R. S. & A. C. GIBSON, 2002. Evolution and systematics. In: P. S. NOBEL (Ed.): **Cacti: biology and uses**: 1-21. University of California Press, Berkeley/Los Angeles/London.
- WEBERLING, F., 1992. **Morphology of flowers and inflorescences**: 1-405. Univeristy Press, New York/Cambridge.





# Cyperaceae aquáticas e palustres na Floresta Nacional de Caxiuanã, Pará, Amazônia, Brasil

## Cyperaceae aquatic and palustris in the Caxiuanã National Forest, Pará, Amazon, Brazil

Julienne de Fátima Maciel-Silva<sup>1</sup>  | Clebiana de Sá Nunes<sup>1</sup>   
Leandro Valle Ferreira<sup>1</sup>  | André dos Santos Bragança Gil<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Museu Paraense Emílio Goeldi/MCTIC. Belém, Pará, Brasil

**Resumo:** Este artigo apresenta um tratamento taxonômico das espécies de Cyperaceae aquáticas e palustres ocorrentes na Estação Científica Ferreira Penna (ECFPn), inserida na Floresta Nacional (FLONA) de Caxiuanã, Pará, Amazônia, Brasil. Foram analisados os acervos dos herbários MG, HBRA e IAN, além dos herbários INPA e RB (*online*), e espécimes procedentes de duas expedições de coleta à ECFPn. Foram registrados 13 gêneros e 26 espécies de Cyperaceae aquáticas e palustres na ECFPn: *Eleocharis* (5 espécies), *Cyperus* (4), *Rhynchospora* (3), *Scleria* (3), *Calyptrocarya* (2), *Hypolytrum* (2), *Becquerelia* (1), *Bulbostylis* (1), *Diplacrum* (1), *Diplasia* (1), *Fimbristylis* (1), *Fuirena* (1) e *Lagenocarpus* (1). São apresentados chave taxonômica, caracteres diagnósticos, distribuição geográfica e ilustrações das espécies encontradas.

**Palavras-chave:** Ambientes aquáticos. Floresta amazônica. Estação Científica Ferreira Penna. Taxonomia.

**Abstract:** This study presents a taxonomic treatment of the aquatic and palustris species of Cyperaceae occurring in the Ferreira Penna Scientific Station (ECFPn), inserted in the Caxiuanã National Forest, Pará, Amazon, Brazil. The collections of MG, HBRA, and IAN herbaria were analyzed, as well as the INPA and RB (*online*) and specimens collected in two expeditions to ECFPn. A total of 13 genera and 26 species of aquatic and palustris Cyperaceae were found in the ECFPn: *Eleocharis* (5 species), *Cyperus* (4), *Rhynchospora* (3), *Scleria* (3), *Calyptrocarya* (2), *Hypolytrum* (2), *Becquerelia* (1), *Bulbostylis* (1), *Diplacrum* (1), *Diplasia* (1), *Fimbristylis* (1), *Fuirena* (1), and *Lagenocarpus* (1). A taxonomic key, diagnostic characters, geographical distribution, and illustrations of the species are provided.

**Keywords:** Aquatic environments. Amazon rainforest. Ferreira Penna Scientific Station. Taxonomy.

---

MACIEL-SILVA, J. F., C. S. NUNES, L. V. FERREIRA & A. S. B. GIL, 2019. Cyperaceae aquáticas e palustres na Floresta Nacional de Caxiuanã, Pará, Amazônia, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 14(3): 391-423.

Autora para correspondência: Julienne de Fátima Maciel-Silva. Museu Paraense Emílio Goeldi. Coordenação de Botânica. Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica. Av. Perimetral, 1901 – Terra Firme. Belém, PA, Brasil. CEP 66077-830 (julie\_maciel@hotmail.com).

Recebido em 21/08/2019

Aprovado em 05/11/2019

Responsabilidade editorial: Fernando da Silva Carvalho Filho



## INTRODUÇÃO

Cyperaceae Juss. é a terceira maior família entre as monocotiledôneas, uma das 14 famílias pertencentes à ordem Poales Small, sendo proximamente relacionada a Juncaceae Juss. (Stevens, 2001; APG IV, 2016). Subdivide-se em duas subfamílias: Mapanioideae C.B. Clarke e Cyperioideae Beilschmied (Simpson *et al.*, 2007, 2011; Muasya *et al.*, 2009). A família é cosmopolita, com grande diversidade nos trópicos e subtropicais, mas também é dominante em ambientes temperados (Goetghebeur, 1998). As espécies de Cyperaceae ocupam diferentes nichos, podendo ser raras e endêmicas, e contam com adaptações a períodos de estiagem, ao encharcamento sazonal e ao *habitat* aquático (Goetghebeur, 1998; Prata, 2002; Gil & Bove, 2004). A família compreende cerca de 5.695 espécies, distribuídas em 98 gêneros (Stevens, 2001); no Brasil, conta com 33 gêneros e 671 espécies (JBRJ, 2018).

Cyperaceae caracteriza-se por apresentar bainhas foliares fechadas, estruturas florais reduzidas e agregadas em inflorescências simples ou compostas, perianto escarioso, muitas vezes reduzido às cerdas ou ausentes, e fruto pequeno, duro, seco e indeiscente, formado por dois ou mais carpelos, contendo apenas uma semente, denominado núcula (muitas vezes tratado, em um sentido amplo, como aquênio) (Eiten, 1976; Stevens, 2001; Simpson, 2006; Muasya *et al.*, 2009). A importância da família dá-se em nível regional ou local, desempenhando papel fundamental em muitas economias locais, seja por seu valor medicinal, econômico, alimentício, ornamental, religioso ou ambiental (Simpson & Inglis, 2001). Além disso, as espécies de Cyperaceae são abundantes e importantes componentes em áreas úmidas, pois oferecem serviços ecossistêmicos, como a manutenção e o melhoramento da qualidade da água. Por indicarem danos ao meio, fazem-se essenciais para a conservação desses diversos ambientes (Simpson *et al.*, 2011).

No Brasil, importantes obras ressaltam a diversidade da flora ciperológica, como a "*Flora Brasiliensis*" (Nees, 1842), bem como evidenciam os tratamentos florísticos para Santa Catarina (Barros, 1960), Paraíba e Pernambuco

(Luceño *et al.*, 1997), destacando-se, ainda, a mais relevante listagem de gêneros e espécies para o país (Alves *et al.*, 2009). Além disso, merecem ênfase algumas revisões de tribos, gêneros e táxons infragenéricos, como as de *Rhynchospora* sect. *Pluriflorae* Kük. (Araújo, 2001), *Hypolytrum* Pers. (Alves, 2003), *Bulbostylis* Kunth (Prata, 2004), *Cryptangium* Schrad. ex Nees, *Lagenocarpus* Nees (Vitta, 2005), *Cyperus* subg. *Pycneus* (Silva, 2017), Cryptangieae Benth. (Costa, 2018) e *Rhynchospora* sect. *Tenuis* Kük. (Silva Filho, 2018). Também foram realizados detalhados tratamentos taxonômicos para alguns gêneros no país, como os de *Eleocharis* R. Br. (Gil & Bove, 2004; Trevisan, 2005, 2009), para os estados do Rio de Janeiro e do Rio Grande do Sul, *Cyperus* L. (Ribeiro *et al.*, 2015), para o Rio Grande do Norte, e *Scleria* P.J. Berg. (Affonso *et al.*, 2015) e *Fimbristylis* Vahl (Ronchi, 2015), para o Rio Grande do Sul. Também são dignos de nota os levantamentos focados nas Cyperaceae hidrófilas na bacia do rio Araguaia (Gil *et al.*, 2008; Oliveira *et al.*, 2011).

São escassos estudos taxonômicos focados em Cyperaceae no que concerne à Amazônia brasileira, sendo necessário destacar os de Prata (2002), com a listagem florística das Cyperaceae no estado de Roraima, de Simpson (2006), com Cyperaceae na Reserva Ducke, de Nunes *et al.* (2016a), com a flora de Cyperaceae para as cangas da serra dos Carajás, e trabalhos focados nas restingas do estado do Pará, como o de Schneider *et al.* (2017), com a sinopse do gênero *Rhynchospora*, e de Maciel-Silva *et al.* (2018), com tratamento taxonômico do gênero *Eleocharis*. Vale destacar, ainda, algumas publicações de novas espécies (Kral & Strong, 1999; Alves *et al.*, 2002; Araújo *et al.*, 2008; Nunes *et al.*, 2016b, 2017, 2019; Prata *et al.*, 2017).

O conhecimento da flora de ambientes encharcados e aquáticos é disperso, concentrando-se em algumas regiões e estados de maior visibilidade ou que contam com a presença de especialistas. A flora da região Norte do Brasil está longe de ser satisfatoriamente inventariada (Prance *et al.*, 2000; Schulman *et al.*, 2007; Hopkins, 2007). Estudos realizados em áreas alagadas da Amazônia

brasileira, ainda que existentes, são poucos e restritos a pequenas áreas amostrais (e.g. Costa, 2012). A maioria dos trabalhos tratando de plantas aquáticas e palustres herbáceas concentra-se nas áreas de várzea da bacia do rio Solimões/Amazonas (Junk, 1986; Junk & Piedade, 1993, 1997; Conserva *et al.*, 2007).

A Floresta Nacional (FLONA) de Caxiuanã é uma importante unidade de conservação no estado do Pará (Koch *et al.*, 2013a). Nesta área, localiza-se a Estação Científica Ferreira Penna (ECFPn), implantada em 1993, com o objetivo de apoiar pesquisas científicas acerca da sociobiodiversidade da Amazônia (ICMBio, 2012). Na ECFPn, as florestas inundáveis, denominadas de várzeas e igapós, correspondem a cerca de 10% da vegetação, sendo compostas por muitas espécies (Almeida *et al.*, 1993; Ferreira *et al.*, 2005). Importantes estudos de cunho florístico e taxonômico foram realizados na FLONA de Caxiuanã (e.g. Silva & Rosário, 2008; Bonadeu & Santos, 2013; Koch *et al.*, 2013a, 2014; Carvalho, 2016) e na ECFPn (e.g. Ilkiu-Borges & Lisboa, 2002a, 2002b, 2002c; Alvarenga & Lisboa, 2009), assim como a descrição de espécies novas para a ciência (Koch *et al.*, 2013b). Não há, contudo, trabalhos específicos, com enfoque taxonômico, para a família Cyperaceae.

O objetivo deste artigo é contribuir com o conhecimento taxonômico de Cyperaceae presente nos ecossistemas aquáticos da ECFPn, inserida na FLONA de Caxiuanã, visando ao aumento do conhecimento da biodiversidade da área de estudo. São apresentados chave de identificação taxonômica, caracteres diagnósticos, dados de distribuição, além de ilustrações das espécies estudadas.

## MATERIAL E MÉTODOS

A Estação Científica Ferreira Penna (ECFPn) compreende uma área de 33 mil hectares, inserida na Floresta Nacional de Caxiuanã, nas coordenadas 01° 42' 30" S e 51° 31' 45" W, apresentando-se a cerca de 60 m de altitude (Lisboa, 1997; Lisboa *et al.*, 1997). Está localizada no município de Melgaço, na mesorregião do Marajó, estado do

Pará (IBGE, 1990; ICMBio, 2012). A ECFPn apresenta formações vegetais típicas do bioma Amazônia, como a floresta ombrófila densa de terras baixas (floresta de terra firme), florestas ombrófilas aluviais (florestas inundáveis de várzea e igapó) e pequenos enclaves de vegetação não florestais, tais como campinaranas e cerrados (Lisboa *et al.*, 1997; Lisboa, 2002; ICMBio, 2012).

Foram analisados os acervos dos herbários do Museu Paraense Emílio Goeldi (MG), da EMBRAPA Amazônia Oriental (IAN) e do Instituto de Estudos Costeiros da Universidade Federal do Pará (HBRA), além dos herbários do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e do Jardim Botânico do Rio de Janeiro (RB) (*online*), sendo selecionados os espécimes provenientes de áreas aquáticas e inundáveis localizadas na ECFPn. Expedições a campo foram realizadas nos meses de fevereiro e abril de 2017, com coletas realizadas às margens da baía de Caxiuanã, dos rios Caxiuanã e Curuá, dos igarapés Araruá, Curuazinho direito e esquerdo, Forno, Laranjal, Puraquequara, Sapucuzinho, Tijucaquara e Umarizal, sendo todos pertencentes à rede hidrográfica da ECFPn (Figura 1). O material coletado foi depositado no herbário MG.

Os tipos de ambientes aquáticos perenes e/ou inundáveis onde ocorrem os espécimes analisados são: ambientes antropizados (AN), caracterizados pela ocupação da população ribeirinha local, que faz uso do ambiente com diferentes fins, tais como moradia, plantio e lazer (Figura 2A); campo herbáceo alagado (CHA), caracterizado pelo solo arenoso, com alta incidência luminosa, predomínio de vegetação herbácea e alagamento determinado pelos níveis pluviométricos e pelo efeito da maré diária (Figura 2B); floresta de várzea (FV), caracterizada por ser influenciada pela variação anual do pulso de inundações dos rios e igarapés, pelo pulso diário das marés, contando com dossel aberto, bem como com poucas espécies de plantas com forma de vida herbácea (Figura 2C); floresta de igapó (FI), caracterizada por apresentar área bastante alagada e sujeita aos pulsos

de inundação anual dos igarapés e também da maré diária, tem dossel fechado e grande quantidade de formas de vida herbácea no sub-bosque (Figura 2D); ilhas de vegetação (IV), conhecidas localmente por matupá, caracterizadas pela diversidade de plantas aquáticas e palustres, interligadas e dispostas em formas biológicas diferentes, dispersas de modo isolado em rios e baías, sem conexão com a floresta (Figura 2E); margem de rio (MR), caracterizada por apresentar espécies diretamente ligadas às bordas de florestas, principalmente de terra firme, mas que sofrem influência direta dos rios e da alta incidência luminosa (Figura 2F) (adaptado de ICMBio, 2012).

A determinação das espécies foi realizada com auxílio de bibliografias especializadas: Svenson (1929, 1932, 1934, 1937, 1939), Kral (1971, 1978), Adams (1994), Luceño *et al.* (1997), Kearns (1998), Martins *et al.* (1999), Prata (2004), Simpson (2006), Strong (2006) e Oliveira *et al.* (2011). Foram consultados *sites* que disponibilizam *opera principia* e *typi* digitalizados das espécies trabalhadas (e.g. BHL, 2018; Missouri Botanical Garden, 2018a; JSTOR, 2018).

Os nomes científicos corretos de espécies, basônimos, abreviaturas das *opera principia* e autores estão de acordo com os *sites* WCSPF (2018) e Missouri Botanical Garden (2018b).

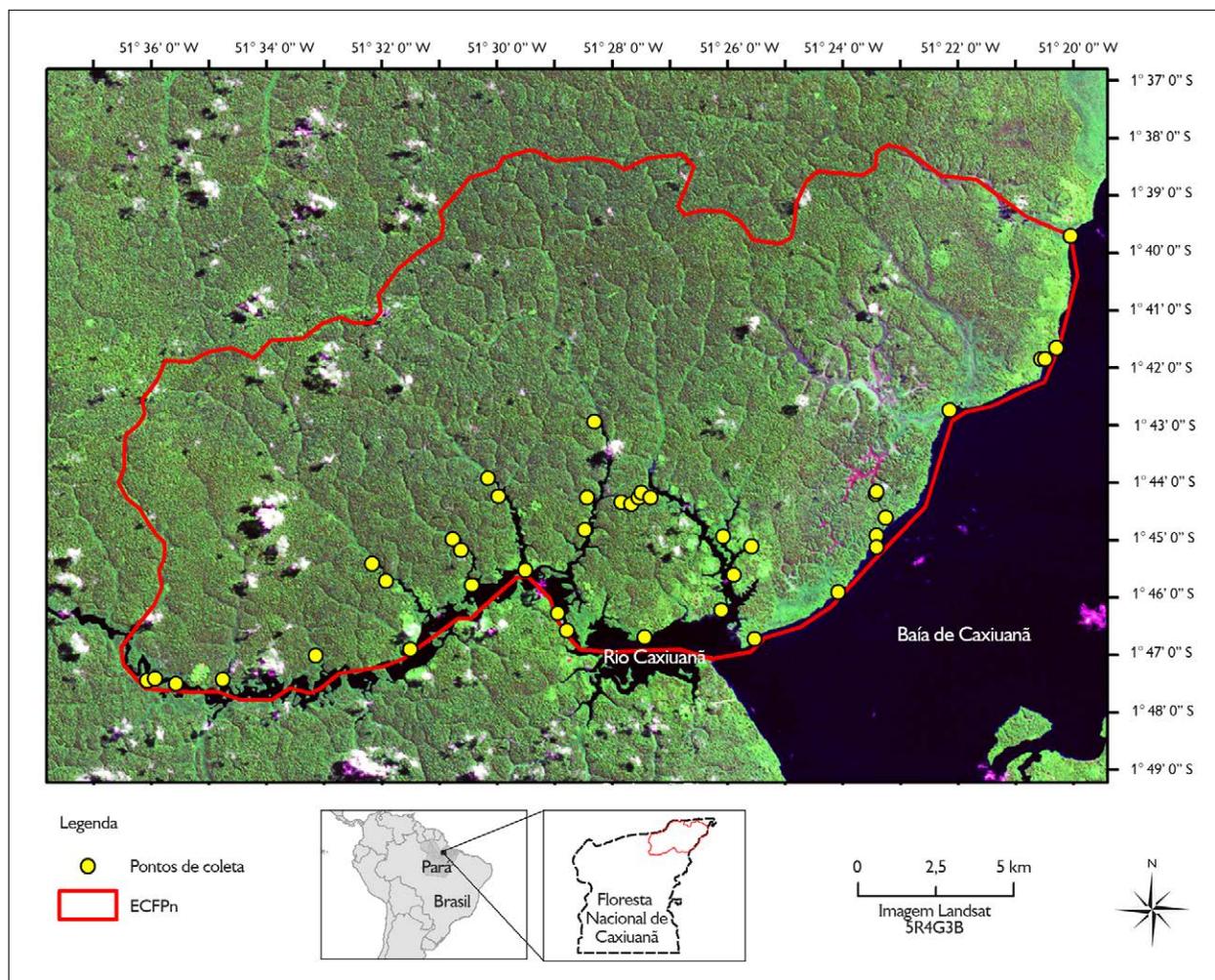


Figura 1. Área de estudo, com pontos de coleta. Mapa: Milena Andrade (2018).



Figura 2. Tipos de ambientes aquáticos perenes e/ou inundáveis da Estação Científica Ferreira Penna: A) ambientes antropizados; B) campo herbáceo alagado; C) floresta de várzea; D) floresta de igapó; E) ilha de vegetação; F) margem de rio. Fotos: Juliene Maciel (A-D) (2017) e André Gil (E-F) (2017).

As características diagnósticas dos gêneros e das espécies, bem como a chave de identificação taxonômica foram baseadas no material coletado na área de estudo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisadas 176 exsicatas de Cyperaceae aquáticas e palustres ocorrentes na Estação Científica Ferreira Penna (Apêndice), sendo determinadas 26 espécies, distribuídas em 13 gêneros. Sete gêneros apresentaram apenas uma espécie: *Becquerelia* (1 spp.), *Bulbostylis* (1 spp.), *Diplacrum* (1 spp.), *Diplasia* (1 spp.), *Fimbristylis* (1 spp.), *Fuirena* (1 spp.) e *Lagenocarpus* (1 spp.); enquanto os mais representativos foram: *Eleocharis* (5 spp.), *Cyperus* (4 spp.), *Rhynchospora* (3 spp.) e *Scleria* (3 spp.). As espécies mais frequentemente encontradas foram: *Becquerelia cymosa* Brongn., *Cyperus haspan* L., *Eleocharis plicarhachis* (Griseb.) Svenson, *Fuirena umbellata* Rottb., *Hypolytrum longifolium* (Rich.) Nees e *Lagenocarpus guianensis* Nees, quase todas formando grandes populações (exceto *Cyperus haspan*).

Os ambientes com maior riqueza de gêneros e espécies foram: margem de rio (9 gêneros e 16 espécies), ambientes antropizados (8 e 12) e ilhas de vegetação (5 e 8); enquanto que os ambientes com menor riqueza de gêneros e espécies foram: campo herbáceo alagado (3 gêneros e 3 espécies), floresta de igapó (4 e 6) e floresta de várzea (4 e 5). *Cyperus haspan* foi a espécie encontrada na maioria dos ambientes (ambientes antropizados, floresta de várzea, ilhas de vegetação e margem de rio); enquanto *Bulbostylis junciformis* (Kunth) C.B. Clarke e *Rhynchospora nervosa* (Vahl) Boeck. foram registradas apenas em campo herbáceo alagado; *Cyperus blepharoleptos* Steud. e *Eleocharis mutata* (L.) Roem. & Schult. foram encontradas apenas em ilhas de vegetação; *Hypolytrum pulchrum* (Rudge) H. Pfeiff. foi encontrada apenas em floresta de igapó; e *Eleocharis confervoides* (Poir.) Steud., *E. geniculata* (L.) Roem. & Schult., *Scleria violacea* Pilg. e *S. secans* (L.) Urb., apenas em margem de rio (Tabela 1).

Tabela 1. Gêneros e espécies de Cyperaceae ocorrentes nos diferentes ambientes aquáticos e inundáveis da Estação Científica Ferreira Penna, Pará, Amazônia, Brasil. Legêndas: AN = ambientes antropizados; CHA = campo herbáceo alagado; FI = floresta de igapó; FV = floresta de várzea; IV = ilha de vegetação; MR = margem de rio.

(Continua)

	AN	CHA	FI	FV	IV	MR
<i>Becquerelia cymosa</i>			X			X
<i>Bulbostylis junciformis</i>		X				
<i>Calyptrocarya bicolor</i>			X	X		
<i>Calyptrocarya glomerulata</i>			X	X		
<i>Cyperus blepharoleptos</i>					X	
<i>Cyperus haspan</i>	X			X	X	X
<i>Cyperus laxus</i>	X					X
<i>Cyperus odoratus</i>	X				X	
<i>Diplacrum guianense</i>	X					X
<i>Diplasia karatifolia</i>			X	X		
<i>Eleocharis confervoides</i>						X
<i>Eleocharis geniculata</i>						X
<i>Eleocharis interstincta</i>	X					X
<i>Eleocharis mutata</i>					X	
<i>Eleocharis plicarhachis</i>	X				X	X

Tabela 1.

(Conclusão)

	AN	CHA	FI	FV	IV	MR
<i>Fimbristylis littoralis</i>	X					X
<i>Fuirena umbellata</i>	X				X	X
<i>Hypolytrum pulchrum</i>			X			
<i>Hypolytrum longifolium</i>			X	X		
<i>Lagenocarpus guianensis</i>	X				X	X
<i>Rhynchospora corymbosa</i>	X				X	X
<i>Rhynchospora nervosa</i>		X				
<i>Rhynchospora puber</i>	X					X
<i>Scleria gaertneri</i>	X	X				X
<i>Scleria secans</i>						X
<i>Scleria violacea</i>						X
Riqueza de gêneros	8	3	4	4	5	9
Riqueza de espécies	12	3	6	5	8	16

**CYPERACEAE JUSS., GEN. PL. 26. 1789**

Ervas perenes ou anuais, monoicas ou raramente dioicas, terrestres, aquáticas e raramente epífitas, robustas ou delicadas. Cespitosas, rizomatosas, estoloníferas ou raramente apresentando um caudex. Escapos ocos ou cheios, trígono, cilíndrico, 4-6, angulados, alados ou não, ramificados ou não; septos transversais presentes ou ausentes. Folhas basilares e caulinares, trísticas, dísticas ou reduzidas a bainhas; bainhas fechadas, raro abertas, com ou sem alas, apêndices membranáceos presentes ou ausentes; lâminas foliares desenvolvidas ou ausentes, geralmente lineares; lígulas presentes ou ausentes. Inflorescências terminais ou axilares, paniculadas, corimbiformes, anteloides ou capituliformes, laxas ou congestionadas, com

poucas a muitas espiguetas ou uniespicadas; brácteas involucrais frequentemente presentes, semelhantes às folhas, maiores, menores ou do mesmo tamanho das inflorescências; espiguetas bissexuadas ou unissexuadas; glumas membranáceas ou coriáceas, únicas ou numerosas por espiguetas, espiraladas, dísticas, férteis, por vezes, a inferior estéril. Estames 1-6 (ou mais), usualmente 3. Ovário súpero, usualmente 2-3-carpelar, 1-locular, óvulo único, placentação basal; estilote indiviso, 2 ou 3-fido. Frutos do tipo núcula, de formatos variados, estilopódio presente ou ausente; hipogínio presente ou ausente, escamas hipoginas presentes ou ausentes; glumelas presentes ou ausentes (adaptado de Goetghebeur, 1998; Kearns, 1998; Araújo *et al.*, 2009).

Chave para identificação das espécies de Cyperaceae aquáticas e palustres na Estação Científica Ferreira Penna

1. Lâminas foliares ausentes, folhas reduzidas a bainhas; inflorescências uniespicadas (*Eleocharis*) .....2  
Lâminas foliares desenvolvidas; inflorescências em anteloides, paniculadas, corimbiformes ou capituliformes.....6
2. Plantas robustas; espiguetas oblongoides a lanceoloides, glumas coriáceas ..... 3  
Plantas delicadas; espiguetas linear-lanceoloides ou globosas a ovoides, glumas membranáceas ..... 5
3. Escapos ocos, septados (septos externamente evidentes).....*Eleocharis interstincta*  
Escapos esponjosos, septos ausentes ..... 4



4. Escapos trígonos a obtusamente trígonos em secção transversal; gluma inferior estéril; estilete 3-fido; núculas com espessamento anelar no ápice ..... *Eleocharis mutata*  
 Escapos cilíndricos a subcilíndricos em secção transversal; gluma inferior fértil; estilete 2-fido; núculas sem espessamento no ápice ..... *Eleocharis plicarhachis*
5. Escapos ramificados; espiguetas linear-lanceoloides, glumas dísticas; núculas estramíneas.....  
 ..... *Eleocharis confervoides*  
 Escapos não ramificados; espiguetas globosas a ovoides, glumas espiraladas; núculas negras.....  
 ..... *Eleocharis geniculata*
6. Espiguetas unissexuadas..... 7  
 Espiguetas bissexuadas..... 14
7. Hipogínios presentes ..... 8  
 Hipogínios ausentes..... 12
8. Inflorescências capituliformes; núculas com aproximadamente 1,4-1,5 × 1 mm (*Diplacrum*) .....  
 ..... *Diplacrum guianense*  
 Inflorescências paniculadas; núculas 2-4,5 × 2-3 mm ..... 9
9. Bainhas sem alas; núculas com superfície transversalmente rugosa (*Becquerelia*).....*Becquerelia cymosa*  
 Bainhas com alas conspícuas a inconspicuamente aladas; núculas com superfície lisa (*Scleria*) ..... 10
10. Bainhas sem apêndice membranáceo no ápice, lígulas ausentes..... *Scleria gaertneri*  
 Bainhas com apêndice membranáceo no ápice, lígulas presentes..... 11
11. Núculas subglobosas, com superfície pilosa; hipogínios trilobados, lobos triangulares .....*Scleria violacea*  
 Núculas ovoides, com superfície glabra; hipogínios anulares, lobos ausentes .....*Scleria secans*
12. Utrículos e prófilos presentes, escamas hipóginas ausentes (*Calyptrocarya*)..... 13  
 Utrículos e prófilos ausentes, escamas hipóginas presentes (*Lagenocarpus*)..... *Lagenocarpus guianensis*
13. Folhas concolores; bainhas com ápice ciliado; prófilos com 1,2-1,4 mm de comprimento, menores ou do mesmo tamanho da núcula .....*Calyptrocarya glomerulata*  
 Folhas discolores; bainhas com ápice glabro; prófilos com 2,8-3,1 mm de comprimento que ultrapassam a núcula ..... *Calyptrocarya bicolor*
14. Glumas espiraladas ..... 15  
 Glumas dísticas (*Cyperus*) ..... 24
15. Escapos quinquangulares em secção transversal; apêndices periânticos petaloides presentes (*Fuirena*) .....  
 ..... *Fuirena umbellata*  
 Escapos cilíndricos, trígonos ou quadrangulares em secção transversal; apêndices periânticos petaloides ausentes..... 16
16. Glumas coriáceas, duas glumelas hialinas presentes na base da flor e do fruto..... 17  
 Glumas membranáceas, glumelas ausentes na base da flor e do fruto..... 19
17. Núculas com superfície lisa, ápice não esponjoso, negras a arroxeadas (*Diplasia*)..... *Diplasia karatifolia*  
 Núculas com superfície rugosa, ápice esponjoso, estramíneas a marrom-claras (*Hypolytrum*) ..... 18
18. Brácteas ultrapassando a inflorescência; glumas oblongas; núculas com superfície rugosa somente na região central ..... *Hypolytrum longifolium*



- Brácteas menores ou do tamanho da inflorescência; glumas elípticas; núculas com superfície inteiramente rugosa.....*Hypolytrum pulchrum*
19. Núculas com estilopódio persistente..... 20  
 Núculas sem estilopódio persistente ..... 23
20. Bainhas com ápice com longos e densos tricomas ascendentes; estilete 3-fido; núculas trígonas (*Bulbostylis*) .....*Bulbostylis junciformis*  
 Bainhas com ápice glabro; estilete indiviso ou 2-fido; núculas lenticulares (*Rhynchospora*) ..... 21
21. Inflorescências terminais e/ou laterais corimbiformes; glumas amareladas a avermelhadas; estilete indiviso .....*Rhynchospora corymbosa*  
 Inflorescências terminais capituliformes; glumas alvas a estramíneas; estilete 2-fido..... 22
22. Brácteas involucrais predominantemente alvas na face adaxial; estilopódio não lobado, confluyente com a núcula.....*Rhynchospora nervosa*  
 Brácteas involucrais com máculas alvas na base da face abaxial; estilopódio 4-lobados, excedendo a margem da núcula ..... *Rhynchospora puber*
23. Lígulas presentes; estilete 2-fido (*Cyperus*).....*Cyperus blepharoleptos*  
 Lígulas ausentes; estilete 3-fido (*Fimbristylis*) ..... *Fimbristylis littoralis*
24. Espiguetas cilíndricas, dispostas em espigas, ráquis articuladas ..... *Cyperus odoratus*  
 Espiguetas achatadas, digitadas, ráquis não articuladas ..... 25
25. Escapos trígonos com lados planos; glumas suborbiculares, ápice mucronado ..... *Cyperus laxus*  
 Escapos trígonos com lados côncavos; glumas lanceoladas, ápice agudo .....*Cyperus haspan*

***Becquerelia* Brongn, Voy. Monde 2: 161. 1833**

O gênero compreende cinco espécies, distribuídas na América Central e na América do Sul (Goetghebeur, 1998; Kearns, 1998; WCSPF, 2018). No Brasil, são registradas três espécies, sendo duas endêmicas e restritas às regiões Nordeste, Sudeste e Sul (JBRJ, 2018). As espécies do gênero têm como *habitat* florestas de terra firme, florestas inundáveis, florestas ombrófilas, campos rupestres e restingas (JBRJ, 2018).

Na ECFPh, pode ser reconhecido por apresentar lâminas foliares desenvolvidas, bainhas sem alas, inflorescências paniculadas, espiguetas unissexuadas, núculas com 2-3 × 2-2,7 mm, com superfície transversalmente rugosa e hipogínios presentes.

***Becquerelia cymosa* Brongn., in L.I. Duperrey, Voy. Monde, Phan. 161. 1833. (Figuras 3A e 4A)**

Caracteriza-se pelos escapos trígonos em secção transversal, glabros; folhas basilares e caulinares, desenvolvidas,

coriáceas, com 3 nervuras proeminentes, escabrosas; bainhas de 3-9 cm de comprimento; lâminas foliares com 52-87 × 1,4-2,5 cm; margens antrorsamente escabrosas. Apresenta inflorescências paniculadas, compostas, terminais e laterais; raios pubescentes, raios primários com 1,5-4 cm de comprimento, raios secundários com 0,5-1,5 cm de comprimento; espiguetas unissexuadas, 1-3 espiguetas masculinas dispostas abaixo das espiguetas femininas, com 0,8-1 × 2,5-2,9 mm; espiguetas femininas com 2-2,5 × 4-4,5 mm; glumas castanho-claras a castanho-escuras, recurvadas, persistentes, podendo encobrir as núculas; estilete 3-fido; hipogínios rugosos, crassos, inteiros; núculas com 2-3 × 2-2,7 mm, alvas a cremes, globosas a subglobosas, com superfície transversalmente rugosa. Assemelha-se a *B. muricata* (Boeckeler) Nees (espécie não registrada para a ECFPh) pelas inflorescências paniculadas, compostas, terminais e laterais, com raios pubescentes e estilete 3-fido. Difere-se por *B. cymosa* apresentar



lâminas foliares com margens antrorsamente escabrosas e hipogínios crassos (*vs.* lâminas foliares com margens inermes e hipogínios esponjosos em *B. muricata*).

**Distribuição geográfica e *habitat*:** América Central e América do Sul (Brasil, Equador, Guianas, Peru, Suriname e Venezuela) (Kearns, 1998). No Brasil, ocorre em todos os estados, exceto no Mato Grosso (Versieux et al., 2017; JBRJ, 2018). Na ECFPh, a espécie tem margem de rio como *habitat*, geralmente coocorrendo com espécies de *Lagenocarpus* Nees (Cyperaceae) e *Montrichardia* Crueg. (Araceae), onde é coletada, muitas vezes, com os escapos parcialmente submersos. Ocorre também em floresta de igapó, em áreas sombreadas, formando grandes populações.

**Material selecionado:** Brasil. Pará: Melgaço, Floresta Nacional de Caxiuanã, igarapé Curuazinho esquerdo, 19.II.2017, fl. e fr., J.F. Maciel-Silva et al. 109 (MG); igarapé Campinho, 1° 44' 11" S, 51° 23' 24" W, 22.IV.2017, fl. e fr., L. Schneider et al. 67 (MG); igarapé Tijucaquara, fim da área navegável, 01° 43' 54" S, 51° 30' 08" W, 24.IV.2017, fl. e fr., J.F. Maciel-Silva et al. 190 (MG); igarapé Puraquequara, no fim da área navegável, 01° 42' 55" S, 51° 28' 17" W, 20.IV.2017, fr., A. Gil et al. 699 (MG); igarapé Arauá, 04.VI.1998, fl. e fr., A. Lins et al. 843 (MG); rio Caxiuanã, próximo a grande meandro, antes do igarapé Grande, 01° 47' 25" S, 51° 36' 3" W, 21.IV.2017, fl. e fr., J.F. Maciel-Silva et al. 146 (MG).

### ***Bulbostylis* Kunth, Enum. Pl. 2: 205. 1837**

O gênero compreende cerca de 150 espécies, distribuídas nos trópicos e subtropicais (Prata, 2004). No Brasil, são registradas 59 espécies, sendo 20 endêmicas (JBRJ, 2018). Espécies deste gênero têm como *habitat* florestas ciliares, florestas ombrófilas, campinaranas, campos de várzea, campos rupestres, restingas, savanas amazônicas e afloramentos rochosos (JBRJ, 2018).

Na ECFPh, o gênero pode ser reconhecido por apresentar lâminas foliares desenvolvidas, ápice das bainhas com longos e densos tricomas ascendentes,

escapos cilíndricos em secção transversal, inflorescências em anteloides ou capituliformes, espiguetas bissexuadas, glumas espiraladas, membranáceas, glumelas ausentes na base da flor e do fruto, apêndices periânticos petaloides ausentes, estilete 3-fido e núculas trígonoas com estilopódio persistente.

***Bulbostylis junciformis* (Kunth) C.B. Clarke, Trans. Linn. Soc. London, Bot. 4: 512. 1895. *Isolepis junciformis* Kunth, in F.W.H. von Humboldt, A.J.A. Bonpland & C.S. Kunth, Nov. Gen. Sp. 1: 222. 1816. (Figuras 3B e 4B)**

Caracteriza-se pelos escapos rígidos, cilíndricos em secção transversal, sulcados e glabros; bainhas de 4-6 cm de comprimento, ápice das bainhas com longos e densos tricomas ascendentes, marrons; lâminas foliares lineares a setáceas, às vezes involutas. Inflorescências anteloides simples, compostas ou capituliformes, com cerca de 4,5-6,5 cm de comprimento; espiguetas lanceoloides a ovoides; estilete 3-fido, núculas com cerca de 0,8 × 0,5 mm, trígonoas, obovooides a oblongoides, comprimidas lateralmente, com superfície levemente pontuada a reticulada, estramíneas; estilopódio discoide, castanho-escuro. Assemelha-se a *B. vestita* (Kunth) C.B. Clarke (espécie não registrada para a ECFPh) pelas inflorescências anteloides ou capituliformes de coloração castanho-escuro. Difere-se por *B. junciformis* apresentar escapos glabros e núculas com superfície levemente pontuada a reticulada (*vs.* escapos hirsutos e núculas com superfície conspicuamente rugosa em *B. vestita*).

**Distribuição geográfica e *habitat*:** México ao Uruguai (Kral, 1971). No Brasil, ocorre na maioria dos estados e no Distrito Federal, com exceção do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (JBRJ, 2018). Na ECFPh, a espécie foi encontrada em campo herbáceo alagado, formando pequenas touceiras, dispersas no local. Espécie comum neste tipo de ambiente, que apresenta solos arenoso-brejosos e incidência luminosa intensa (Araújo et al., 2009; Ardissonne, 2013; Silva & Prata, 2013).

Material examinado: Brasil. Pará: Melgaço, Floresta Nacional de Caxiuanã, 1° 44' 35" S, 51° 23' 14" W, 22.IV.2017, fl. e fr., L. Schneider *et al.* 62 (MG).

***Calyptrocarya* Nees, Linnaea 9: 304. 1834**

O gênero compreende oito espécies, distribuídas na América Central e América do Sul (Simpson, 2006; WCSPF, 2018). No Brasil, são registradas sete espécies, sendo uma endêmica e restrita à região Centro-Oeste (JBRJ, 2018). As espécies do gênero têm como *habitat* florestas de terra firme, florestas ciliares, florestas inundáveis, florestas ombrófilas, palmeirais e savanas amazônicas (JBRJ, 2018).

Na ECFPn, pode ser reconhecido por apresentar lâminas foliares desenvolvidas, inflorescências paniculadas, espiguetas unissexuadas, presença de utrículos envolvendo as núculas, hipogínios e escamas hipogíneas ausentes.

*Calyptrocarya bicolor* (H. Pfeiff.) T. Koyama, Mem. New York Bot. Gard. 17: 43. 1967. *Becquerelia bicolor* H. Pfeiff., Repert. Spec. Nov. Regni Veg. 18: 381. 1922. (Figuras 3C e 4C)

Caracteriza-se por apresentar escapos trígono em secção transversal, esverdeados a avermelhados, com superfície pubescente; bainhas membranáceas de ápice glabro, vináceas; lâminas foliares linear-elípticas, que variam de 6-32 × 0,5-1 cm, curto pecioladas, discolors, faces adaxial e abaxial escabro-pubescentes, nervuras evidentes, margens escabrosas. Apresenta inflorescências paniculadas, com raios de 0,5-1,2 cm de comprimento; espiguetas unissexuadas, pedunculadas; 3-4 espiguetas masculinas com glumas dísticas; 4-8 espiguetas femininas com glumas trísticas, e 3 prófilos que variam de 2,8-3,1 mm de comprimento que ultrapassam a núcula; núculas lenticulares, obovoides, com cerca de 2 × 1,5-1,8 mm, alvas a estramíneas e utrículos pilosos. Assemelha-se a *C. glomerulata* pelas inflorescências paniculadas, espiguetas masculinas com glumas dísticas

e femininas com glumas trísticas, núculas lenticulares, obovoides, alvas a estramíneas. Difere-se por *C. bicolor* apresentar bainhas com ápice glabro, vináceas, folhas discolors e prófilos com 2,8-3,1 mm de comprimento, que ultrapassam a núcula (*vs.* bainhas com ápice ciliado, estramíneas, raro avermelhadas, folhas concolores e prófilos com 1,2-1,4 mm de comprimento, menores ou do mesmo tamanho da núcula em *C. glomerulata*).

Distribuição geográfica e habitat: América do Sul (Bolívia, Colômbia, Guianas, Suriname, Peru e Brasil) (Kearns, 1998; Simpson, 2006). No Brasil, ocorre em todos os estados das regiões Norte, Nordeste (MA) e Centro-Oeste (MT) (JBRJ, 2018). Na ECFPn, a espécie tem como *habitat* florestas de várzea e florestas de igapó, ocorrendo em áreas sombreadas e geralmente em solos úmidos, raramente alagados. Também é muito comum em florestas de terra firme.

Material selecionado: Brasil. Pará: Melgaço, Floresta Nacional de Caxiuanã, igarapé Campinho, 1° 44' 11" S, 51° 23' 24" W, 22.IV.2017, fl. e fr., L. Schneider *et al.* 68 (MG); saída do igarapé Sapucuzinho, 01° 45' 46" S, 51° 30' 25" W, 24.IV.2017, fl. e fr., J.F. Maciel-Silva *et al.* 184 (MG); margem do rio Puraquequara, 17.V.2002, fl. e fr., J. Oliveira 386 (MG); igapó do Curuá, 30.III.2010, fl. e fr., A.S.L. da Silva *et al.* 4428 (MG).

*Calyptrocarya glomerulata* (Brongn.) Urb., Symb. Antill. 2: 169. 1900. *Becquerelia glomerulata* Brongn., in L.I. Duperrey, Voy. Monde, Phan. 163. 1833. (Figura 4D)

Caracteriza-se por apresentar escapos trígono em secção transversal, verdes, com superfície glabra; bainhas membranáceas de ápice ciliado, estramíneas, raro avermelhadas; lâminas foliares lineares, que variam de 3-31 × 0,2-0,9 cm, concolores, faces adaxial e abaxial glabras, raro levemente escabrosas, nervuras evidentes, margens escabrosas. Apresenta inflorescências paniculadas, com raios de 0,4-1,5 cm de comprimento; espiguetas unissexuadas, pedunculadas; 3 espiguetas masculinas

com glumas dísticas; 3-8 espiguetas femininas com glumas trísticas, e 3 prófilos que variam de 1,2-1,4 mm de comprimento, menores ou do mesmo tamanho da núcula; núculas lenticulares, obovoídes, com  $1,6-2 \times 1,2-1,5$  mm, alvas a estramíneas e utrículos pilosos. Quando realizadas comparações entre os espécimes que ocorrem em floresta inundável e em floresta de terra firme, pode-se perceber que há uma variação do indumento nos escapos e nas lâminas foliares. Nos espécimes ocorrentes em florestas inundáveis, os escapos e lâminas foliares são glabros, enquanto os de floresta de terra firme são pubescentes. *Calyptrocarya glomerulata* assemelha-se a *C. bicolor* (vide comentários em *C. bicolor*).

Distribuição geográfica e habitat: México ao Paraguai (Gómez-Laurito, 2003). No Brasil, ocorre em todos os estados (JBRJ, 2018). Na ECFPn, a espécie tem como *habitat* florestas de várzea e florestas de igapó, ocorrendo em áreas sombreadas, e geralmente coocorrendo com *C. bicolor*. Ocorre também em florestas de terra firme.

Material selecionado: Brasil. Pará: Melgaço, Floresta Nacional de Caxiuanã, igarapé Campinho,  $1^{\circ} 44' 11''$  S,  $51^{\circ} 23' 24''$  W, 22.IV.2017, fl. e fr., L. Schneider *et al.* 69 (MG); rio Caxiuanã, entre igarapé Grande e igarapé do Forno,  $01^{\circ} 47' 29''$  S,  $51^{\circ} 35' 33''$  W, 21.IV.2017, fl. e fr., J.F. Maciel-Silva *et al.* 156 (MG); saída do igarapé Sapucuzinho,  $01^{\circ} 45' 46''$  S,  $51^{\circ} 30' 25''$  W, 24.IV.2017, fl. e fr., J.F. Maciel-Silva *et al.* 183 (MG); baía de Caxiuanã, área de várzea, 16.II.2017, fl. e fr., J.F. Maciel-Silva *et al.* 67 (MG).

### **Cyperus L. Sp. Pl. 1: 44. 1753**

O gênero compreende cerca de 950 espécies, com distribuição cosmopolita, sendo o segundo maior de Cyperaceae em número de espécies (Larridon *et al.*, 2013; Ribeiro *et al.*, 2015). No Brasil, são registradas cerca de 130 espécies, das quais aproximadamente 17% são endêmicas (JBRJ, 2018). As espécies do gênero têm como *habitat* áreas antropizadas, florestas de terra firme, inundáveis, ombrófilas, campos rupestres e restingas (JBRJ, 2018).

Na ECFPn, pode ser reconhecido por apresentar lâminas foliares desenvolvidas, lígulas presentes ou ausentes, escapos trígonos em secção transversal, inflorescências em anteloides, espiguetas bissexuadas, glumas dísticas ou espiraladas, membranáceas, glabras, estilete 2 ou 3-fido, apêndices periânticos petaloides, glumelas ausentes na base da flor e do fruto e núculas com ápice apiculado.

### ***Cyperus blepharoleptos* Steud., Syn. Pl. Glumac. 2: 28. 1854. (Figura 4E)**

Caracteriza-se por apresentar escapos trígonos em secção transversal, com lados planos; folhas basais desenvolvidas; lígulas ciliadas; lâminas foliares com  $62-104 \times 0,4-0,7$  cm, lineares. Apresenta inflorescências em anteloides, simples ou compostas, com longas brácteas involucrais, desiguais; espiguetas dispostas em estruturas capituliformes, congestas; glumas espiraladas, glabras, com nervura central proeminente, levemente escabrosa, persistentes; estilete 2-fido; núculas lenticulares,  $2,2-2,5 \times 0,7-0,9$  mm, superfície lisa, alvo-amareladas, ápice apiculado. Assemelha-se a *C. luzulae* (L.) Rottb. ex Retz. (espécie não registrada para a ECFPn) pelas inflorescências em anteloides, brácteas involucrais desiguais e espiguetas dispostas em estruturas capituliformes, congestas. Difere-se por *C. blepharoleptos* apresentar espiguetas verde-escuras a castanhas, glumas com disposição espiralada, uma única nervura central proeminente e núculas com  $2,2-2,5 \times 0,7-0,9$  mm (vs. espiguetas esverdeadas a esbranquiçadas, glumas com disposição dística, duas nervuras centrais proeminentes e núculas com cerca de  $1-1,3 \times 0,5$  mm em *C. luzulae*).

Distribuição geográfica e habitat: pantropical (Govaerts *et al.*, 2007). No Brasil, ocorre em todos os estados (JBRJ, 2018). Na ECFPn, a espécie tem como *habitat* ilhas de vegetação flutuante, diretamente expostas à incidência luminosa. Foi encontrada, frequentemente, coocorrendo com *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth (Pontederiaceae).

Material selecionado: Brasil. Pará: Melgaço, Floresta Nacional de Caxiuanã, baía de Caxiuanã, entre igarapé Curuá e Campinho, 1° 45' 06" S, 51° 23' 23" W, 22.IV.2017, fl. e fr., L. Schneider *et al.* 83 (MG); área da ECFPn, igarapé Laranjal, 19.X.1997, fl. e fr., A. Lins *et al.* 705 (MG).

*Cyperus haspan* L., Sp. Pl. 1: 45. 1753. (Figura 4F)

Caracteriza-se por apresentar escapos conspicuamente trígonos em secção transversal, com lados côncavos; folhas basais desenvolvidas; lígulas ausentes; lâminas foliares com 18-62 × 0,4-0,7 cm, lineares. Apresenta inflorescências em anteloides, simples ou compostas, com brácteas involucrais menores ou do mesmo tamanho da inflorescência, desiguais; grupos de espiguetas achatadas digitadas, laxas a congestionadas, com ráquis não articuladas; glumas dísticas, glabras, lanceoladas, com ápice agudo, estramíneas com máculas vináceas, decíduas; estilete 3-fido; núculas trígonas, com cerca de 0,4-0,5 × 0,3 mm, superfície com células quadrangulares evidentes, alvas a cremes, ápice apiculado. Geralmente, esta espécie possui variações quanto ao desenvolvimento das lâminas foliares, e pode apresentar folhas reduzidas às bainhas (Luceño *et al.*, 1997; Costa, 2013; Nunes *et al.*, 2016a), porém, na ECFPn, foram encontrados apenas indivíduos com lâminas foliares desenvolvidas. Apresenta também grande variabilidade das inflorescências, podendo ser laxas a congestionadas, com diferenças no número de ramificações (Ribeiro *et al.*, 2015). Assemelha-se a *C. amabilis* Vahl (espécie não registrada para a ECFPn), pelas inflorescências em anteloides e espiguetas digitadas. Difere-se, principalmente, por *C. haspan* apresentar 3 estames (*vs.* estame único em *C. amabilis*).

Distribuição geográfica e habitat: pantropical (Costa, 2013). No Brasil, ocorre em todos os estados e no Distrito Federal (JBRJ, 2018). Na ECFPn, a espécie tem como *habitat* ambientes antropizados, florestas de várzea, ilhas de vegetação e margens de rios. Nesses ambientes, foram encontrados poucos indivíduos,

geralmente coocorrendo com outras espécies, como *Fuirena umbellata* e *Rhynchospora corymbosa* (L.) Britton (Cyperaceae).

Material selecionado: Brasil. Pará: Melgaço, Floresta Nacional de Caxiuanã, rio Curuá, próximo à ECFPn, 19.II.2017, fl. e fr., J.F. Maciel-Silva *et al.* 101 (MG); igarapé Curuazinho esquerdo, 19.II.2017, fl. e fr., J.F. Maciel-Silva *et al.* 113 (MG); igarapé Curuazinho direito, 20.II.2017, fl. e fr., J.F. Maciel-Silva *et al.* 118 (MG); baía de Caxiuanã, na entrada do igarapé Laranjal, 01° 39' 41" S, 51° 20' 01" W, 23.IV.2017, fl. e fr., A. Gil *et al.* 732 (MG); rio Caxiuanã, próximo a grande meandro, antes do igarapé Grande, 01° 47' 25" S, 51° 36' 3" W, 21.IV.2017, fl. e fr., J.F. Maciel-Silva *et al.* 143 (MG).

*Cyperus laxus* Lam., Tabl. Encycl. 1: 146. 1791. (Figura 4G)

Caracteriza-se por apresentar escapos trígonos em secção transversal, com lados planos; folhas basilares patentes a ascendentes; lígulas ausentes; lâminas foliares com 18-23 × 0,3-0,4 cm, lineares, com margens escabrosas e ápice agudo; brácteas involucrais desiguais, menores ou maiores do que a inflorescência, margens escabrosas. Apresenta, ainda, inflorescências em anteloides, laxas, com, aproximadamente, 12 cm de comprimento; com grupo de espiguetas achatadas digitadas, com ráquis não articuladas; glumas dísticas, suborbiculares, glabras, estramíneas, ápice mucronado, mucrons com 0,4-0,5 mm de comprimento; estilete 3-fido; núculas trígonas, obovóides, com 1,3-1,5 × 1-1,1 mm, 3-costadas, superfície levemente reticulada, castanho-escuras, ápice apiculado. Difere-se das outras espécies de *Cyperus* ocorrentes na ECFPn por apresentar glumas suborbiculares, com ápice mucronado, mucrons com 0,4-0,5 mm de comprimento (*vs.* glumas lanceoladas, ovais a oblongas, com ápice agudo, quando mucronadas, mucron com 0,1-0,2 mm de comprimento).

Distribuição geográfica e habitat: pantropical (Simpson, 2006). No Brasil, ocorre em todos os estados

e no Distrito Federal (JBRJ, 2018). Na ECFPn, a espécie tem como *habitat* áreas antropizadas e margens de rios, em banco arenoso fluvial, diretamente influenciado pela vazante e pela cheia da baía de Caxiuanã, muitas vezes utilizado como área recreativa das comunidades ribeirinhas.

Material examinado: Brasil. Pará: Melgaço: Floresta Nacional de Caxiuanã. Banco arenoso fluvial (Prainha) na baía de Caxiuanã, próximo do igarapé Curuá, 1° 46' 42" S, 51° 25' 30" W, 22.IV.2017, fl. e fr., L. Schneider *et al.* 91 (MG).

***Cyperus odoratus* L., Sp. Pl. 1:46.1753. (Figuras 3D e 4H)**

Caracteriza-se por apresentar escapos trígono em secção transversal, com lados planos; lâminas foliares com 67-71 × 0,6-0,8 cm, lineares, lígulas ausentes; brácteas involucrais desiguais, menores ou maiores do que a inflorescência, inflorescências em anteloides, laxas a congestionadas, com raios de 2-8,5 cm de comprimento. Apresenta espiguetas espiraladas, cilíndricas; ráquis articuladas, aladas e esponjosas; glumas ovais a oblongas, com margens hialinas e ápice mucronado, mucrons com 0,1-0,2 mm de comprimento, palhetes; núculas trígonoas, oblongoides a lanceoloides, com 1,5-2 × 0,3-0,4 mm, superfície reticulada, castanho-clara, ápice apiculado. Assemelha-se a *C. digitatus* Roxb. (espécie não registrada na ECFPn) pelas inflorescências em anteloides, glumas com ápice mucronado e 3 estames. Difere-se por *C. odoratus* apresentar ráquis articuladas, glumas persistentes e núculas com 1,5-2 × 0,3-0,4 mm (*vs.* ráquis não articuladas, glumas decíduas e núculas com 0,9-1 × 0,4-0,5 mm em *C. digitatus*).

Distribuição geográfica e habitat: pantropical (Kearns, 1998; Costa, 2013). No Brasil, ocorre em todos os estados e no Distrito Federal (JBRJ, 2018). Na ECFPn, a espécie tem como *habitat* ilhas de vegetação e ambientes antropizados.

Material selecionado: Brasil. Pará: Melgaço, FLONA de Caxiuanã, área da ECFPn, rio Curuá, 03.VI.1998, fl. e fr., A. Lins *et al.* 801 (MG); baía de Caxiuanã, na entrada do

igarapé Laranjal, 01° 39' 41" S, 51° 20' 01" W, 23.IV.2017, fl. e fr., A. Gil *et al.* 728 (MG).

***Diplacrum* R. Br., Prodr. 240. 1810**

O gênero compreende nove espécies, distribuídas nos trópicos e subtropicais (WCSPF, 2018; Shuren *et al.*, 2010). No Brasil, são registradas duas espécies (JBRJ, 2018). As espécies do gênero têm como *habitat* áreas antropizadas, florestas de terra firme e áreas inundáveis (JBRJ, 2018). Na ECFPn, pode ser reconhecido por apresentar lâminas foliares desenvolvidas, inflorescências capituliformes, espiguetas unissexuadas, núculas com aproximadamente 1,4-1,5 × 1 mm e presença de hipogínios.

***Diplacrum guianense* (Nees) T. Koyama, Mem. New York Bot. Gard. 16: 51. 1967. *Pteroscleria guianensis* Nees in C.F.P. von Martius & auct. suc. (eds.), Fl. Bras 2: 196. 1842. (Figuras 3E e 4I)**

Caracteriza-se pela presença de rizomas conspicuos; pelos escapos trígono em secção transversal; bainhas membranáceas, avermelhadas na base; lâminas foliares lineares, inermes a inconspicuamente escabrosas. Apresenta inflorescências capituliformes distribuídas ao longo do escapo. Espiguetas unissexuadas: espiguetas masculinas com glumas dísticas, de 5-5,2 × 1-1,2 mm, carenadas; espiguetas femininas, com glumas dísticas, de 3,4-4,2 × 1,1-1,2 mm, carenadas, inermes; núculas globosas, cerca de 1,4-1,5 × 1 mm, com 3 ângulos inconspicuamente costados, superfície lisa, alvo-acinzentadas a cremes; apresenta, ainda, hipogínios trilobados, não confluentes com a núcula. Quando maduras, as núculas apresentam-se arroxeadas no ápice. Assemelha-se a *Diplacrum capitatum* (Willd.) Boeckeler (espécie não registrada para a ECFPn) pelas bainhas avermelhadas na base, inflorescências capituliformes, glumas dísticas, carenadas e núculas globosas, alvas a cremes. Difere-se por *D. guianensis* apresentar glumas femininas com carenas inermes, núculas com cerca de 1,4-1,5 × 1 mm, com 3 ângulos

inconspicuamente costados e hipogínios trilobados, não confluentes com a núcula (vs. glumas femininas com carenas escabrosas, núculas com  $1,8-2 \times 1,3-1,4$  mm, com 3 ângulos conspicuamente costados e hipogínios discoide-triangulares, inteiros, confluentes com a núcula em *D. capitatum*).

Distribuição geográfica e habitat: América do Sul (Colômbia, Guianas, Suriname, Venezuela e Brasil) (Kearns, 1998). No Brasil, ocorre nas regiões Norte (AM, AP, PA, RR) e Centro-Oeste (MT) (JBRJ, 2018). Na ECFPn, a espécie tem como *habitat* margens de rios e ambientes antropizados em regeneração.

Material selecionado: Brasil. Pará: Melgaço, Floresta Nacional de Caxiuanã. Rio Caxiuanã, estreito após baía, sentido igarapé Puraquequara, margem direita,  $01^{\circ} 46' 15''$  S,  $51^{\circ} 28' 55''$  W, 20.IV.2017, fl. e fr., A. Gil *et al.* 686 (MG).

### ***Diplasia* Rich., Syn. Pl. 1: 70. 1805**

O gênero é monotípico e encontra-se distribuído na América do Sul tropical (Simpson, 2006). No Brasil, encontra-se nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste (JBRJ, 2018). Sua única espécie tem como *habitat* florestas de terra firme, florestas de igapó e várzea (JBRJ, 2018).

Na ECFPn, pode ser reconhecido por apresentar lâminas foliares bastante desenvolvidas, escapos trígonos em secção transversal, inflorescências paniculadas, espiguetas bissexuadas, glumas espiraladas, coriáceas, duas glumelas hialinas presentes na base da flor e do fruto, apêndices periânticos petaloides ausentes, núculas com superfície lisa, ápice não esponjoso, negras a arroxeadas.

### ***Diplasia karatifolia* Rich. in C.H.Persoon, Syn. Pl. 1: 70. 1805. (Figuras 3F e 4J)**

Caracteriza-se pelo porte robusto, com até 2 m de comprimento, presença de rizomas conspícuos, folhas basais e caulinares desenvolvidas, lâminas foliares com  $110-200 \times 2,2-3$  cm, coriáceas, margens escabrosas

e nervura central proeminente na face abaxial, escabrosa. Apresenta inflorescências paniculadas, laxas, com 6,5-19 cm de comprimento, com longos raios desiguais de 3-14 cm de comprimento; espiguetas lanceoloides a ovoides,  $0,8-2,3 \times 0,2-0,3$  cm, glumas coriáceas, oblongas, com ápice obtuso, nervura central proeminente, glumelas membranáceas, com nervura central ciliada; núculas com cerca de  $5-6 \times 4$  mm, lenticulares, elípticas, com superfície lisa, arroxeadas a negras, marrom-escuras quando imaturas. Difere-se das outras espécies de Cyperaceae ocorrentes na ECFPn principalmente por seu porte robusto, com lâminas foliares de  $110-200 \times 2,2-3$  cm, inflorescências paniculadas, bastante laxas, de 6,5-19 cm de comprimento, núculas com cerca de  $5-6 \times 4$  mm, lenticulares.

Distribuição geográfica e habitat: América Central e do Sul (Davidse *et al.*, 1994). No Brasil, ocorre nas regiões Norte, Nordeste (MA) e Centro-Oeste (MG) (JBRJ, 2018). Na ECFPn, a espécie tem como *habitat* florestas de várzea e de igapó. Pode ser encontrada em grupos pequenos ou formando grandes populações.

Material examinado: Brasil. Pará: Melgaço, Floresta Nacional de Caxiuanã. Rio Caxiuanã, entre igarapé Grande e igarapé do Forno,  $01^{\circ} 47' 29''$  S,  $51^{\circ} 35' 33''$  W, 21.IV.2017, fl. e fr., J.F. Maciel-Silva *et al.* 151 (MG); igarapé Ararúá margem esquerda, sentido nascente,  $01^{\circ} 45' 41''$  S,  $51^{\circ} 31' 54''$  W, 21.IV.2017, fl. e fr., J.F. Maciel-Silva *et al.* 168 (MG).

### ***Eleocharis* R. Br., Prodr. 1: 224. 1810**

O gênero conta com aproximadamente 250 espécies, distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais (Goetghebeur, 1998). No Brasil, são registradas 84 espécies, sendo 20 endêmicas (JBRJ, 2018). Os indivíduos do gênero têm como *habitat* áreas antropizadas, campos rupestres, florestas de várzea e de igapó, manguezais e restingas (JBRJ, 2018).

Na ECFPn, pode ser reconhecido por não apresentar lâminas foliares, com as folhas reduzidas a bainhas e inflorescências uniespicadas terminais ao escapo.

*Eleocharis confervoides* (Poir.) Steud., Syn. Pl. Glumac. 2: 82. 1855. *Scirpus confervoides* Poir. In J.B.A.M. de Lamarck, Encycl. 6: 755. 1805. (Figura 4K)

Caracteriza-se por apresentar hábito delicado, escapos capilares, ramificados, estoloníferos, que variam de 1,5-20 cm de comprimento, septos transversais ausentes. Apresenta espiguetas linear-lanceoloides, com 0,9-1 × 0,07-0,1 cm, compostas por apenas duas glumas, dísticas, membranáceas, a inferior envolvendo toda a base da espiguetas e articulada com o escapo, margens hialinas ausentes; estames 3, estilete 2-fido; 5 cerdas perigoniais, retrorsamente escabrosas, que ultrapassam o tamanho da núcula; núculas lenticulares, obovóides, com cerca de 3,2 × 1,7 mm, rugosas e alvas quando imaturas, reticuladas e estramíneas na maturidade; estilopódio longo piramidal, contínuo com o corpo da núcula. Esta espécie é comumente encontrada em estágio vegetativo; quando férteis, as espiguetas são difíceis de ser visualizadas, devido aos escapos densamente ramificados. Difere-se das outras espécies de *Eleocharis* ocorrentes na ECFPn por apresentar escapos capilares, ramificados, e espiguetas com duas glumas, dísticas (vs. escapos não capilares, cilíndricos, subcilíndricos, trígonos a obtusamente trígonos em secção transversal e espiguetas com glumas numerosas e espiraladas).

Distribuição geográfica e habitat: América Central e América do Sul (Guianas, Venezuela, Bolívia e Brasil) (Jorgensen *et al.*, 2014). No Brasil, ocorre nas regiões Norte (PA), Nordeste (PE) e Centro-Oeste (GO) (Prata, 2002; Araújo *et al.*, 2009; JBRJ, 2018). Na ECFPn, a espécie tem como *habitat* margens de rios, formando grandes populações submersas, muitas vezes coocorrendo com espécies de *Mauritia* L.f. e *Euterpe* Mart (Arecaceae).

Material selecionado: Brasil. Pará: Melgaço, Floresta Nacional de Caxiuanã. Área da ECFPn, Igarapé Puraquequara, 02.VI.1998, fl. e fr., A. Lins *et al.* 775 (MG); baía de Caxiuanã, entre Igarapé Curuá e Campinho, 1° 45' 53" S, 51° 24' 03" W, 22.IV.2017, fl. e fr., L. Schneider *et al.* 88 (MG).

Material adicional: Brasil. Pará: Gurupá, rio Cumutá do IPIXUNA. Expedição levantamento socioeconômico da Floresta Nacional de Caxiuanã, 10.V.2011, fl. e fr., A. Koch *et al.* 465 (MG).

*Eleocharis geniculata* (L.) Roem. & Schult., Syst. Veg. 2: 150. 1817. *Scirpus geniculatus* L., Sp. Pl. 1: 48. 1753. (Figura 4L)

Caracteriza-se por apresentar hábito delicado, escapos cilíndricos em secção transversal, esponjosos, sulcados, que variam de 9-19 × 0,6-0,8 cm, septos transversais ausentes; bainhas membranáceas, com ápice oblíquo, cuspidado a apiculado. Apresenta espiguetas globosas a ovóides, com 2,8-4,3 × 2,7-3 mm; glumas espiraladas, membranáceas, ovadas, com ápice arredondado, gluma inferior estéril, não contínua com o escapo; estames 3, estilete 2-fido; 5-7 cerdas perigoniais, inermes, menores ou do mesmo tamanho da núcula; núculas lenticulares, obovóides, com 1-1,1 × 0,7-0,8 mm, superfície lisa, negras; estilopódio discoide. Trabalhos que tratam de *E. geniculata* descrevem as cerdas perigoniais como retrorsamente escabrosas (e.g. Faria, 1998; Trevisan & Boldrini, 2008; Nunes *et al.*, 2016a), contudo, os espécimes da ECFPn apresentam cerdas perigoniais inermes. Estas estruturas evidenciam grande variação morfológica em *E. geniculata*, podendo também ser ausentes ou rudimentares, contudo, quando presentes, as cerdas perigoniais também podem apresentar diferentes comprimentos (Trevisan & Boldrini, 2008). Assemelha-se a *Eleocharis maculosa* (Vahl) Roem. & Schult. (espécie não registrada para a ECFPn) pelas espiguetas ovóides, núculas lenticulares e negras. Difere-se por *E. geniculata* apresentar bainhas sem apêndice hialino rugoso no ápice e núculas com superfície lisa (vs. bainhas com apêndice hialino rugoso no ápice e núculas com superfície inconspicuamente reticulada em *E. maculosa*).

Distribuição geográfica e habitat: trópicos e subtropicais (Gil & Bove, 2007; Trevisan & Boldrini, 2008).



No Brasil, ocorre em todos os estados (JBRJ, 2018). Na ECFPn, a espécie tem como *habitat* margens de rios, algumas vezes estando totalmente submersas.

Material selecionado: Brasil. Pará: Melgaço, Floresta Nacional de Caxiuanã. Baía de Caxiuanã, entre a entrada do igarapé Curuá e Campinho, 1° 44' 54" S, 51° 23' 23" W, 22.IV.2017, fl. e fr., L. Schneider *et al.* 80 (MG).

*Eleocharis interstincta* (Vahl) Roem. & Schult., Syst. Veg. 2: 149. 1817. *Scirpus interstinctus* Vahl, Enum. Pl. 2: 251. 1805. (Figuras 3G e 5A)

Caracteriza-se por apresentar porte robusto, escapos cilíndricos em secção transversal, ocos, que variam de 19-143,5 × 0,3-0,5 cm, com septos transversais evidentes; bainhas membranáceas, com ápice obtuso a agudo. Apresenta espiguetas oblongoides a lanceoloides, com 1,9-3,7 × 0,4-0,6 mm; glumas espiraladas, coriáceas, elípticas, com margens hialinas, gluma inferior estéril, contínua com o escapo; estames 3, estilete 2-3-fido; 7 cerdas perigonais, retrorsamente escabrosas, menores ou ultrapassando a núcula; núculas lenticulares, obovoides, com 1,2-2,9 × 1,5-1,8 mm, superfície com linhas longitudinais de células isodiamétricas, estramíneas, amareladas a castanho-claras; estilopódio piramidal. Assemelha-se a *E. endounifascis* Hinchliff & Roalson (espécie não registrada para a ECFPn) pelo hábito, escapos cilíndricos em secção transversal, ocos, com septos transversais evidentes e pelas núculas com superfície com linhas longitudinais de células isodiamétricas. Difere-se, principalmente, por *E. interstincta* apresentar escapos sem um feixe vascular central (*vs.* escapos com um feixe vascular central em *E. endounifascis*).

Distribuição geográfica e habitat: África, bem como região que vai dos Estados Unidos ao Paraguai (Gil & Bove, 2007; Trevisan & Boldrini, 2008). No Brasil, ocorre em todos os estados (JBRJ, 2018). Na ECFPn, a espécie tem como *habitat* áreas antropizadas em margem de rio. Assim como *Diplacrum guianense*, foi encontrada ocorrendo apenas em ambientes com influência antrópica.

Material selecionado: Brasil. Pará: Melgaço, Floresta Nacional de Caxiuanã, igarapé Curuazinho direito, 20.II.2017, fl. e fr., J.F. Maciel-Silva *et al.* 117 (MG); rio Caxiuanã, 21.II.2017, fl. e fr., J.F. Maciel-Silva *et al.* 129 (MG); igarapé Curuazinho esquerdo de águas pretas de baixíssima velocidade, 19.X.1997, fl. e fr., A. Lins *et al.* 731 (MG); igarapé Arauá, 04.VI.1998, fl. e fr., A. Lins *et al.* 842 (MG).

*Eleocharis mutata* (L.) Roem. & Schult., Syst. Veg. 2: 155. 1817. *Scirpus mutatus* L., Syst. Nat. 2: 867. 1759. (Figura 5B)

Caracteriza-se por apresentar hábito robusto, escapos trígonos a obtusamente trígonos em secção transversal, esponjosos, que variam de 17-70,5 × 0,2-0,4 cm, septos transversais ausentes; bainhas com ápices acuminados a caudados. Apresenta espiguetas lanceoloides, com cerca de 2-2,5 × 0,3 cm; glumas espiraladas, coriáceas, oblongas a obovadas, ápice arredondado, margens hialinas presentes, gluma inferior estéril, contínua com o escapo; estames 3, estilete 3-fido; 6 cerdas perigonais, retrorsamente escabrosas, menores ou ultrapassando a núcula; núculas lenticulares, obovoides, com cerca de 1,7 × 1 mm, superfície com linhas longitudinais de células isodiamétricas, com espessamento anelar no ápice; estilopódio curto-piramidal. Assemelha-se a *Eleocharis plicarhachis* (Griseb.) Svenson pelas espiguetas lanceoloides, com glumas espiraladas, coriáceas, oblongas e núculas lenticulares. Difere-se por *E. mutata* apresentar escapos trígonos a obtusamente trígonos em secção transversal, gluma inferior estéril, estilete 3-fido e núculas com espessamento anelar no ápice (*vs.* escapos cilíndricos a subcilíndricos em secção transversal, gluma inferior fértil, estilete 2-fido e núculas sem espessamento no ápice em *E. plicarhachis*).

Distribuição geográfica e habitat: África, Oceania, bem como região que vai do México a Colômbia (Svenson, 1929; Gil & Bove, 2007). No Brasil, ocorre nas regiões Norte (AP, PA, RR, TO), em todos os estados

das regiões Nordeste e Sudeste, e também na região Sul (PR, SC) (JBRJ, 2018). Na ECFPn, a espécie tem como *habitat* ilhas de vegetação.

Material examinado: Brasil. Pará: Melgaço, Floresta Nacional de Caxiuanã. Igarapé Curuazinho esquerdo, 19.II.2017, fl. e fr., J.F. Maciel-Silva *et al.* 115 (MG).

*Eleocharis plicarhachis* (Griseb.) Svenson, *Rhodora* 31: 158. 1929. *Scirpus plicarhachis* Griseb., *Cat. Pl. Cub.* 239. 1866. (Figura 5C)

Caracteriza-se por apresentar hábito robusto, presença de rizomas conspicuos; escapos cilíndricos a subcilíndricos em secção transversal, esponjosos, sulcados, lustrosos, que variam de 9,5-44 × 0,1-0,3 cm, septos transversais ausentes; bainhas membranáceas, com ápice agudo a acuminado, base avermelhada. Apresenta espiguetas lanceoloides, com 1,2-2 × 0,2-0,4 cm; glumas espiraladas, coriáceas, oblongas, com ápice arredondado a levemente emarginado, com margens hialinas, gluma inferior fértil, contínua com o escapo; estames 3, estilete 2-fido; 6-7 cerdas perigoniais, retrorsamente escabrosas, ultrapassando a núcula; núculas lenticulares, obovoides, com cerca de 2,2 × 1-1,1 mm, superfície com fileiras longitudinais de células, amareladas a castanho-claras; estilopódio longo-piramidal. *Eleocharis plicarhachis* assemelha-se a *E. mutata* (*vide* comentários em *E. mutata*).

Distribuição geográfica e habitat: do México a Argentina (Kearns, 1998). No Brasil, ocorre nas regiões Norte (AM, AP, PA), Nordeste (AL, BA, CE, PB, PE), Centro-Oeste (DF, MS, MT), Sudeste (ES, SP) e Sul (PR) (JBRJ, 2018). Na ECFPn, a espécie tem como *habitat* ambientes antropizados, ilhas de vegetação e margens de rios, onde forma grandes populações.

Material selecionado: Brasil. Pará: Melgaço, Floresta Nacional de Caxiuanã, rio Curuá, próximo a ECFPn, 19.II.2017, fl. e fr., J.F. Maciel-Silva *et al.* 102 (MG); igarapé Curuazinho esquerdo, 19.II.2017, fl. e fr., J.F. Maciel-Silva *et al.* 111 (MG).

*Fimbristylis* Vahl, *Enum. Pl.* 2: 285. 1805

O gênero conta com 312 espécies, distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais, mas, principalmente, no sudeste da Ásia e na África (Guaglianone, 1970; Goetghebeur, 1998; WCSPF, 2018). No Brasil, são registradas 18 espécies, sendo uma endêmica. As espécies do gênero têm como *habitat* áreas antropizadas, florestas ciliares, ombrófilas, manguezais, palmeiras, restingas e campos rupestres (JBRJ, 2018).

Na ECFPn, pode ser reconhecido por apresentar lâminas foliares desenvolvidas, lígulas ausentes, escapos quadrangulares em secção transversal, inflorescências em anteloides, espiguetas bissexuadas, glumas espiraladas, membranáceas, glabras, apêndices periânticos petaloides e glumelas ausentes na base da flor e do fruto, estilete 3-fido e núculas sem estilopódio persistente.

*Fimbristylis littoralis* Gaudich., *Voy. Uranie* 10: 413. 1829. (Figuras 3H e 5D)

Caracteriza-se pelos escapos quadrangulares em secção transversal; folhas basilares subdísticas; bainhas carenadas e lígulas ausentes. Apresenta, ainda, inflorescências em anteloides, espiguetas ovoides a globosas, marrom-escuras, glumas carenadas, glabras, com ápice emarginado a arredondado; estilete 3-fido, fimbriado; núculas obtusamente trígonoas, obovoides, com superfície estriada transversalmente, e verrucosas. Assemelha-se a *F. quinquangularis* (Vahl) Kunth (espécie não registrada para a ECFPn) pelas inflorescências em anteloides e estilete 3-fido, fimbriados, e núculas verrucosas. Difere-se por *F. littoralis* apresentar escapos quadrangulares em secção transversal e glumas com ápice emarginado a arredondado (*vs.* escapos quinquangulares em secção transversal e glumas com ápice obtuso em *F. quinquangularis*).

Distribuição geográfica e habitat: pantropical (Prata, 2002). No Brasil, ocorre em todos os estados (JBRJ, 2018). Na ECFPn, a espécie tem como *habitat* área antropizada em margem de rio.



Material examinado: Brasil. Pará: Melgaço, Floresta Nacional de Caxiuanã, rio Caxiuanã, 21.II.2017, fl. e fr., J.F. Maciel-Silva *et al.* 136 (MG).

***Fuirena* Rottb., Descr. Icon. Rar. Pl. 70. 1773**

O gênero conta com cerca de 30 espécies, distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais da África, da América e da Ásia (Kral, 1978; Simpson, 2006). No Brasil, são registradas seis espécies, sendo uma endêmica e restrita ao estado de Pernambuco (JBRJ, 2018). As espécies do gênero têm como *habitat* áreas antropizadas, palmeirais e savanas amazônicas (JBRJ, 2018).

Na ECFPn, pode ser reconhecido por apresentar lâminas foliares desenvolvidas, escapos quinquangulares em secção transversal, inflorescências paniculadas, espiguetas bissexuadas, glumas espiraladas e apêndices periânticos petaloides presentes na base da flor e do fruto.

***Fuirena umbellata* Rottb., Descr. Icon. Rar. Pl. 70. 1773. (Figuras 3I e 5E)**

Caracteriza-se pelos escapos quinquangulares em secção transversal, hirsutos; lâminas foliares com 5,5-15,5 × 0,2-1 cm, lineares a oblongas, margens lisas, com 5 nervuras longitudinais; bainhas escariosas; lígulas presentes e ciliadas. Apresenta inflorescências paniculadas cimosas; espiguetas oblongas a obovóides; glumas espiraladas, obovadas, hirsutas, com 3 nervuras evidentes, ápice longo mucronado; núculas trígonas, lisas, castanho-claras, envoltas por 3 apêndices periânticos petaloides hialinos, com ápice aristado. Difere-se das outras espécies de Cyperaceae ocorrentes na ECFPn, por ser a única a apresentar escapos quinquangulares em secção transversal e núculas com 3 apêndices periânticos petaloides hialinos.

Distribuição geográfica e habitat: pantropical (Prata, 2002; Simpson, 2006). No Brasil, ocorre em todos os estados (JBRJ, 2018). Na ECFPn, a espécie tem como *habitat* ilhas de vegetação, margem de rio e áreas antropizadas. Na área de estudo, é umas das espécies mais

comumente encontradas em rios e igarapés com águas lênticas. Geralmente, é encontrada coocorrendo com *Cyperus haspan* e *Rhynchospora corymbosa* (Cyperaceae).

Material selecionado: Brasil. Pará: Melgaço, Floresta Nacional de Caxiuanã, rio Curuá, próximo a ECFPn, 19.II.2017, fl. e fr., J.F. Maciel-Silva *et al.* 104 (MG); igarapé Curuazinho esquerdo, 19.II.2017, fl. e fr., J.F. Maciel-Silva *et al.* 112 (MG); igarapé Curuazinho direito, 20.II.2017, fl. e fr., J.F. Maciel-Silva *et al.* 119 (MG); igarapé Umarizal, fim da área navegável, 01° 46' 59" S, 51° 33' 07" W, 21.IV.2017, fl., J.F. Maciel-Silva *et al.* 162 (MG); igarapé Sapucuzinho, fim da área navegável, 01° 44' 58" S, 51° 30' 45" W, 24.IV.2017, fl., J.F. Maciel-Silva *et al.* 175 (MG); rio Caxiuanã, estreito após a baía, sentido igarapé Puraquequara, margem direita, 01° 46' 15" S, 51° 28' 55" W, 20.IV.2017, fl. A. Gil *et al.* 687 (MG); igarapé Puraquequara, segundo afluente na margem esquerda, sentido nascente (igarapé Bacuri), 01° 44' 14" S, 51° 28' 25" W, 20.IV.2017, fl. e fr., A. Gil *et al.* 696 (MG); baía de Caxiuanã, na entrada do igarapé Laranjal, 01° 39' 41" S, 51° 20' 01" W, 23.IV.2017, fl. e fr., A. Gil *et al.* 730 (MG); igarapé Tijucaquara, fim da área navegável, 01° 43' 54" S, 51° 30' 08" W, 24.IV.2017, fl., J.F. Maciel-Silva *et al.* 192 (MG).

***Hypolytrum* Pers, Syn. Pl. 1: 70. 1805**

O gênero conta com cerca de 50 espécies, com distribuição pantropical (Simpson, 2006). No Brasil, são registradas 27 espécies, sendo 11 endêmicas (JBRJ, 2018). Indivíduos do gênero têm como *habitat* campos rupestres, florestas de várzea e igapó, florestas ombrófilas, florestas de terra firme e restingas (JBRJ, 2018).

Na ECFPn, pode ser reconhecido por apresentar lâminas foliares desenvolvidas, escapos trígonos a obtusamente trígonos em secção transversal, inflorescências paniculadas, espiguetas bissexuadas, glumas espiraladas, coriáceas, duas glumelas hialinas presentes, apêndices petaloides ausentes na base da flor e do fruto e núculas estramíneas a marrom-claras, com superfície rugosa, ápice esponjoso.

*Hypolytrum longifolium* (Rich.) Nees, Linnaea 9:

288. 1834. *Scirpus longifolius* Rich. Actes Soc. Hist. Nat. Paris 1: 106. 1792. (Figura 5F)

Caracteriza-se pelos rizomas ascendentes; escapos trígonos em secção transversal; folhas basilares desenvolvidas; lâminas foliares com 20-63 × 0,7-1,5 cm, lineares, com 3 nervuras, inermes a levemente escabrosas; brácteas involucrais linear-lanceoladas, que ultrapassam a inflorescência. Apresenta, ainda, inflorescências paniculadas, que variam de 2,5-8,5 cm de comprimento, com raios trígonos e ângulos escabrosos; espiguetas elipsoides; glumas imbricadas, oblongas, com ápice agudo a obtuso; núculas ovóides a elipsoides, com superfície rugosa somente na região central; 2 glumelas hialinas, com cerca de 1,6 × 1 mm de comprimento, do tamanho das glumas, com nervura central espinescente. Assemelha-se a *H. pulchrum* (Rudge) H. Pfeiff. pelas inflorescências paniculadas, espiguetas elipsoides e núculas elipsoides. Difere-se por *H. longifolium* apresentar inflorescências que variam de 2,5-8,5 cm de comprimento, núculas com superfície rugosa somente na região central e glumelas hialinas com cerca de 1,6 × 1 mm de comprimento (vs. inflorescências que variam de 1-1,5 cm de comprimento, núculas com superfície inteiramente rugosa e glumelas hialinas com cerca de 2,5 mm de comprimento em *H. pulchrum*).

Distribuição geográfica e habitat: México, América Central e América do Sul (Brasil, Colômbia, Venezuela, Guianas, Suriname). No Brasil, ocorre em todos os estados da região Norte, no Nordeste (MA) e no Centro-Oeste (MT) (JBRJ, 2018). Na ECFpn, a espécie tem como *habitat* florestas de várzea e de igapó, ocorrendo em áreas sombreadas, em solos úmidos e alagados. Pode formar grandes populações, com indivíduos agrupados em touceiras.

Material selecionado: Brasil. Pará: Melgaço, Floresta Nacional de Caxiuanã, igarapé Campinho, 1° 44' 11" S, 51° 23' 24" W, 22.IV.2017, fl. e fr., L. Schneider *et al.* 66 (MG); baía de Caxiuanã, entre a entrada do igarapé Curuá

e Campinho, 1° 44' 54" S, 51° 23' 23" W, 22.IV.2017, fl. e fr., L. Schneider *et al.* 79 (MG); saída do igarapé Sapucuzinho, 01° 45' 46" S, 51° 30' 25" W, 24.IV.2017, fl. e fr., J.F. Maciel-Silva *et al.* 186 (MG); parte larga do rio Caxiuanã, margem direita, 01° 46' 40" S, 51° 27' 25" W, 20.IV.2017, fl. e fr., A. Gil *et al.* 680 (MG); igarapé Puraquequara, na margem esquerda, sentido nascente, 01° 44' 48" S, 51° 28' 27" W, 20.IV.2017, fl. e fr., A. Gil *et al.* 694 (MG).

*Hypolytrum pulchrum* (Rudge) H. Pfeiff., Bot. Arch. 12: 450. 1925. *Scirpus pulcher* Rudge, Pl. Guian. 18. 1805. (Figuras 3J e 5G)

Caracteriza-se pelos rizomas finos, alongados; escapos obtusamente trígonos em secção transversal, eretos, solitários; folhas basilares trísticas; lâminas foliares com 45-85 × 0,4-0,7 cm, lineares, com margens escabrosas; brácteas involucrais lanceoladas, menores ou do tamanho da inflorescência. Apresenta inflorescências paniculadas, que variam de 1-1,5 cm de comprimento, congestas; espiguetas elipsoides; glumas elípticas, pontuadas, com ápice obtuso a arredondado, mucronados, nervura central proeminente; núculas elipsoides, com superfície inteiramente rugosa; 2 glumelas hialinas com cerca de 2,5 × 0,5 mm, um pouco maiores que as glumas, com nervura central espinescente. *Hypolytrum pulchrum* assemelha-se a *H. longifolium* (vide comentários em *H. longifolium*).

Distribuição geográfica e habitat: América do Sul (Brasil, Guianas, Suriname, Venezuela) (Koyama, 1970; Prata, 2002). No Brasil, ocorre nas regiões Norte (AP, PA, RR) e Nordeste (BA) (Prata, 2002; JBRJ, 2018). Na ECFpn, a espécie tem como *habitat* florestas de igapó preservadas, ocorrendo em áreas sombreadas, com solos alagados. Forma pequenas populações, com indivíduos agrupados em touceiras.

Material examinado: Brasil. Pará: Melgaço, Floresta Nacional de Caxiuanã. Saída do igarapé Sapucuzinho, 01° 45' 46" S, 51° 30' 25" W, 24.IV.2017, fl. e fr., J.F.

Maciel-Silva *et al.* 185 (MG), rio Caxiuanã, próximo a grande meandro, antes do igarapé Grande, 01° 47' 25" S, 51° 36' 3" W, 21.IV.2017, fl. e fr., J.F. Maciel-Silva *et al.* 144 (MG).

### ***Lagenocarpus* Nees, Linnaea 9: 304. 1834**

O gênero conta com cerca de 20 espécies, distribuídas na América Central e na América do Sul, principalmente no Brasil (Vitta, 2005). No Brasil, são registradas 13 espécies, sendo cinco endêmicas (JBRJ, 2018). As espécies do gênero têm como *habitat* áreas antrópicas, campinaranas, campos rupestres, florestas ciliares, florestas de várzea e igapó, florestas de terra firme, restingas e palmeirais (JBRJ, 2018).

Na ECFPn, pode ser reconhecido por apresentar lâminas foliares desenvolvidas, escapos puberulentos, inflorescências paniculadas, espiguetas unissexuadas, escamas hipóginas presentes, hipogínios, utrículos e prófilos ausentes.

### ***Lagenocarpus guianensis* Nees, Linnaea 9: 304. 1834. (Figuras 3K e 5H)**

Caracteriza-se pelo porte robusto, com até 2 m de comprimento, escapos trígonos em secção transversal, puberulentos; folhas basilares, rosuladas, bem desenvolvidas, coriáceas, com margens escabrosas e nervura central escabrosa; bainhas estriadas longitudinalmente, com ápice arredondado, ciliado; brácteas involucrais foliosas. Apresenta inflorescências paniculadas amplas, piramidais; espiguetas unissexuadas; paracládios masculinos localizados abaixo dos paracládios femininos; glumas oblongas, ciliadas, com ápice mucronado; núculas ovoides, papilosas, amareladas a marrom-escuras, com três máculas escuras laterais. Assemelha-se a *L. sabanensis* Gilly (espécie não registrada para a ECFPn) pelas bainhas estriadas longitudinalmente, com ápice arredondado, ciliado, e núculas com superfície papilosa. Difere-se por *L. guianensis* apresentar escapos que variam de 0,6-1,2 cm de largura, inflorescências

paniculadas amplas e núculas ovoides (*vs.* escapos que variam de 0,2-0,4 cm de largura, inflorescências paniculadas estreitas e núculas globosas em *L. sabanensis*). Vitta (2005) aponta que aspectos vegetativos também auxiliam na diferenciação dessas duas espécies, como a nervura central da face adaxial pubérula em *L. sabanensis* e escabra em *L. guianensis*. Quando imaturas, as núculas das duas espécies também podem ser diferenciadas, já que *L. guianensis* exhibe núculas com a base comprimida lateralmente, enquanto *L. sabanensis* exhibe núculas com constrição central.

Distribuição geográfica e *habitat*: América Central e América do Sul (Bolívia, Brasil, Guianas, Suriname, Venezuela) (Kearns, 1998; Prata, 2002). No Brasil, ocorre nas regiões Norte (AM, AP, PA, RR, TO), Nordeste (AL, BA, MA, PB, PE, PI, SE) e Sudeste (ES, RJ) (JBRJ, 2018). Na ECFPn, a espécie tem como *habitat* margens de rios, por vezes antropizadas. É umas das espécies mais comuns na área de estudo, formando grandes populações, que dominam remansos de rios e igarapés, diretamente expostas à incidência luminosa ou em áreas sombreadas.

Material selecionado: Brasil. Pará: Melgaço, Floresta Nacional de Caxiuanã. Campo de natureza, baía de Caxiuanã, próximo ao igarapé Campinho, 17.II.2017, fl. e fr., J.F. Maciel-Silva *et al.* 79 (MG); rio Curuá, próximo a ECFPn, 19.II.2017, fl. e fr., J.F. Maciel-Silva *et al.* 106 (MG); igarapé Curuazinho direito, 20.II.2017, fl. e fr., J.F. Maciel-Silva *et al.* 122 (MG); rio Caxiuanã, 21.II.2017, fl. e fr., J.F. Maciel-Silva *et al.* 132 (MG); igarapé do Forno (ou Retiro), logo após trecho fechado pela floresta, 01° 47' 24" S, 51° 34' 44" W, 21.IV.2017, fl. e fr., J.F. Maciel-Silva *et al.* 158 (MG); igarapé Umarizal, fim da área navegável, 01° 46' 59" S, 51° 33' 07" W, 21.IV.2017, fl. e fr., J.F. Maciel-Silva *et al.* 161 (MG); igarapé Araruá no fim da parte navegável, 01° 45' 23" S, 51° 32' 09" W, 21.IV.2017, fl. e fr., J.F. Maciel-Silva *et al.* 169 (MG); confluência do igarapé Curuá com o rio Caxiuanã, margem direita, 01° 46' 12" S, 51° 26' 05" W, 20.IV.2017, fl. e fr., A. Gil *et al.* 678 (MG).



***Rhynchospora* Vahl, Enum. Pl. 2: 229. 1805**

O gênero conta com cerca de 300 espécies, com distribuição nas regiões tropicais e subtropicais (Goetghebeur, 1998). No Brasil, são registradas 147 espécies, sendo 48 endêmicas (JBRJ, 2018). As espécies do gênero têm como *habitat* áreas antropizadas, campos rupestres, florestas de várzea e de igapó, manguezais e restingas (JBRJ, 2018).

Na ECFPn, pode ser reconhecido por apresentar lâminas foliares desenvolvidas, bainhas com ápice glabro, escapos trígonos em secção transversal, inflorescências corimbiformes ou capituliformes, espiguetas bissexuadas, glumas espiraladas, membranáceas, glumelas e apêndices periânticos petaloides ausentes na base da flor e do fruto, estilete indiviso a 2-fido, núculas lenticulares com estilopódio persistente.

***Rhynchospora corymbosa* (L.) Britton, Trans. New York Acad. Sci. 11: 84. 1892. *Scirpus corymbosus* L., Cent. Pl. II 7. 1756. (Figuras 3L e 5I)**

Caracteriza-se pelos escapos trígonos em secção transversal; folhas basilares e caulinares, ascendentes; lâminas foliares lineares, com margens escabrosas. Apresenta inflorescências terminais e laterais, corimbiformes, congestas a laxas, brácteas involucrais verdes, máculas ausentes. Apresenta espiguetas ovoides a lanceoloides; glumas elípticas, submembranáceas, amareladas a avermelhadas, glabras; estilete indiviso; 4-7 cerdas perigonias; núculas lenticulares, obovóides, com cerca de 5,4-6 × 2 mm, com superfície papilosa a rugosa, marrom-claras a marrom-escuras; estilopódio longo-triangular, não confluyente com o corpo da núcula, amarelado a marrom-claro. Foi notada uma ampla variação no tamanho das inflorescências e nas cores das glumas dos espécimes estudados, que também foram explanados em outros estudos (e.g. Guaglianone, 2001; Nunes *et al.*, 2016a). Difere-se das outras espécies de *Rhynchospora* ocorrentes na ECFPn pelas inflorescências corimbiformes, terminais e laterais, brácteas involucrais

verdes, sem máculas, glumas amareladas a avermelhadas e estilete indiviso (*vs.* inflorescências capituliformes, no ápice do escapo, brácteas involucrais predominantemente alvas na face adaxial ou com máculas alvas na face abaxial, glumas alvas a estramíneas e estilete 2-fido).

**Distribuição geográfica e *habitat*:** pantropical (Prata, 2002; Guaglianone, 2001; Strong, 2006). No Brasil, ocorre em todos os estados (JBRJ, 2018). Na ECFPn, a espécie tem como *habitat* áreas antropizadas, ilhas de vegetação e margens de rios. Os espécimes foram coletados em locais sombreados e em áreas ensolaradas, com poucos indivíduos agrupados.

**Material selecionado:** Brasil. Pará: Melgaço, Floresta Nacional de Caxiuanã. Rio Curuá, próximo a ECFPn, 19.II.2017, fl., J.F. Maciel-Silva *et al.* 105 (MG); rio Caxiuanã, 21.II.2017, fl. e fr., J.F. Maciel-Silva *et al.* 138 (MG); igarapé Sapucuzinho, 01° 45' 09" S, 51° 30' 36" W, 24.IV.2017, fl. e fr., J.F. Maciel-Silva *et al.* 180 (MG); igarapé Tijucaquara, fim da área navegável, 01° 43' 54" S, 51° 30' 08" W, 24.IV.2017, fl. e fr., J.F. Maciel-Silva *et al.* 191 (MG); igarapé Puraquequara, segundo afluente na margem esquerda, sentido nascente (igarapé Bacuri), 01° 44' 14" S, 51° 28' 25" W, 20.IV.2017, fl. e fr., A. Gil *et al.* 695 (MG); baía de Caxiuanã, na entrada do igarapé Laranjal, 01° 39' 41" S, 51° 20' 01" W, 23.IV.2017, fl. e fr., A. Gil *et al.* 729 (MG).

***Rhynchospora nervosa* (Vahl) Boeckeler, Vidensk. Meddel. Dansk Naturhist. Foren. Kjøbenhavn 143. 1869. *Dichromena nervosa* Vahl, Enum. Pl. Obs. 2: 241. 1805. (Figura 5J)**

Caracteriza-se pelos escapos eretos, trígonos em secção transversal; folhas basilares ascendentes; lâminas foliares lineares. Apresenta inflorescências capituliformes, no ápice do escapo; brácteas involucrais predominantemente alvas na face adaxial. Apresenta espiguetas ovoides; glumas membranáceas, alvas a estramíneas, glabras; estilete 2-fido; cerdas perigonias ausentes; núculas lenticulares, obovóides, com 1,8-2 × 1,2-1,4 mm, com superfície levemente

rugosa, castanho-escuras, e estilopódio triangular, não lobado, confluyente com a núcula. Assemelha-se a *R. puber* (Vahl) Boeckeler pelas inflorescências capituliformes, no ápice do escapo, glumas alvas a estramíneas, estilete 2-fido e núculas lenticulares. Difere-se por *R. nervosa* apresentar brácteas involucrais predominantemente alvas na face adaxial, glumas glabras e estilopódio não lobado, confluyente com a núcula (vs. brácteas involucrais com máculas alvas na face abaxial, glumas pubescentes e estilopódio 4-lobado, excedendo a margem da núcula em *R. puber*).

Distribuição geográfica e habitat: do México à Argentina (Strong, 2006). No Brasil, ocorre em todos os estados, exceto no Rio Grande do Sul (JBRJ, 2018). Na ECFPn, a espécie tem como *habitat* campo herbáceo alagado, formando touceiras adensadas, que dominam o ambiente.

Material examinado: Brasil. Pará: Melgaço, Floresta Nacional de Caxiuanã. Campo de natureza, baía de Caxiuanã, próximo ao igarapé Campinho, 1° 44' 35" S, 51° 23' 14" W, 22.IV.2017, fl. e fr., L. Schneider *et al.* 63 (MG).

*Rhynchospora puber* (Vahl) Boeckeler, *Linnaea* 37: 528. 1873. *Dichromena puber* Vahl, *Enum. Pl. Obs.* 2: 241. 1805. (Figura 5K)

Caracteriza-se pelos escapos eretos, trígono em secção transversal; folhas basilares ascendentes; lâminas foliares lineares. Apresenta inflorescências capituliformes, no ápice do escapo; brácteas involucrais verdes, margem ciliada na porção basal e máculas alvas na base da face abaxial. Apresenta espiguetas ovoides, glumas membranáceas, alvas, pubescentes, com nervura central ciliada a escabrosa; estilete 2-fido; cerdas perigonias ausentes; núculas lenticulares, largo-elípticas, com 1,4-1,5 × 1,4-1,6 mm, superfície com rugosidades transversais conspícuas, amareladas a castanho-escuras, e estilopódio triangular, 4 lobado, com 2 lobos mediais inconspícuos e 2 laterais conspícuos, que excedem a margem da núcula. *Rhynchospora puber* assemelha-se a *R. nervosa* (vide comentários em *R. nervosa*).

Distribuição geográfica e habitat: América Central (Costa Rica e Guadalupe) e América do Sul (da

Venezuela à Bolívia) (Strong, 2006). No Brasil, ocorre em todas as regiões, exceto nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (JBRJ, 2018). Na ECFPn, a espécie tem como *habitat* ambientes antropizados e margens de rios.

Material examinado: Brasil. Pará: Melgaço, Floresta Nacional de Caxiuanã. Estação Científica Ferreira Penna, trapiche de entrada da estação, beira do rio Curuá, 01° 44' 12,1" S, 51° 27' 13,1" W, 04.XII.2018, fl. e fr., K.N.L. Alves 166 (MG).

*Scleria* P.J. Bergius, *Kongl. Vetensk. Acad. Handl.* 26: 142. 1765

O gênero conta com cerca de 250 espécies, de distribuição pantropical (Goetghebeur, 1998). No Brasil, são registradas 76 espécies, sendo 14 endêmicas (JBRJ, 2018). Indivíduos do gênero têm como *habitat* áreas antropizadas, campos rupestres, florestas de várzea e igapó, manguezais e restingas (JBRJ, 2018).

Na ECFPn, pode ser reconhecido por apresentar bainhas com alas conspícuas a inconspicuamente aladas, lâminas foliares desenvolvidas, espiguetas unissexuadas; inflorescências paniculadas e núculas com 2,8-4,5 × 2,1-3 mm, com superfície lisa e hipogínios presentes.

*Scleria gaertneri* Raddi, *Atti Reale Accad. Lucchese Sci.* 2: 331. 1823. (Figura 5L)

Caracteriza-se pelo hábito ereto, escapos trígono em secção transversal, com ângulos pouco escabrosos; lâminas foliares lineares, margens escabrosas; bainhas inconspicuamente aladas, com ápice obtuso, ciliado; apêndices membranáceos no ápice e lígulas ausentes. Apresenta inflorescências paniculadas, terminais e axilares, com ramos pubescentes; espiguetas unissexuadas; glumas patentes, mucronadas; núculas globosas, com 2,8-3,6 × 2,1-2,4 mm, alvas, cremes quando imaturas e roxas a negras na maturidade, superfície lisa com feixes espaçados de tricomas na base; hipogínios trilobados, lobos semicirculares. Difere-se das demais espécies de

*Scleria* ocorrentes na ECFPn por não apresentar lígula e apêndices membranáceos no ápice da bainha.

Distribuição geográfica e habitat: pantropical (Camelbecke *et al.*, 2003). No Brasil, ocorre em todos os estados (JBRJ, 2018). Na ECFPn, a espécie tem como *habitat* campo herbáceo alagado, onde forma pequenas touceiras, margens de rio e áreas antropizadas.

Material selecionado: Brasil. Pará: Melgaço, Floresta Nacional de Caxiuanã. Baía de Caxiuanã, entre igarapé Curuá e Campinho, 1° 45' 06" S, 51° 23' 23" W, 22.IV.2017, fl., L. Schneider *et al.* 82 (MG).

*Scleria secans* (L.) Urb., *Symb. Antill* 2: 169. 1900. *Schoenus secans* L. *Syst. Nat.* 2: 865. 1759. (Figura 5N) Caracteriza-se pelo hábito escandente, escapos trígonos em secção transversal, com ângulos escabrosos, ramificados; lâminas foliares lineares, margens conspicuamente escabrosas; bainhas com alas conspícuas, com ápice pubescente e com a presença de apêndice membranáceo, marrom a castanho-claro, lígulas presentes. Apresenta inflorescências paniculadas com poucas ramificações e espiguetas, com ramos pubescentes. Espiguetas unissexuadas: espiguetas femininas sésseis, espiguetas masculinas curtamente pedunculadas; núculas ovóides, com 3,3-3,7 × 2,8-3 mm, alvas, brilhantes, superfície lisa, glabra; hipogínios anulares, lobos ausentes. Difere-se das outras espécies de *Scleria* ocorrentes na ECFPn pelas núculas glabras e hipogínios anulares (*vs.* núculas pilosas, hipogínios trilobados nas demais espécies).

Distribuição geográfica e habitat: América tropical (Prata, 2002; Simpson, 2006). No Brasil, ocorre em todos os estados (JBRJ, 2018). Na ECFPn, a espécie tem como *habitat* margens de rios, em áreas ensolaradas e formando grandes populações, com indivíduos emaranhados. Espécie heliófila, com hábito escandente em bordas florestais, podendo alcançar cerca de 4 m de altura.

Material examinado: Brasil. Pará: Melgaço. Floresta Nacional de Caxiuanã. Baía de Caxiuanã, entre igarapé

Curuá e Campinho, 1° 45' 06" S, 51° 23' 23" W, 22.IV.2017, fl. e fr., L. Schneider *et al.* 84 (MG).

*Scleria violacea* Pilg., *Bot. Jahrb. Syst.* 30: 144. 1901. (Figuras 3M e 5M)

Caracteriza-se pelo hábito ereto a escandente, escapos trígonos em secção transversal; lâminas foliares lineares, com ápice acuminado, margens escabrosas; bainhas aladadas, com amplos apêndices membranáceos no ápice e lígulas presentes. Apresenta inflorescências paniculadas terminais, subpiramidais, congestionadas, com ramos pilosos; espiguetas unissexuadas; glumas ovadas a lanceoladas, vináceas a estramíneas, com ápice acuminado, nervura central proeminente, verde; núculas trígonas, globosas a subglobosas, com 3,9-4,5 × 2,9-3 mm, alvas, cremes a arroxeadas, superfície lisa, pilosa; hipogínios trilobados, com lobos triangulares. Assemelha-se a *S. martii* (Nees) Steud. (espécie não registrada para a ECFPn) pelas bainhas aladadas, inflorescências paniculadas terminais subpiramidais e núculas trígonas, globosas a subglobosas. Difere-se por *S. violacea* apresentar lígulas e hipogínios conspicuamente trilobados, com lobos triangulares (*vs.* lígulas ausentes e hipogínios inconspicuamente trilobados, com lobos laciniados em *S. martii*).

Distribuição geográfica e habitat: América do Sul (da Guiana Francesa ao Brasil) (WCSPF, 2018). No Brasil, ocorre nas regiões Norte (PA, TO) e Nordeste (BA, MA, PI) (JBRJ, 2018). Na ECFPn, a espécie tem como *habitat* margens de rios, com hábito, geralmente, escandente, sendo coletada em áreas ensolaradas e em clareiras nas florestas.

Material examinado: Brasil. Pará: Melgaço. Floresta Nacional de Caxiuanã. Banco arenoso fluvial (Prainha) na baía de Caxiuanã, próximo ao igarapé Curuá, 1° 46' 42" S, 51° 25' 30" W, 22.IV.2017, fl. e fr., L. Schneider *et al.* 92 (MG); saída do igarapé Tijucaquara, 01° 45' 30" S, 51° 29' 29" W, 24.IV.2017, fl. e fr., J.F. Maciel-Silva *et al.* 201 (MG); rio Caxiuanã, estreito após baía, sentido igarapé Puraquequara, margem direita, 01° 46' 33" S, 51° 28' 46" W, 20.IV.2017, fl. e fr., A. Gil *et al.* 685 (MG).

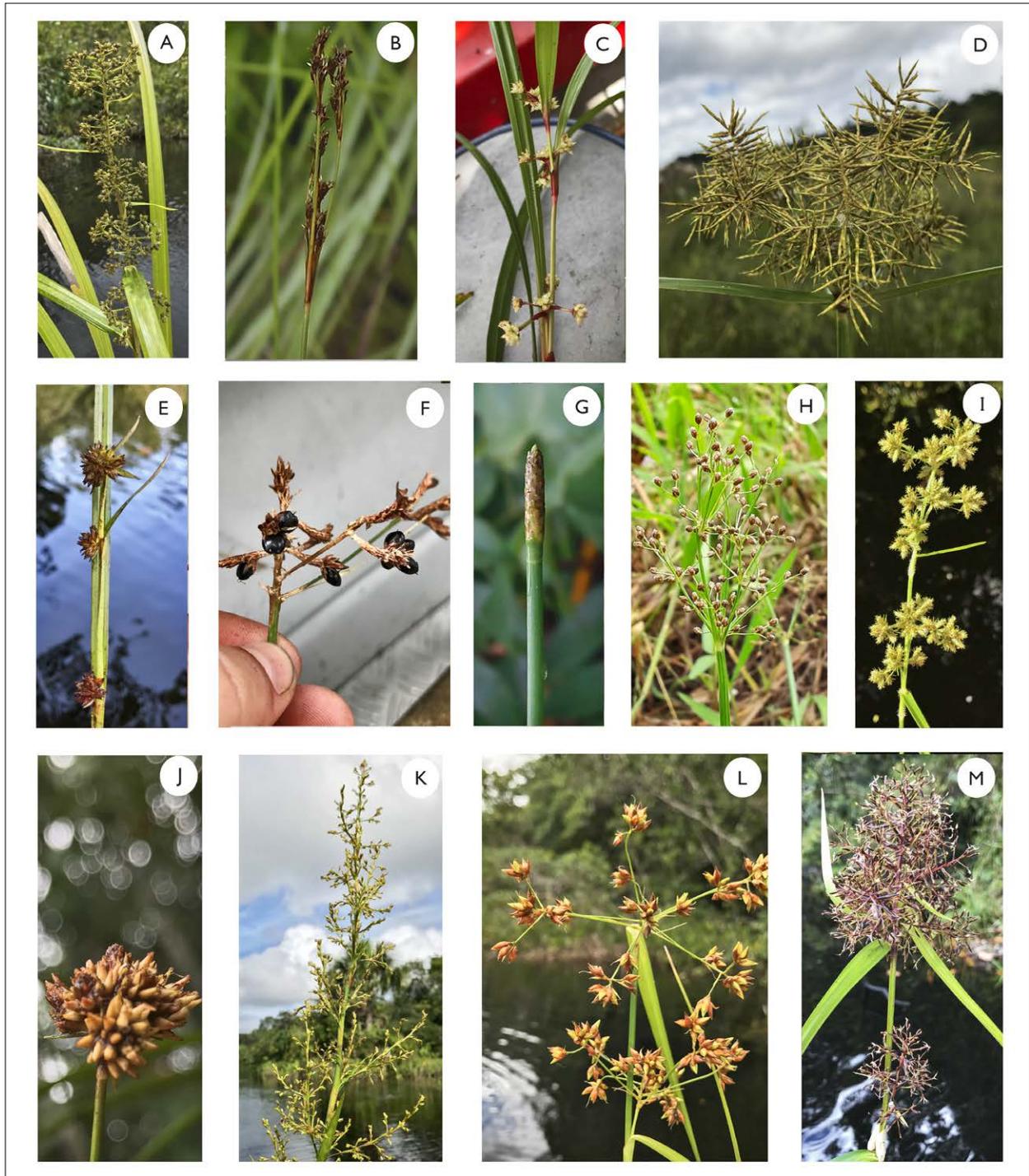


Figura 3. Detalhe das inflorescências dos representantes dos gêneros encontrados: A) *Becquerelia cymosa*; B) *Bulbostylis junciformis*; C) *Calyptrocarya bicolor*; D) *Cyperus odoratus*; E) *Diplacrum guianense*; F) *Diplasia karatifolia*; G) *Eleocharis interstincta*; H) *Fimbristylis littoralis*; I) *Fuirena umbellata*; J) *Hypolytrum pulchrum*; K) *Lagenocarpus guianensis*; L) *Rhynchospora corymbosa*; M) *Scleria violacea*. Fotos: André Gil (A, C-F, I-M) (2017) e Juliene Maciel (B, G-H) (2017).

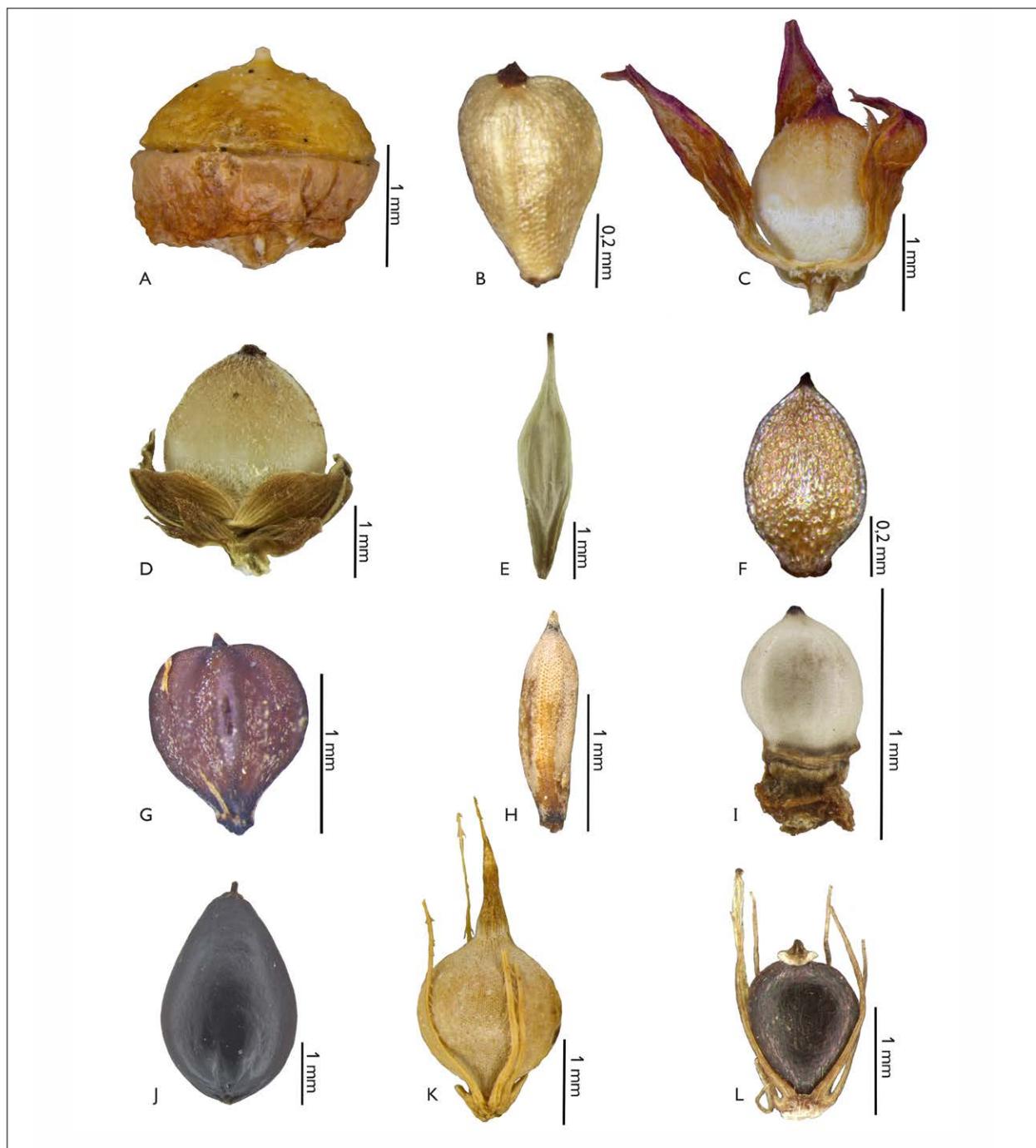


Figura 4. Vista lateral das núculas: A) *Becquerelia cymosa*, com hipogínio evidente (J.F. Maciel-Silva *et al.* 109); B) *Bulbostylis junciformis* (L. Schneider *et al.* 62); C) *Calyptrocarya bicolor*, com prófilos evidentes (L. Schneider *et al.* 68); D) *Calyptrocarya glomerulata*, com glumas e prófilos evidentes (J.F. Maciel-Silva *et al.* 156); E) *Cyperus blepharoleptos* (L. Schneider *et al.* 83); F) *Cyperus haspan* (J.F. Maciel-Silva *et al.* 113); G) *Cyperus laxus* (L. Schneider *et al.* 91); H) *Cyperus odoratus* (A. Gil *et al.* 728); I) *Diplacrum guianense*, com hipogínio evidente (A. Gil *et al.* 686); J) *Diplasia karatifolia* (J.F. Maciel-Silva *et al.* 151); K) *Eleocharis confervoides*, com cerdas perigoniais evidentes (Koch *et al.* 465); L) *Eleocharis geniculata*, com cerdas perigoniais evidentes (L. Schneider *et al.* 80).

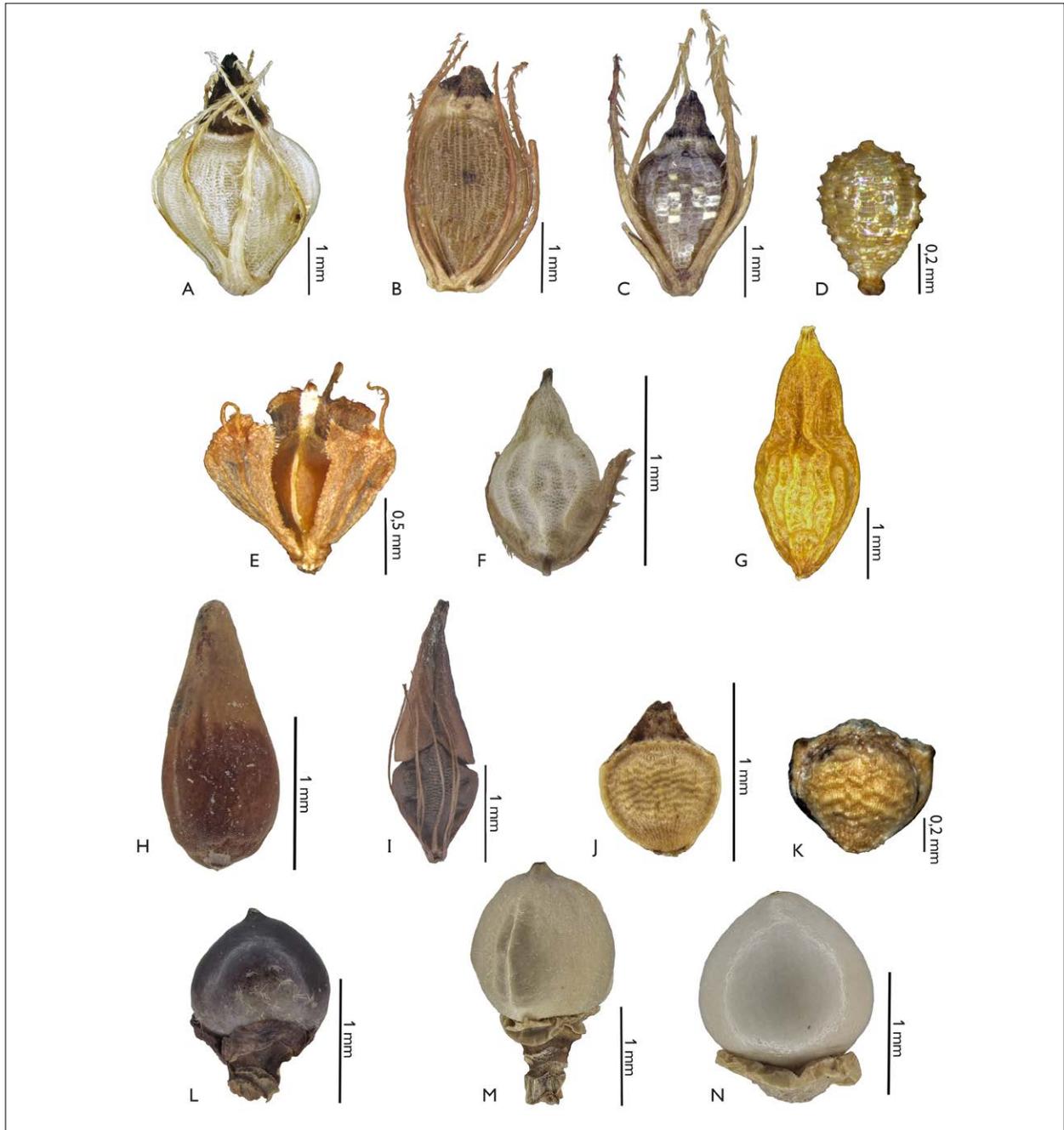


Figura 5. Vista lateral das núculas: A) *Eleocharis interstincta*, com cerdas perigoniais evidentes (J.F. Maciel-Silva et al. 129); B) *Eleocharis mutata*, com cerdas perigoniais evidentes (J.F. Maciel-Silva et al. 115); C) *Eleocharis plicarhachis*, com cerdas perigoniais evidentes (J.F. Maciel-Silva et al. 102); D) *Fimbristylis littoralis* (J.F. Maciel-Silva et al. 136); E) *Fuirena umbellata*, com apêndices periânticos petaloides evidentes (J.F. Maciel-Silva et al. 119); F) *Hypolytrum longifolium*, com glumelas evidentes (J.F. Maciel-Silva et al. 144); G) *Hypolytrum pulchrum* (L. Schneider et al. 79); H) *Lagenocarpus guianensis* (J.F. Maciel-Silva et al. 161); I) *Rhynchospora corymbosa*, com cerdas perigoniais evidentes (J.F. Maciel-Silva et al. 138); J) *Rhynchospora nervosa* (L. Schneider et al. 63); K) *Rhynchospora puber* (K.N.L. Alves 166); L) *Scleria gaertneri*, com hipogínio evidente (L. Schneider et al. 82); M) *Scleria violacea*, com hipogínio evidente (L. Schneider et al. 84); N) *Scleria secans*, com hipogínio evidente (L. Schneider et al. 92).

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa de iniciação científica à primeira autora (144704/2017-0). Aos curadores dos herbários MG, IAN e HBRA, pela disponibilização de dados sobre os acervos. À Dra. Milena Marília Andrade, pela produção do mapa. À Estação Científica Ferreira Penna, pelo fornecimento da logística e pelo suporte para a realização das coletas. Este estudo foi financiado, em parte, pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) (código financeiro 001).

## REFERÊNCIAS

- ADAMS, C. D., 1994. Cyperaceae. In: G. DAVIDSE, M. SOUSA & A. O. CHATER (Ed.): **Flora Mesoamericana**: 404-485. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- AFFONSO, R., A. ZANIN, N. A. BRUMMITT & A. C. ARAUJO, 2015. Diversity of *Scleria* (Cyperaceae) in Santa Catarina, Brazil. **Rodriguésia** 66(2): 353-367. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860201566206>.
- ALMEIDA, S. S., P. L. B. LISBOA & A. S. L. SILVA, 1993. Diversidade florística de uma comunidade arbórea na Estação Científica Ferreira Penna, Caxiuanã, Pará. **Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Botânica** 9(1): 99-105.
- ALVARENGA, L. D. P. & R. C. L. LISBOA, 2009. Contribuição para o conhecimento da taxonomia, ecologia e fitogeografia de Briófitas da Amazônia Oriental. **Acta Amazonica** 39(3): 495-504. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672009000300003>.
- ALVES, M. V., W. W. THOMAS & M. G. L. WANDERELEY, 2002. New species of *Hypolytrum* Rich. (Cyperaceae) from the Neotropics. **Brittonia** 54(2): 124-135.
- ALVES, M. V., 2003. *Hypolytrum* Rich. **Cyperaceae nos Neotrópicos**. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- ALVES, M., A. C. ARAÚJO, A. P. PRATA, F. VITTA, S. HEFLER, R. TREVISAN, A. S. B. GIL, S. MARTINS & W. THOMAS, 2009. Diversity of Cyperaceae in Brazil. **Rodriguésia** 60(4): 771-782. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860200960405>.
- ARAÚJO, A. C., 2001. **Revisão taxonômica de *Rhynchospora Vahl* sect. *Pluriflorae* Kük. (Cyperaceae)**. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- ARAÚJO, A. C., H. M. LONGHI-WAGNER & W. W. THOMAS, 2008. Taxonomic novelties in *Rhynchospora* (Cyperaceae) from South America. **Kew Bulletin** 63: 301-307.
- ARAÚJO, A. C., A. P. PRATA, A. R. OLIVEIRA, M. ALVES, R. TREVISAN & S. M. HEFLER, 2009. Cyperaceae. In: M. F. BATISTA & T. B. CAVALCANTI (Ed.): **Flora do Distrito Federal, Brasil**: 7: 43-187. EMBRAPA, Distrito Federal.
- ARDISSONE, R. E., 2013. **Sinopse taxonômica de *Bulbostylis* Kunth (Cyperaceae) para a região Sul do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Biologia de Fungos, Algas e Plantas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- BARROS, M., 1960. Las ciperaceas del estado de Santa Catarina. **Sellowia (Herbário Barbosa Rodrigues)** 12: 181-450.
- BIODIVERSITY HERITAGE LIBRARY (BHL), 2018. Disponível em: <http://www.biodiversitylibrary.org/subject/Botany>. Acesso em: 16 junho 2018.
- BONADEU, F. & J. U. M. SANTOS, 2013. Contribuição ao conhecimento dos gêneros da tribo Ingeae ocorrentes em uma Floresta Nacional da Amazônia Brasileira. **Rodriguésia** 64(2): 321-336. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S2175-78602013000200009>.
- CAMELBECKE, K., K. SPRUYT & P. GOETGHEBEUR, 2003. The genus *Scleria* (Cyperaceae) in Bolivia. **Revista de la Sociedad Boliviana de Botánica** 4(1): 139-170.
- CARVALHO, C. S., 2016. **Estudos florísticos em Leguminosae da FLONA de Caxiuanã, PA, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas – Botânica Tropical) – Universidade Federal Rural da Amazônia/Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém.
- CONSERVA, A. S., M. P. CARVALHO, C. R. COSTA & V. ARAÚJO, 2007. Macrófitas aquáticas. In: A. L. ALBERNAZ (Org.): **Conservação da várzea: identificação e caracterização de regiões biogeográficas**: 66-75. IBAMA/ProVárzea, Manaus.
- COSTA, S. M., 2012. **Flora do Parque Nacional do Viruá (RR): plantas aquáticas e palustres com ênfase em Lentibulariaceae**. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- COSTA, S. M., 2013. *Cyperus* L. In: A. P. PRATA, M. C. E. AMARAL, M. C. V. FARIAS & M. V. ALVES (Ed.): **Flora de Sergipe**: 140-158. Gráfica e Editora Triunfo, Aracaju, Sergipe.
- COSTA, S. M., 2018. **Estudos filogenéticos e sistemáticos em Cryptangieae (Cyperaceae)**. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- DAVIDSE, G., M. SOUSA SÁNCHEZ & A. O. CHATER, 1994. Alismataceae a Cyperaceae. In: G. DAVIDSE, M. SOUSA SÁNCHEZ & A. O. CHATER (Ed.): **Flora mesoamericana**: 6: 1-543. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

- EITEN, L. T., 1976. Inflorescence units in the Cyperaceae. **Annals of the Missouri Botanical Garden** 63(1): 81-112. DOI: <https://doi.org/10.2307/2395224>.
- FARIA, A., 1998. **O gênero *Eleocharis* R. Br. (Cyperaceae) no estado de São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- FERREIRA, L. V., S. S. ALMEIDA, D. D. AMARAL & P. PAROLIN, 2005. Riqueza e composição de espécies da floresta de igapó e várzea da Estação Científica Ferreira Penna: subsídios para o plano de manejo da Floresta Nacional de Caxiuanã. **Pesquisas, Botânica** (56): 103-116.
- GIL, A. S. B. & C. P. BOVE, 2004. O gênero *Eleocharis* R. Br. (Cyperaceae) nos ecossistemas aquáticos temporários da planície costeira do estado do Rio de Janeiro. **Arquivos do Museu Nacional** 62(2): 131-150.
- GIL, A. S. B. & C. P. BOVE, 2007. *Eleocharis* R. Br. (Cyperaceae) no estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Biota Neotropica** 7(1): 163-193. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032007000100020>.
- GIL, A. S. B., A. OLIVEIRA & C. P. BOVE, 2008. Listagem florística das Cyperaceae hidrófilas na região do alto e médio rio Araguaia, Goiás, Mato Grosso e Tocantins, Brasil – Parte I. **Revista de Biologia Neotropical** 4(2): 101-110. DOI: <https://doi.org/10.5216/rbn.v4i2.5209>.
- GOETGHEBEUR, P., 1998. Cyperaceae. In: K. KUBITZKI (Ed.): **The families and genera of vascular plants**. Monocotyledons: 4: 141-190. Springer, Hamburg. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-662-03531-3\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-662-03531-3_15).
- GÓMEZ-LAURITO, J., 2003. Cyperaceae. In: B. E. HAMMEL, M. H. GRAYUM, C. HERRERA & N. ZAMORA (Ed.): **Manual de plantas de Costa Rica**: 92(2): 458-551. Missouri Botanical Garden (Monographs in Systematic Botany), St. Louis.
- GOVAERTS, R., D. A. SIMPSON, J. BRUHL, T. EGOROVA, P. GOETGHEBEUR & K. WILSON, 2007. **World checklist of Cyperaceae Sedges**: 1-765. The Board of Trustees of the Royal Botanic Gardens, Kew.
- GUAGLIANONE, E. R., 1970. Un nuevo carácter, útil en la distinción genérica entre *Fimbristylis* Vahl y *Bulbostylis* Kunth (Cyperaceae). **Darwiniana** 16(1-2): 40-48.
- GUAGLIANONE, R., 2001. Contribución al estudio del género *Rhynchospora* (Cyperaceae) V. Sección Longirostres en America Austral. **Darwiniana** 39: 278-342.
- HOPKINS, M. J. G., 2007. Modelling the known and unknown plant biodiversity of the Amazon Basin. **Journal of Biogeography** 34(8): 1400-1411. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2007.01737.x>.
- ILKIU-BORGES, A. L. & R. C. L. LISBOA, 2002a. Os gêneros *Cyrtolejeunea* A. Evans e *Drepanolejeunea* Steph. (Lejeuneaceae) na Estação Científica Ferreira Penna (PA) e novas ocorrências. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Botânica** 18: 231-245.
- ILKIU-BORGES, A. L. & R. C. L. LISBOA, 2002b. Os gêneros *Leptolejeunea* e *Raphidolejeunea* (Lejeuneaceae) na Estação Científica Ferreira Penna, Pará, Brasil. **Acta Amazonica** 32(2): 205-215.
- ILKIU-BORGES, A. L. & R. C. L. LISBOA, 2002c. Os gêneros *Lejeunea* e *Microlejeunea* (Lejeuneaceae) na Estação Científica Ferreira Penna, estado do Pará, Brasil, e novas ocorrências. **Acta Amazonica** 32(4): 541-553. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-43922002324553>.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 1990. **Divisão regional do Brasil em mesorregiões e microrregiões geográficas**: 1-135. IBGE, Rio de Janeiro.
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio), 2012. **Plano de Manejo da Floresta Nacional de Caxiuanã**: v. I – Diagnóstico. ICMBio, Brasília. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomasbrasileiros/amazonia/unidadesde-conservacao-amazonia/1928-flona-de-caxiuanã>. Acesso em: 15 junho 2017.
- JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO (JBRJ), 2018. **Flora do Brasil 2020 em construção**. JBRJ, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 5 dezembro 2018.
- JORGENSEN, P. M., M. H. NEE & S. G. BECK, 2014. Catálogo de las plantas vasculares de Bolivia. **Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden** 127(1-2): 1-1744.
- JSTOR, 2014. **Global Plants**. Disponível em: <http://plants.jstor.org/>. Acesso em: 20 abril 2018.
- JUNK, W. J., 1986. Aquatic plant on the Amazon system. In: B. R. DAVIES, K. & F. WALKER (Ed.): **The ecology of river systems**: 319-338. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- JUNK, W. J. & M. T. F. PIEDADE, 1993. Herbaceous plants of Amazon floodplain near Manaus: species diversity and adaptations to the flood pulse. **Amazoniana** 12(3-4): 467-484.
- JUNK, W. J. & M. T. F. PIEDADE, 1997. Plant life in the floodplain with special reference to herbaceous plants. In: W. J. JUNK (Ed.): **The Central Amazon floodplain**: 147-185. Springer-Verlag (Ecological Studies), Berlin/Heidelberg. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-662-03416-3\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-662-03416-3_8).
- KEARNS, D. M., 1998. *Becquerelia*. In: P. E. BERRY, K. YATSKIEVYCH & B. K. HOLST (Ed.): **Flora of the Venezuelan Guayana**: 4: 486-663. Missouri Botanical Garden Press, Saint Louis.

- KOCH, A. K., J. U. M. SANTOS & A. L. ILKIU-BORGES, 2013a. Bromeliaceae epífitas de uma área de conservação da Amazônia brasileira. **Rodriguésia** 64(2): 419-425. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S2175-78602013000200016>.
- KOCH, A. K., C. N. FRAGA, J. U. M. SANTOS & A. L. ILKIU-BORGES, 2013b. Taxonomic notes on *Vanilla* (Orchidaceae) in the Brazilian Amazon, and the description of a new species. **Systematic Botany** 38(4): 975-981. DOI: <https://doi.org/10.1600/036364413X674706>.
- KOCH, A. K., J. U. M. SANTOS & A. L. ILKIU-BORGES, 2014. Sinopse das Orchidaceae holoepífitas e hemiepífitas da Floresta Nacional de Caxiuanã, PA, Brasil. **Hoehnea** 41(1): 129-148. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S2236-89062014000100012>.
- KOYAMA, T., 1970. The American species of the genus *Hypolytrum* (Cyperaceae). **Darwiniana** 16: 49-92.
- KRAL, R., 1971. A treatment of *Abildgaardia*, *Bulbostylis* and *Fimbristylis* (Cyperaceae) for North America. **Sida** 4(2): 57-227.
- KRAL, R., 1978. A synopsis of *Fuirena* (Cyperaceae) for the Americas north of South America. **Sida** 7: 309-354.
- KRAL, R. & M. T. STRONG, 1999. Eight novelties in *Abildgaardia* and *Bulbostylis* (Cyperaceae) from South America. **Sida** 18(3): 837-859.
- LARRIDON, I., K. BAUTERS, M. REYNDERS, W. HUYGH, A. M. MUASYA, D. A. SIMPSON & P. GOETGHEBEUR, 2013. Towards a new classification of the giant paraphyletic genus *Cyperus*. **Botanical Journal of the Linnean Society** 172(1): 106-126. DOI: <https://doi.org/10.1111/boj.12020>.
- LISBOA, P. L. B., 1997. **Caxiuanã**: 1-446. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém.
- LISBOA, P. L. B., S. S. ALMEIDA & A. S. L. SILVA, 1997. Florística e estrutura dos ambientes. In: P. L. B. LISBOA (Ed.): **Caxiuanã**: 163-193. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém.
- LISBOA, P. L. B., 2002. **Natureza, homem e manejo de recursos naturais na região de Caxiuanã, Melgaço**. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém.
- LUCENO, M., M. V. ALVES & A. P. MENDES, 1997. Catálogo florístico y claves de identificación de las Ciperáceas de los estados de Paraíba y Pernambuco (Nordeste de Brasil). **Anales Jardín Botánico de Madrid** 55(1): 67-100.
- MACIEL-SILVA, J. F., C. S. NUNES & A. S. B. GIL, 2018. The genus *Eleocharis* (Cyperaceae) in the restinga of Pará state, Brazil. **Rodriguésia** 69(4): 1813-1824. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860201869420>.
- MARTINS, M. L. L., R. M. CARVALHO-OKANO & M. LUCENO, 1999. Cyperaceae do Parque Estadual Paulo César Vinha, Guarapari, Espírito Santo, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 13(2): 187-222. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33061999000200008>.
- MISSOURI BOTANICAL GARDEN, 2018a. **Botanicus Digital Library**. Disponível em: <http://www.botanicus.org>. Acesso em: 15 junho 2018.
- MISSOURI BOTANICAL GARDEN, 2018b. **Tropicos.org**. Disponível em: <http://www.tropicos.org>. Acesso em: 21 junho 2018.
- MUASYA, A. M., D. A. SIMPSON, G. A. VERBOOM, P. GOETGHEBEUR, R. F. C. NACZI, M. W. CHASE & E. SMETS, 2009. Phylogeny of Cyperaceae based on DNA sequence data: current progress and future prospects. **The Botanical Review** 75(1): 2-21. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12229-008-9019-3>.
- NEES, C., 1842. Cyperaceae. In: C. F. P. MARTIUS (Ed.): **Flora brasiliensis**: 2: 1-226. Fried. Fleischer, Leipzig.
- NUNES, C. S., M. N. C. BASTOS & A. S. B. GIL, 2016a. Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: Cyperaceae. **Rodriguésia** 67: 1329-1366. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860201667532>.
- NUNES, C. S., R. TREVISAN & A. S. B. GIL, 2016b. *Eleocharis pedroviana*, a new species of Cyperaceae from Northern Brazil (Serra dos Carajás, Pará State). **Phytotaxa** 265(1): 85-91. DOI: <http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.265.1.9>.
- NUNES, C. S., N. F. O. MOTA, P. L. VIANA & A. S. B. GIL, 2017. *Bulbostylis cangae*, a new species of Cyperaceae from Northern Brazil (Serra dos Carajás, Pará State). **Phytotaxa** 299(1): 96-102. DOI: <http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.299.1.7>.
- NUNES, C. S., P. J. SILVA-FILHO, W. W. THOMAS & A. S. B. GIL, 2019. *Rhynchospora seccoii*, a new species of *Rhynchospora* sect. *Tenuis* (Cyperaceae) from Brazilian Amazon (Serra dos Carajás, Pará State). **Phytotaxa** 405(2): 91-100. DOI: <http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.405.2.4>.
- OLIVEIRA, A. L. R., A. S. B. GIL & C. P. BOVE, 2011. Hydrophytic Cyperaceae from the Araguaia river basin, Brazil. **Rodriguésia** 62(4): 847-866. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S2175-78602011000400012>.
- PRANCE, G. T., H. BEENTJE, J. DRANSFIELD & R. JOHNS, 2000. The tropical flora remains undercollected. **Annals of the Missouri Botanical Garden** 87(1): 67-71. DOI: <http://dx.doi.org/10.2307/2666209>.
- PRATA, A. P. N., 2002. Listagem florística das Cyperaceae do estado de Roraima, Brasil. **Hoehnea** 29(2): 93-107.

- PRATA, A. P. N., 2004. *Bulbostylis* Kunth (Cyperaceae) no Brasil. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- PRATA, A. P. N., M. G. LÓPEZ & W. W. THOMAS, 2017. New species of *Bulbostylis* (Cyperaceae) from South America. *Phytotaxa* 314(2): 219-230. DOI: <http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.314.2.3>.
- RIBEIRO, A. R. O., M. ALVES, A. P. N. PRATA, O. F. OLIVEIRA, L. O. F. SOUSA & R. C. OLIVEIRA, 2015. The genus *Cyperus* (Cyperaceae) in Rio Grande do Norte State, Brazil. *Rodriguésia* 66(2): 571-597. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860201566221>.
- RONCHI, H. N., 2015. *Estudo taxonômico de Fimbristylis Vahl (Cyperaceae) para Santa Catarina e do complexo F. dichotoma (L.) Vahl para o Sul do Brasil*. Dissertação (Mestrado em Biologia de Fungos, Algas e Plantas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- SCHNEIDER, L. J. C., M. N. C. BASTOS, S. V. COSTA-NETO & A. S. B. GIL, 2017. Sinopse do gênero *Rhynchospora* (Cyperaceae) nas restingas do estado do Pará, Brasil. *Rodriguésia* 68(2): 653-670. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860201768222>.
- SCHULMAN, L. S., T. TOIVONEN & K. RUOKOLAINEN, 2007. Analysing botanical collecting effort in Amazonia and correcting for it in species range estimation. *Journal of Biogeography* 34(8): 1388-1399. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2007.01716.x>.
- SHUREN, Z., L. SONGYUN, L. SONG-JUN, T. KOYAMA & D. SIMPSON, 2010. *Diplacrum* R. Br., Cyperaceae. In: C. Y. WU, P. H. RAVEN & D. Y. HONG (Ed.): *Flora of China*: 23: 1-515. Flora of China Editorial Committee/Science Press, Beijing/St. Louis.
- SILVA, M. R. P. & S. M. ROSÁRIO, 2008. Licófitas e monilófitas (Pteridophyta) da Floresta Nacional de Caxiuanã, estado do Pará, Brasil: chave para as famílias e as espécies de Aspleniaceae e Blechnaceae. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais* 3(2): 151-163.
- SILVA, A. C. & A. P. N. PRATA, 2013. *Bulbostylis* L. In: A. P. PRATA, M. C. E. AMARAL, M. C. V. FARIAS & M. V. ALVES (Ed.): *Flora de Sergipe*: 134-139. Gráfica e Editora Triunfo, Aracaju, Sergipe.
- SILVA, L. P., 2017. *Estudo taxonômico de Cyperus subg. Pycreus (P.Beauv.) A. Gray (Cyperaceae) para o Brasil*. Dissertação (Mestrado em Biologia de Fungos, Algas e Plantas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- SILVA FILHO, P. J., 2018. *Estudo taxonômico e filogenético de Rhynchospora Vahl (Cyperaceae) Sect. Tenuis*. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- SIMPSON, D. A. & C. A. INGLIS, 2001. Cyperaceae of economic, ethnobotanical and horticultural importance: a checklist. *Kew Bulletin* 56(2): 257-360. DOI: <http://dx.doi.org/10.2307/4110962>.
- SIMPSON, D. A., 2006. Flora da Reserva Ducke, Amazonas, Brasil: Cyperaceae. *Rodriguésia* 57(2): 171-188. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860200657204>.
- SIMPSON, D. A., A. M. MUASYA, M. V. ALVES, J. J. BRUHL, S. DHOOGHE, M. W. CHASE, C. A. FURNESS, K. GHAMKHAR, P. GOETGHEBEUR, T. R. HODKINSON, A. D. MARCHANT, A. A. REZNICEK, R. NIEUWBORG, E. H. ROALSON, E. SMETS, J. R. STARR, W. W. THOMAS, K. L. WILSON & X. ZHANG, 2007. Phylogeny of Cyperaceae based on DNA sequence data – a new rbcL analysis. *Aliso: A Journal of Systematic and Evolutionary Botany* 23(1): 72-83.
- SIMPSON, D. A., C. YESSON, A. CULHAM, C. A. COUCH & A. M. MUASYA, 2011. Climate change and Cyperaceae. In: T. HODKINSON, M. JONES, S. WALDREN & J. PARNELL (Ed.): *Climate change, ecology and systematics*: 439-456. Cambridge University Press, Cambridge.
- STEVENS, P. F., 2001 (onwards). *Angiosperm phylogeny website, version 14, July 2017*. Disponível em: <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>. Acesso em: 15 setembro 2018.
- STRONG, M. T., 2006. Taxonomy and distribution of *Rhynchospora* (Cyperaceae) in the Guianas, South America. *Contributions from the United States National Herbarium* 53: 1-225.
- SVENSON, H. K., 1929. Monographic studies in the genus *Eleocharis*. *Rhodora* 31: 121-135, 152-163, 167-191, 199-219, 224-242.
- SVENSON, H. K., 1932. Monographic studies in the genus *Eleocharis*. *Rhodora* 34: 193-203, 215-227.
- SVENSON, H. K., 1934. Monographic studies in the genus *Eleocharis*. *Rhodora* 36: 377-389.
- SVENSON, H. K., 1937. Monographic studies in the genus *Eleocharis*. *Rhodora* 39: 210-231, 236-273.
- SVENSON, H. K., 1939. Monographic studies in the genus *Eleocharis*. *Rhodora* 41: 1-19, 43-77, 90-110.
- THE ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP (APG IV), 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* 181: 1-20.
- TREVISAN, R., 2005. *O gênero Eleocharis R. Br. (Cyperaceae - Eleocharidae) no Rio Grande do Sul*. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

TREVISAN, R. & I. BOLDRINI, 2008. O gênero *Eleocharis* R. Br. (Cyperaceae) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências** 6(1): 7-67.

TREVISAN, R., 2009. *Eleocharis* (Cyperaceae) na região Sul do Brasil. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

VERSIEUX, L. M, N. DÁVILA, G. C. DELGADO, V. F. DE SOUSA, E. O. DE MOURA, T. FILGUEIRAS, M. V. ALVES, E. CARVALHO, D. PIOTTO, R. C. FORZZA, A. CALVENTE & J. G. JARDIM, 2017. Integrative research identifies 71 new plant species records in the state of Rio Grande do Norte (Brazil) and enhances a small herbarium collection during a funding shortage. **PhytoKeys** 86: 43-74. DOI: <https://doi.org/10.3897/phytokeys.86.13775>.

VITTA, F., 2005. **Revisão taxonômica e estudos morfológicos e biossistemáticos em *Cryptangium* Schrad. ex Nees e *Lagenocarpus* Nees (Cyperaceae: Cryptangieae)**. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

WORLD CHECKLIST OF SELECTED PLANT FAMILIES (WCSPF), 2018. Royal Botanic Gardens, Kew. Disponível em: <http://apps.kew.org/wcsp/home.do>. Acesso em: 20 junho 2018.

**Apêndice.** Lista de exsicatas examinadas.

*Becquerelia cymosa*: Gil, A. et al. 699 (MG), 706 (MG); Lins, A. et al. 735 (MG), 843 (MG), 728a (MG); Maciel-Silva, J.F. et al. 109 (MG), 110 (MG), 146 (MG), 164 (MG), 194 (MG), 170 (MG), 190 (MG); Schneider, L. et al. 67 (MG), 72 (MG), 107 (MG). *Bulbostylis junciformis*: Schneider, L. et al. 62 (MG). *Calyptrocarya bicolor*: Maciel-Silva, J.F. et al. 184 (MG); Oliveira, J. 386 (MG); Schneider, L. et al. 68 (MG), 109 (MG); da Silva, A.S.L. et al. 4428 (MG); Freitas, M.A. et al. 974 (MG). *Calyptrocarya glomerulata*: Gil, A. et al. 681 (MG); Maciel-Silva, J.F. et al. 156 (MG), 183 (MG), 187 (MG), 67 (MG), 68 (MG); Schneider, L. et al. 69 (MG); Freitas, M.A. et al. 1048 (MG). *Cyperus blepharoleptos*: Gil, A. et al. 716 (MG), 725 (MG), 746 (MG); Lins, A. et al. 705 (MG); Schneider, L. et al. 83 (MG). *Cyperus haspan*: Gil, A. et al. 688 (MG), 732 (MG), 739 (MG); da Silva, A.S.L. et al. 3820 (MG); Maciel-Silva, J.F. et al. 98 (MG), 101 (MG), 113 (MG), 118 (MG), 135 (MG), 143 (MG); Almeida, S. et al. 407 (MG). *Cyperus laxus*: Schneider, L. et al. 91 (MG). *Cyperus odoratus*: Gil, A. et al. 728 (MG), 738 (MG); Lins, A. et al. 801 (MG). *Diplacrum guianensis*: Maciel-Silva, J.F. et al. 165 (MG); Gil, A. et al. 686 (MG). *Diplasia karatifolia*: Maciel-Silva J.F. et al. 151 (MG), 168 (MG). *Eleocharis confervoides*: Gil, A. et al. 724a (MG); Lins, A. et al. 775 (MG); Schneider, L. et al. 81 (MG), 88 (MG). *Eleocharis geniculata*: Schneider, L. et al. 80 (MG), 87 (MG). *Eleocharis interstincta*: Lins, A. et al. 731 (MG), 842 (MG); Maciel-Silva, J.F. et al. 117 (MG), 129 (MG), 202 (MG); *Eleocharis mutata*: Maciel-Silva, J.F. et al. 115 (MG). *Eleocharis plicarhachis*: Gil, A. et al. 698 (MG), 723 (MG); Lins, A. et al. 704 (MG), 723 (MG), 819 (MG), 803 (MG), 768 (MG), 804 (MG), 758 (MG), 805 (MG); Maciel-Silva, J.F. et al. 102 (MG), 103 (MG), 111 (MG), 114 (MG), 120 (MG), 137 (MG), 140 (MG), 171 (MG), 189 (MG); Schneider, L. et al. 95 (MG). *Fimbristylis miliacea*: Maciel-Silva, J.F. et al. 136 (MG). *Fuirena umbellata*: Gil, A. et al. 687 (MG), 696 (MG), 730 (MG); da Silva, A.S.L. et al. 3821 (MG, RB); Lins, A. et al. 782b (MG), 740 (MG), 746 (MG), 726 (MG); Maciel-Silva, J.F. et al. 104 (MG), 112 (MG), 119 (MG), 121 (MG), 131 (MG), 133 (MG), 134 (MG), 162 (MG), 163 (MG), 175 (MG), 192 (MG); Schneider, L. et al. 93 (MG). *Hypolytrum longifolium*: Gil, A. et al. 680 (MG), 694 (MG), 704 (MG); Schneider, L. et al. 66 (MG), 79 (MG), 86 (MG); Maciel-Silva, J.F. et al. 65 (MG), 66 (MG), 69 (MG), 70 (MG), 71 (MG), 76 (MG), 77 (MG), 87 (MG), 88 (MG), 89 (MG), 90 (MG); 91 (MG), 92 (MG), 145 (MG), 152 (MG), 186 (MG); *Hypolytrum pulchrum*: Maciel-Silva, J.F. et al. 185 (MG), 144 (MG); *Lagenocarpus guianensis*: Gil, A. et al. 678 (MG); Maciel-Silva, J.F. et al. 79 (MG), 81 (MG), 106 (MG), 107 (MG), 108 (MG), 122 (MG), 123 (MG), 124 (MG), 132 (MG), 139 (MG), 149 (MG), 158 (MG), 161 (MG), 169 (MG); Schneider, L. et al. 94 (MG); Lins, A. et al. 765 (MG), 844 (MG); Lobato, L.C. et al. 626 (MG). *Rhynchospora corymbosa*: Maciel-Silva, J.F. et al. 105 (MG), 138 (MG), 173 (MG), 180 (MG), 191 (MG); Gil, A. et al. 695 (MG), 729 (MG), 740 (MG). *Rhynchospora nervosa*: Maciel-Silva, J.F. et al. 74 (MG) Schneider, L. et al. 63 (MG). *Rhynchospora puber*: Alves, K.N.L. 166 (MG). *Scleria gaertneri*: Maciel-Silva, J.F. et al. 72 (MG), 73 (MG), 80 (MG), 83 (MG); Schneider, L. et al. 64 (MG), 82 (MG); Gil, A. et al. 689 (MG), da Silva, A.S.L. et al. 3154 (MG). *Scleria secans*: Maciel-Silva, J.F. et al. 94 (MG); Schneider, L. et al. 84 (MG), 90 (MG). *Scleria violacea*: Maciel-Silva, J.F. et al. 93 (MG), 201 (MG); Gil, A. et al. 685 (MG); Schneider, L. et al. 92 (MG).





**Leaf structural characters of *Leandra* and *Miconia* (Miconieae: Melastomataceae):  
taxonomic and ecological significance**  
Caracteres estruturais foliares de *Leandra* e *Miconia* (Miconieae: Melastomataceae):  
importância taxonômica e ecológica

Raísa Gonçalves-Silva<sup>I</sup>  | Odair José Garcia de Almeida<sup>II</sup>  | Luiz Antonio de Souza<sup>I</sup> 

<sup>I</sup>Universidade Estadual de Maringá. Maringá, Paraná, Brasil

<sup>II</sup>Universidade Estadual Paulista. São Vicente, São Paulo, Brasil

**Abstract:** Leaves of six species of *Leandra* and *Miconia* were investigated to find structural characters of interest for the classification of species and genera, as well as those that may be related to water stress. Specimens were collected in Guartelá State Park, Brazil, and described morphologically. Anatomical studies were performed on leaf samples embedded in historesin and sectioned through a rotating microtome. Scanning electron microscopy was done on material fixed in glutaraldehyde. *Leandra* leaves are lanceolate-ovate, while *Miconia* leaves have oblong-lanceolate and lanceolate blades. Both genera have a vascular system of the petiole composed of collateral, bicollateral, and anficrials bundles. The leaves are hypostomatic and dorsiventral, varying in the number of strata of the parenchyma. The midrib consists of concentric collateral bundles (U-shaped, V-shaped or circular) or concentric bundles. The morphology of the indument, the structure of the mesophyll, and the vascularization of the midrib are characteristics of interest for the diagnosis of species. They are probably species that avoid drought and consist of plants capable of reducing or compensating for water loss.

**Keywords:** Leaf blade anatomy. Indumentum. Leaf anatomy. Midrib vasculature. Petiole vasculature.

**Resumo:** Folhas de seis espécies de *Leandra* e *Miconia* foram investigadas estruturalmente, com atenção aos caracteres de interesse para separação das espécies e dos gêneros, bem como àqueles que podem estar relacionados ao estresse hídrico. Os espécimes foram coletados no Parque Estadual do Guartelá, Brasil, e descritos morfológicamente. Estudos anatômicos foram realizados em amostras foliares embebidas em historesina e seccionadas em micrótomo rotativo. A microscopia eletrônica de varredura foi feita em material fixado em glutaraldeído. As folhas de *Leandra* têm forma lanceolada-ovada, enquanto as folhas de *Miconia* possuem as lâminas oblongo-lanceoladas e lanceoladas. Ambos os gêneros possuem a vascularização do pecíolo composta de feixes colaterais, bicolaterais e anficrivais. As folhas são hipostomáticas e dorsiventrals, variando no número de estratos dos parênquimas. A nervura central consiste em feixes concêntricos colaterais (em forma de U, em V ou circulares) ou concêntricos. A morfologia do indumento, a estrutura do mesofilo e a vascularização da nervura central são características de interesse para o diagnóstico de espécies. Provavelmente, são espécies que evitam a seca e consistem em plantas capazes de reduzir ou compensar a perda de água.

**Palavras-chave:** Anatomia foliar. Indumento. Anatomia da lâmina. Vascularização da nervura central. Vascularização de pecíolos.

---

GONÇALES-SILVA, R., O. J. G. ALMEIDA & L. A. SOUZA, 2019. Leaf structural characters of *Leandra* and *Miconia* (Miconieae: Melastomataceae): taxonomic and ecological significance. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 14(3): 425-437. Autora para correspondência: Raísa Gonçalves-Silva. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Biologia. Laboratório de Histologia de Plantas. Av. Colombo, 5790, Bloco G80, Sala 110. Maringá, PR, Brasil. CEP 87030-121 (raisagoncales5@gmail.com).

Recebido em 02/02/2019

Aprovado em 28/08/2019

Responsabilidade editorial: Fernando da Silva Carvalho Filho



## INTRODUCTION

Within the Melastomataceae family *Miconieae* Triana is the large tribe, with approximately 2,200 species. This tribe includes genera with numerous species, such as *Leandra* Raddi and *Miconia* Ruiz & Pav. which are well represented in Brazilian savanna landscapes. Savannas have high environmental importance though low protection with under 0.3% in protected areas (Cervi *et al.*, 2007). The *Miconieae* circumscription has recently changed, and Goldenberg *et al.* (2012) emphasize that these rearrangements need the support of morphological studies.

The leaf structure and its indumentum have been used as prominent features in the taxonomy of the Melastomataceae (Metcalf & Chalk, 1957; Wurdack, 1986; Guimaraes *et al.*, 1999; Reis *et al.*, 2005; Oliveira, 2007; Donato *et al.*, 2018). In a comprehensive study of the leaf structure of the Melastomataceae, Reis *et al.* (2005) discussed that these characters are key elements for identification of *Leandra* and *Miconia*. These authors gave a valuable description of both genera, characterizing the leaves of *Leandra* species with ornamented cuticle, epidermis with emergences and non-glandular trichomes, palisade parenchyma little developed, and vascular bundle of arch-like shape (almost closed); the leaves of *Miconia*, on the other hand, differ about its palisade parenchyma, that are more developed, occupying 70% of the mesophyll, and the vascular bundle is an open arch.

The xeromorphic foliar structure may be correlated with either water stress or the absence of certain nutrients in the soil. In dry environments, leaves of some Eudicots may show an increase of cutinization and lignification, dense venation, trichome density, hypodermis, increase the quantity of sclerified cells and extensive development of palisade parenchyma (Dickison, 2000; Appezzato-da-Glória & Carmello-Guerreiro, 2013).

The species of *Leandra* and *Miconia* selected for study include plants that live in dry microhabitats. In this scope, the aims of this work were: (1) to summarize

information about the leaf structural characters important for determination of species and genera; and (2) to identify leaf structural characters that prevent the loss of water to the environment.

## MATERIAL AND METHODS

Three species of each genus (*Leandra* and *Miconia*), were selected for this investigation (Table 1). The species were collected in the Guartelá State Park, located in Tibagi, in the state of Paraná, Brazil (24° 34' South latitude, and 50° 14' West longitude) (IAP, 2002). The vegetation in the sampled areas is composed of woody grassy savanna, arboreous savanna and Araucaria forestry (Carmo, 2006). The vouchers were deposited at the Herbarium of Maringá State University (HUEM) (Table 1). Herbarium acronyms cited in the text follows Thiers (2019), continuously updated.

Leaves from the third to the seventh node were described morphologically, following Rizzini (1977)'s terminology. Leaf samples (petiole, and blade fragments - apical, middle and basal regions) were fixed in FAA<sub>50</sub> and stored in 70% ethanol solution (Johansen, 1940). The material was imbibed in Leica histo-resin (following the manufacturer's instructions), and cross-sectioned (8  $\mu$ m thick) on a rotary microtome according to the standard protocol of Guerrits & Horobin (1991). In addition, some sections were made manually, using a razor blade. The slides were stained in toluidine blue (O'Brien *et al.*, 1964), and enclosed with coverslips and Entellan synthetic resin. Light microscope photographs were taken on Leica ICC50 digital camera, and subsequently processed using the software LAS 50. The presence of phenolic compounds in the leaf blade was evaluated with a solution of 3% ferric chloride (Kraus & Arduin, 1997), tested in the manual and microtomy cross sections.

The clearing technique for the study of venation (Foster, 1950) consisted of clearing in 5% NaOH, dehydration in successive grades of alcohol, and staining in safranin 1%; photographs were taken on Leica Microscope

Table 1. Selected listing of species of *Leandra* Raddi and *Miconia* Ruiz & Pav. by genera (alphabetical order) with geographical location, plant habitat and vegetation type. Legends: HUEM= Maringá State University Herbarium; \* = species identified by Dr. Renato Goldenberg of the Federal University of Paraná.

Species*	Access number	Geographical location	Habit	Vegetation
<i>Leandra aurea</i> (Cham.) Cogn.	HUEM 24939	24° 33' 56.8" S 50° 15' 27.2" W	Undershrub	Woody grassy savanna
<i>L. polystachya</i> (Naudin) Cogn.	HUEM 24944	24° 33' 48.2" S 50° 15' 18.1" W	Undershrub	Woody grassy savanna
<i>L. sericea</i> DC.	HUEM 24949	25° 13' 23.6" S 50° 02' 19.9" W	Undershrub	Close to shrubs and surrounding forest
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana.	HUEM 24943	24° 33' 43.0" S 50° 15' 26.5" W	Undershrub	Rocky outcrop (rupestrian vegetation refuge)
<i>M. hyemalis</i> A. St.-Hill. & Naudin	HUEM 24941	24° 33' 43.1" S 50° 15' 29.0" W	Undershrub	Woody grassy savanna
<i>M. ligustroides</i> (DC.) Naudin.	HUEM 24927	24° 34' 09.1" S 50° 15' 37.9" W	Shrubby	Close to other shrubs and riparian forest

Stereo EZ4D, and the venation pattern followed the Hickey (1979)'s terminology.

The scanning electron microscope (SEM) analysis was performed with glutaraldehyde 5% fixed material. After washing in 0.1 M sodium cacodylate buffer, leaf fragments were dehydrated in graded ethanol series, critical point drying with CO<sub>2</sub>, mounted on aluminum stubs, coated with gold (Horridge & Tamm, 1969), and then analyzed under a Quanta 250 FEI. Blade indumentum were described according to Wurdack (1986)'s atlas of hairs.

## RESULTS

We present morpho-and anatomical data of six species of the Miconieae tribe from the *Leandra* and *Miconia* genera. Selected morphological features such as leaf blade shape and venation are shown in Table 2. The main findings concerning the leaf anatomy of these Miconieae species have potential significance for the taxonomy inter and intra *Leandra* and *Miconia* genera. For example, the micromorphology of the indumentum, and the anatomy pattern of the petiole and the leaf blade are summarized in Table 3.

Table 2. Leaf morphological characters of the six Miconieae species.

Species	Leaf blade shape	Leaf margin	Leaf base	Venation	Areole
<i>Leandra aurea</i>	Lanceolate-ovate	Serrate	Cordate	Acrodromous basal perfect	Closed pentagonal/quadrangular
<i>L. polystachya</i>	Lanceolate-ovate	Crenate	Obtuse	Acrodromous basal perfect	Closed pentagonal/quadrangular
<i>L. sericea</i>	Lanceolate-ovate	Serrate	Cuneate	Acrodromous suprabaasal perfect/imperfect	Closed triangular/quadrangular
<i>Miconia albicans</i>	Oblong-lanceolate	Crenate	Cordate	Acrodromous basal perfect	Closed pentagonal/quadrangular
<i>M. hyemalis</i>	Oblong-lanceolate	Toothed	Obtuse	Acrodromous basal perfect	Closed pentagonal/polygonal
<i>M. ligustroides</i>	Lanceolate	Entire	Cuneate	Acrodromous basal perfect	Closed quadrangular/pentagonal/polygonal



Table 3. Leaf structural characters with taxonomic significance for *Leandra* and *Miconia*.

Characters	<i>L. aurea</i>	<i>L. polystachia</i>	<i>L. sericea</i>	<i>M. albicans</i>	<i>M. hernalis</i>	<i>M. ligustroides</i>
Indumentum (adaxial face)	Hairy	Hairy	Hairy	Glabrescent	Glabrescent	Glabrous
Indumentum (abaxial face)	Hairy	Hairy	Hairy	Hairy	Hairy	Glabrous
Trichome density	Few dense	Few dense	Few dense	Dense	Dense	Glabrous
Trichome type	Conic non-glandular Dendritic	Conic non-glandular Mixed	Conic non-glandular	Vermiform	Vermiform	Absent
Non-glandular trichome types	Conic/Mixed/Dendritic	Conic/Mixed/Dendritic	Conic/Mixed/Dendritic	Vermiform/Biseriate	Vermiform/Biseriate	Glabrous
Petiole						
Epidermis	Uniseriate	Uniseriate	Uniseriate	Uniseriate	Uniseriate	Uniseriate
Cuticle	Thickened	Thin	Thickened	Thickened	Thickened	Thickened
Leaf blade structure						
Epidermis	Uniseriate	Uniseriate	Uniseriate	Uniseriate	Uniseriate	Uniseriate
Cuticle	Relatively thin	Relatively thin	Thin	Thick	Thick	Thick
Palisade parenchyma	2-4 layers	2-3 layers	1-2 layers	2-3 layers	2 layers	3 layers
Number of vascular bundles of the midrib	Two bundles: a central of larger caliber, and 1-2 bundles of smaller dimension	Two bundles: a central of larger caliber, and 1-2 bundles of smaller dimension	Three bundles: wider central bundle and two smaller bundles	Single bundle	Single bundle	Two bundles: a central of larger caliber, and 1-2 bundles of smaller dimension
Venation	Dense	Dense	Few dense	Dense	Dense	Dense
Vein saliency	Well developed	Well developed	Comparatively less salient	Well developed	Well developed	Well developed
Presence of pores	No observed	No observed	No observed	Present	Present	Present

## LEAF MORPHOLOGY

*Leandra* leaves have lanceolate-ovate shape (Figure 1A) while the *Miconia* leaves show slight variation among the species, with blade oblong-lanceolate in *M. albicans* (Figure 1B) and *M. hyemalis*, and lanceolate lamina in *M. ligustroides* (Figure 1C). In both genera the leaf apex is acute (Figures 1A-1C), but the margin is variable (Table 2). The venation type is acrodromous basal perfect in *Leandra* and *Miconia* (Figures 1A, 1B), but *L. sericea* has acrodromous suprabasal perfect/imperfect venation (Figures 1D, 1E). This type of venation consists of at least two primary or strongly developed secondary veins that form convergent arches toward the leaf apex and originate at the leaf basis (Figures 1A, 1B) or above it (Figures 1D, 1E) and the areoles are closed (Figure 1F) exhibiting quadrangular, polygonal and pentagonal shapes.

## LEAF ANATOMY

### Indumentum

The adaxial epidermis is hairy in *Leandra* species, glabrescent in *M. albicans* and *M. hyemalis*, and glabrous in *M. ligustroides* (Table 3). In the abaxial epidermis surface, all species have distinct types of trichomes, except the *M. ligustroides* leaf that is devoid of trichomes (Table 3).

Conic elongated roughened multicellular non-glandular trichomes occur in the three species of *Leandra* (Figures 2A, 2B, and 2D), with a rounded or slender prominent apex. These appendices are longer and more flexible in *L. sericea* leaves. Both glandular and non-glandular trichomes are found on the surface of *Leandra* leaves (Figure 2C); they are short- or long-stalked (*L. sericea*) with pointed thick-walled branches, and thin-walled glandular branches which may be multicellular (*L. aurea* and *L. polystachia*) or multicellular/unicellular (*L. sericea*) with a spatulate apex. Dendritic trichomes (Figures 2A, 3B) were also seen in the three species of *Leandra*, with glandular or non-glandular arms.

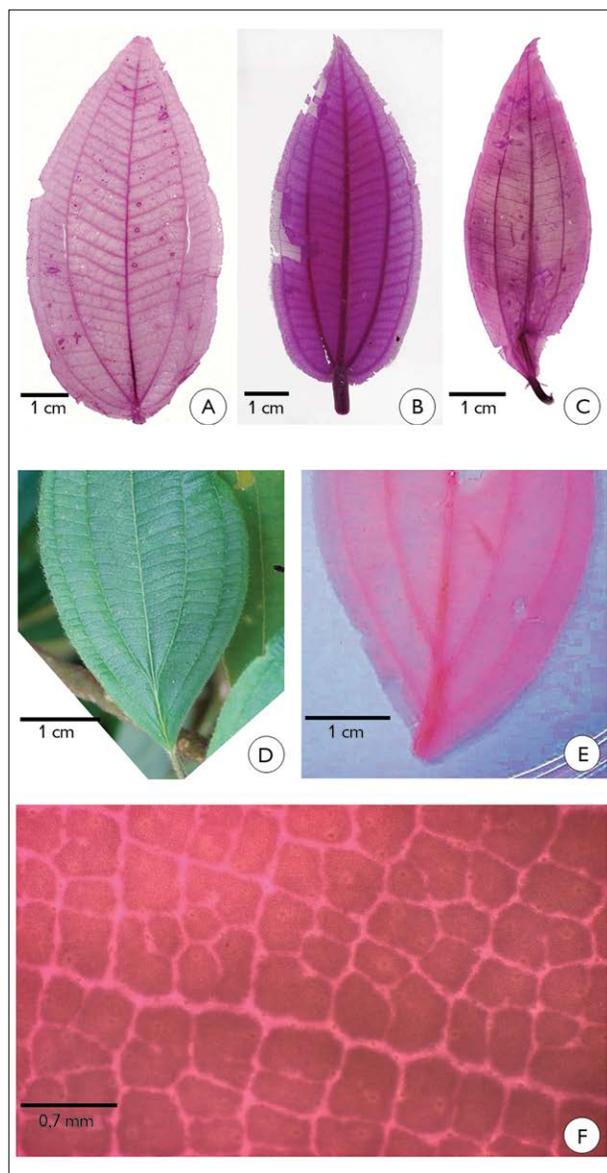


Figure 1. Leaf morphology of *Leandra polystachia* (A), *Miconia albicans* (B), *Miconia ligustroides* (C), *Leandra sericea* (D-E), and *Miconia hyemalis* (F), illustrating blade shape, apex, base and margin of the leaf, and venation/areole pattern. A-C) Leaves lanceolate-ovate, oblong-lanceolate and lanceolate, respectively, with acute apex; D-E) details of venation types, acrodromous suprabasal perfect and acrodromous suprabasal imperfect, respectively; F) quadrangular, polygonal and pentagonal closed areoles.

Vermiform trichomes (Figures 2E, 2F), that consist of four long and flexible tubular filaments, are common in the abaxial epidermis of *M. albicans* and *M. hyemalis*.

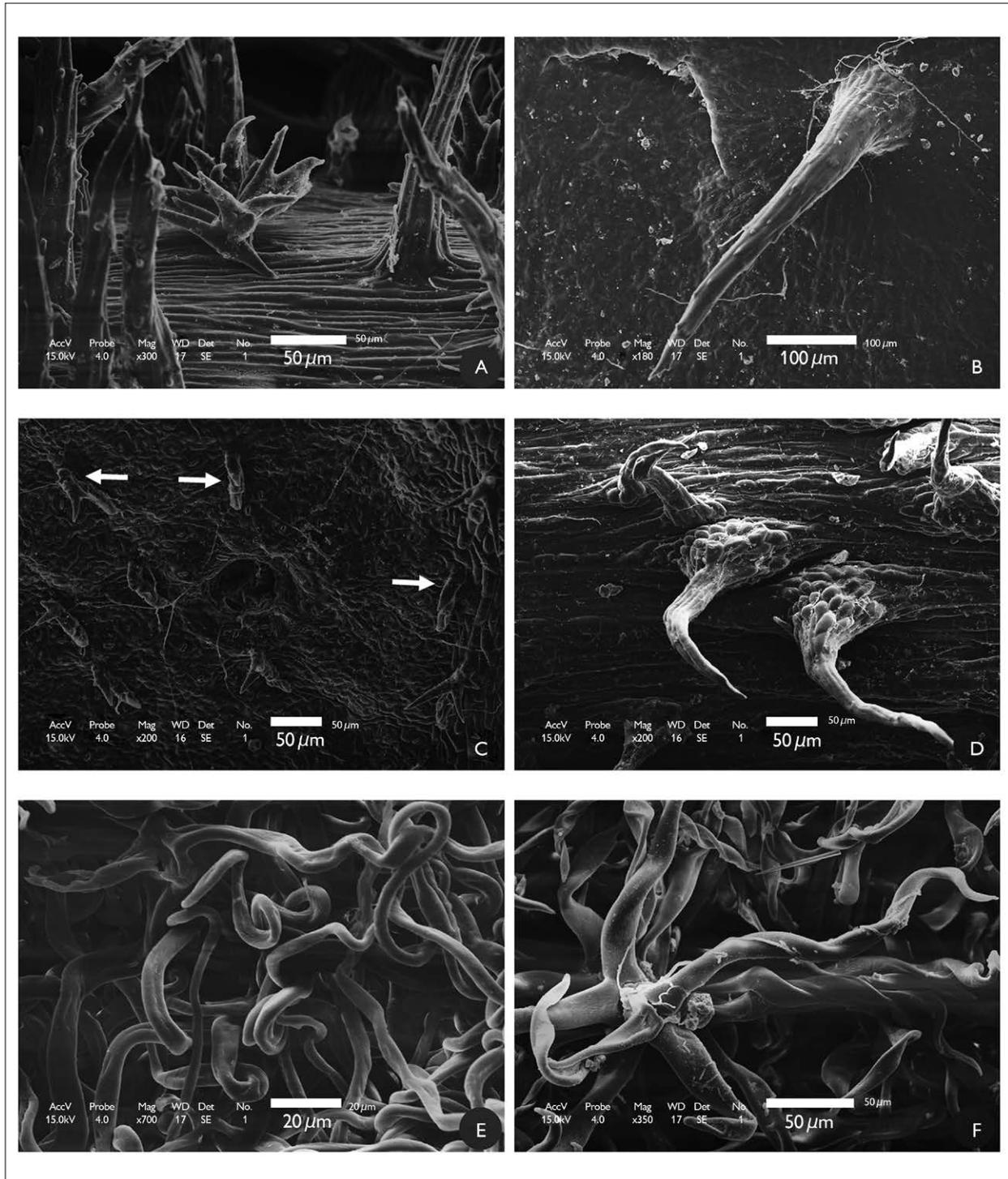


Figure 2. Scanning electron micrographs of the leaf epidermis of *Leandra aurea* (A), *Leandra polystachia* (B-C), *Leandra sericea* (D), *Miconia albicans* (E), and *Miconia hyemalis* (F), showing the different types of trichomes. A, B, D) Dendritic and conic elongated roughened multicellular non-glandular trichomes; C) trichomes of mixed structure (glandular and non-glandular) (arrows); and E-F) vermiform trichomes.

### Petiole structure

The petiole consists of a uniseriate epidermis with a thickened cuticle (Figure 3A) unlike *L. polystachia* that has a thin cuticle (Figure 3B). All studied species exhibit trichomes (Figure 3B) except *M. ligustroides*. In *Miconia albicans* and *M. hyemalis* the petiole is densely pubescent

(Figures 2E, 2F). The cortex, pith and interfascicular region of the petiole are conspicuously collenchymatized, but the parenchyma also occurs surrounding the vascular tissue (Figure 3B-3H). Sclereids and cells with druses are interspersed among the pith cells (see details in the Figures 3D-3F).

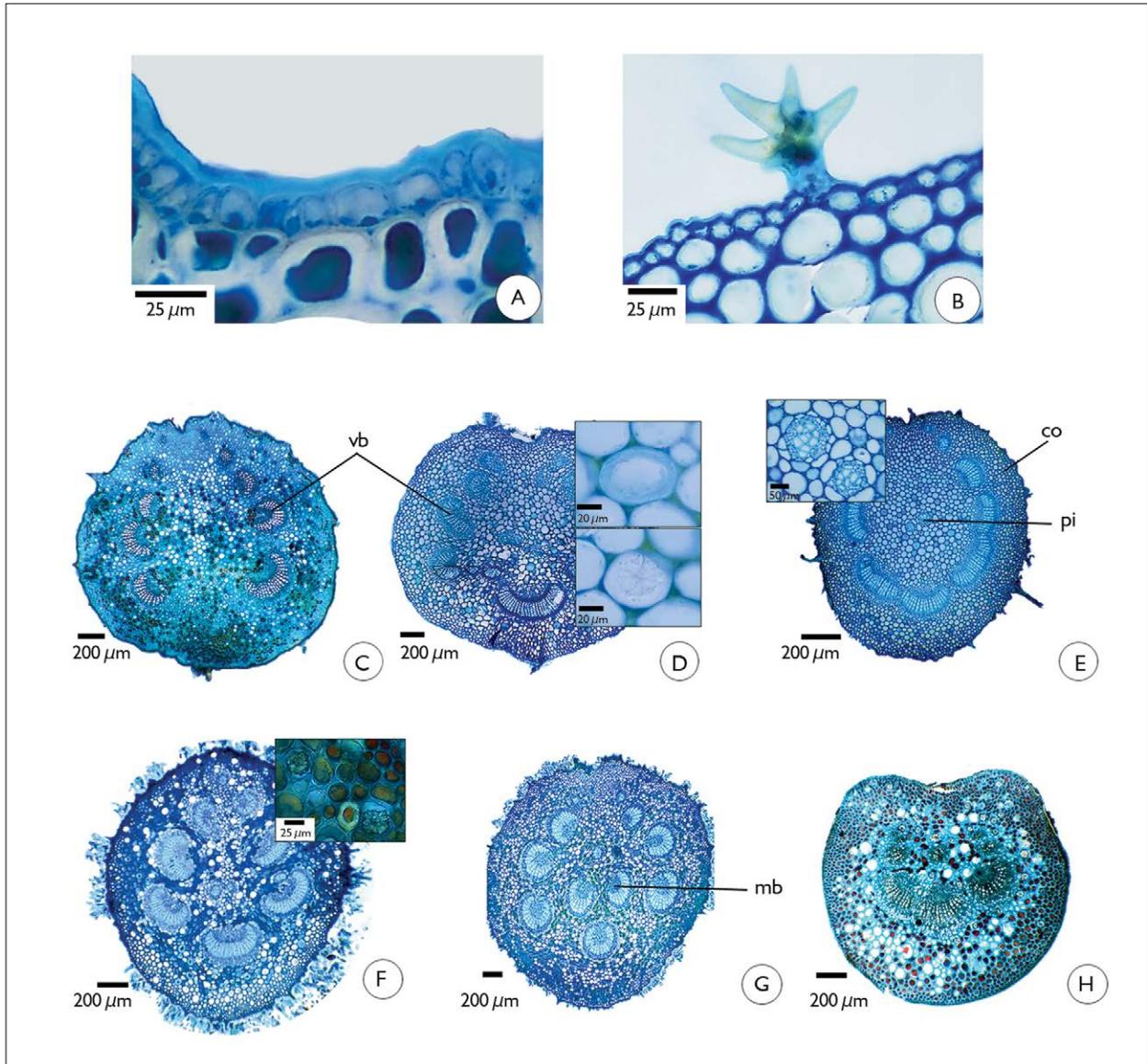


Figure 3. Petiole structure of *Miconia ligustroides* (A, H), *Leandra polystachia* (B, D), *Leandra aurea* (C), *Leandra sericea* (E), *Miconia hyemalis* (F), and *Miconia albicans* (G), in cross-sections. A, B) Shows details of the epidermis with thick and thin cuticles, respectively, and subepidermal collenchyma; C-H) petioles showing different number of vascular bundles; D-F) showing details of the pith with sclereids, druses and medullary bundles. Legends: co = cortex; mb = medullary bundles; pi = pith; vb = vascular bundle.

Both *Leandra* and *Miconia* species have a petiole vasculature composed of amphicribal bundles. The quantity and diameter of the vascular bundles varies among the six species (Figure 3). It is worth mention that one to four bundles were found in the pith tissue in both genera (Figures 3E, 3G).

### Leaf blade structure

The leaf blade is made up of a uniseriate epidermis with a thin cuticle in *Leandra* (Figures 4A, 4B, 4H). In *Miconia* (Figures 4D, 4G) the epidermis has a thick cuticle. The leaves are hypostomatic in both genera. In *M. ligustroides*, the abaxial hypodermis is composed of one or two layers of parenchymatous cells with phenolic content (Figure 4D). The mesophyll is dorsiventral (Figure 4), with a varying number of palisade and spongy parenchyma strata. The palisade parenchyma consists of two to four thick cell-layers (Figures 4A, 4D-4H). However, *L. sericea* has only one single thick cell-layer (Figure 4B). The spongy parenchyma (Figure 4) also vary the number of layers of cells (from two to six), in which *L. polystachia* (Figure 4A) and *M. ligustroides* (Figure 4D) have more layers. Phenolic substances are common in the mesophyll of *Miconia* (Figures 4D-4G). Idioblasts with druses (Figures 4A, 4B, 4C, 4G) were observed in *Leandra* and *Miconia*'s mesophyll. The leaf margin is made up of parenchymatous cells with a rounded outline, except in *L. polystachia* and *M. ligustroides* (Figures 4G-4H) that also have collenchyma. The apical and middle regions of the leaf blade have a similar structural pattern for all species, varying in the palisade cells, that are wider in the *L. sericea* apex, and in the mesophyll of *M. albicans*, that is more homogeneous. Whereas significative structural variations were found in the basis of the blade, there are some differences: *L. aurea* has fewer layers of palisade parenchyma with wider cells; *L. sericea* has wider palisade cells; and *M. ligustroides* is devoid of the palisade and spongy parenchyma, with collenchyma and fundamental parenchyma.

### Phenolic compounds

The search for phenolic compounds was performed in the leaves of the six studied species. The results were positive for the *Miconia* species and negative for *Leandra* ones. *Miconia hyemalis* showed high concentrations of phenolic compounds in the parenchyma, veins, and the extension of the bundle sheath (Figure 4I); *M. ligustroides* had higher concentrations of these compounds in the parenchyma layers close to epidermis (Figure 4J); and in the *M. albicans* leaf blade phenolic compounds occurred in the palisade parenchyma and the veins (Figure 4K).

### Veins

The midrib (Figures 5A-5F) consists of the epidermis, subepidermical collenchyma, parenchyma interspersed with druse idioblasts and fibers, and vascular bundles which may be either collateral (U-shaped, V-shaped or circular) or amphicribal concentric. Significant structural features in the midrib (middle region of the blade) are the quantity and the diameter of the vascular bundles, namely a single bundle (*M. albicans* and *M. hyemalis*) (Figure 5C). *Leandra aurea*, *L. polystachia* and *M. ligustroides* were characterized by two-three bundles. The central bundle was of larger diameter with one-two smaller bundles located in the adaxial face of the midrib (Figure 5A). *Leandra sericea* had three vascular bundles: a wider central bundle and two smaller bundles in the adaxial face of the midrib (Figure 5B). In addition, for all species, the basis of midrib (Figure 5E) consists of several vascular bundles that have about the same structural pattern of the petiole. All species have a single bundle in the apex of the midrib (Figure 5F). Veins of smaller diameter may show the bundle-sheath extension on the adaxial side, as seen in *Miconia ligustroides* (Figure 4E).

### Xeromorphic leaf structure

The analysis of the six Miconieae species, including chiefly woody grassy savanna specimens, exhibits some characters that may be related to water stress. The analyzed characters of *Leandra* and *Miconia* that may be

related to the xeromorphy (Table 3) are the trichome density (Figures 6A, 6B), a hypodermis with one or two layers of cells in *M. ligustroides* leaf (Figure 4C), and the extensive development of palisade parenchyma (2-4 layers) in almost all analyzed species. Among these

characters, it is worth noting that the pores in the adaxial surface (Figures 6C, 6D) may be associated to hygroscopic properties because they are surrounded by thick-walled and non-lignified cells that maintain contact with veins and bundle-sheath extensions (Figure 4E).

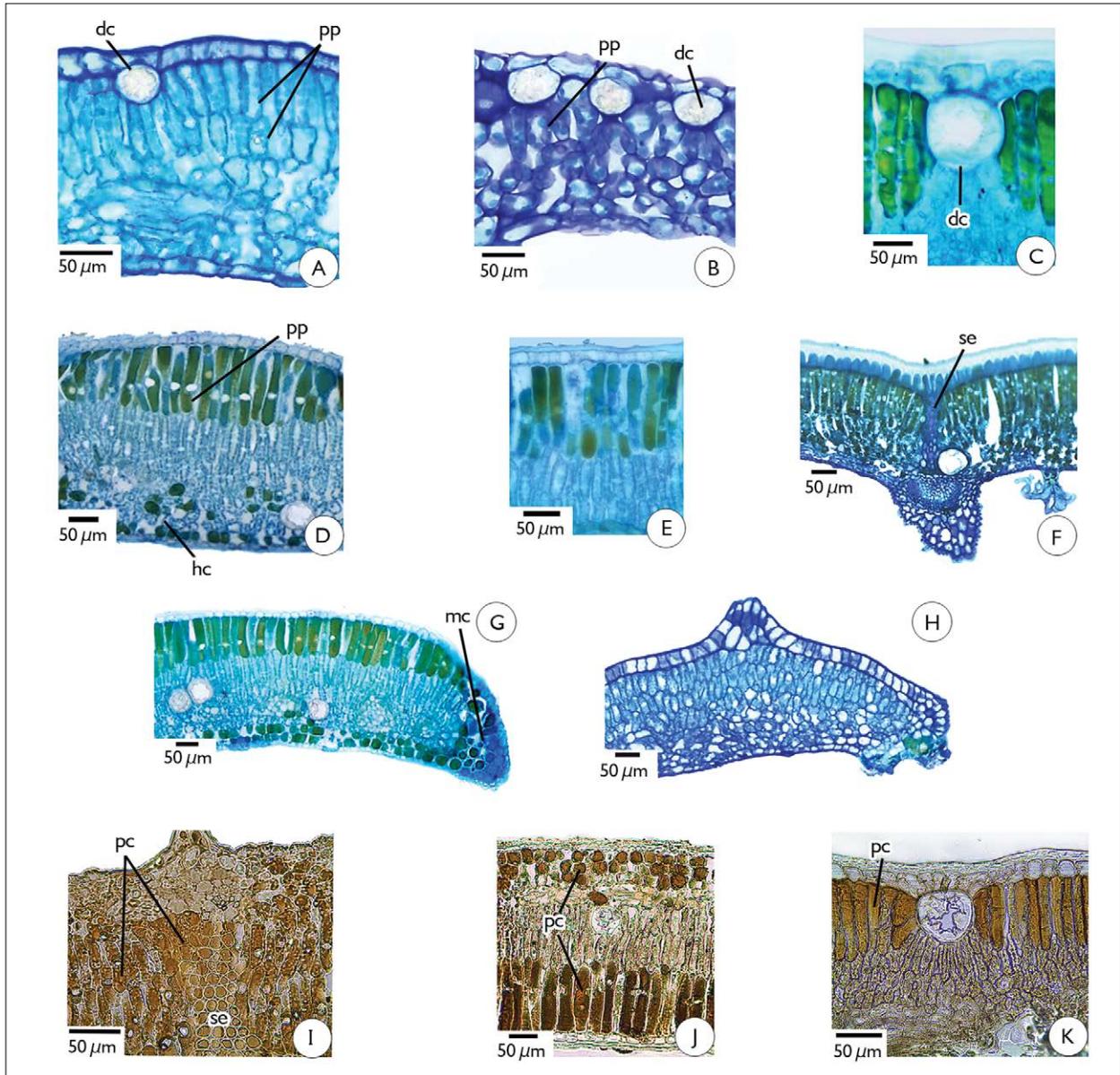


Figure 4. Leaf blade structure of *Leandra polystachia* (A, H), *Leandra sericea* (B), *Miconia albicans* (C), *Miconia ligustroides* (D, G), and *Miconia hyemalis* (E) in cross-sections showing dorsiventral mesophyll, hypodermis, bundle-sheath extension, and leaf margin with collenchymatous cells. Cross sections of leaf blades of *M. hyemalis* (I), *M. ligustroides* (J), and *M. albicans* (K) show the phenolic compounds stained in dark brown. Legends: dc = druse cells; hc = hypodermal cells; mc = leaf margin with collenchyma; pc = phenolic content; se = bundle-sheath extension.

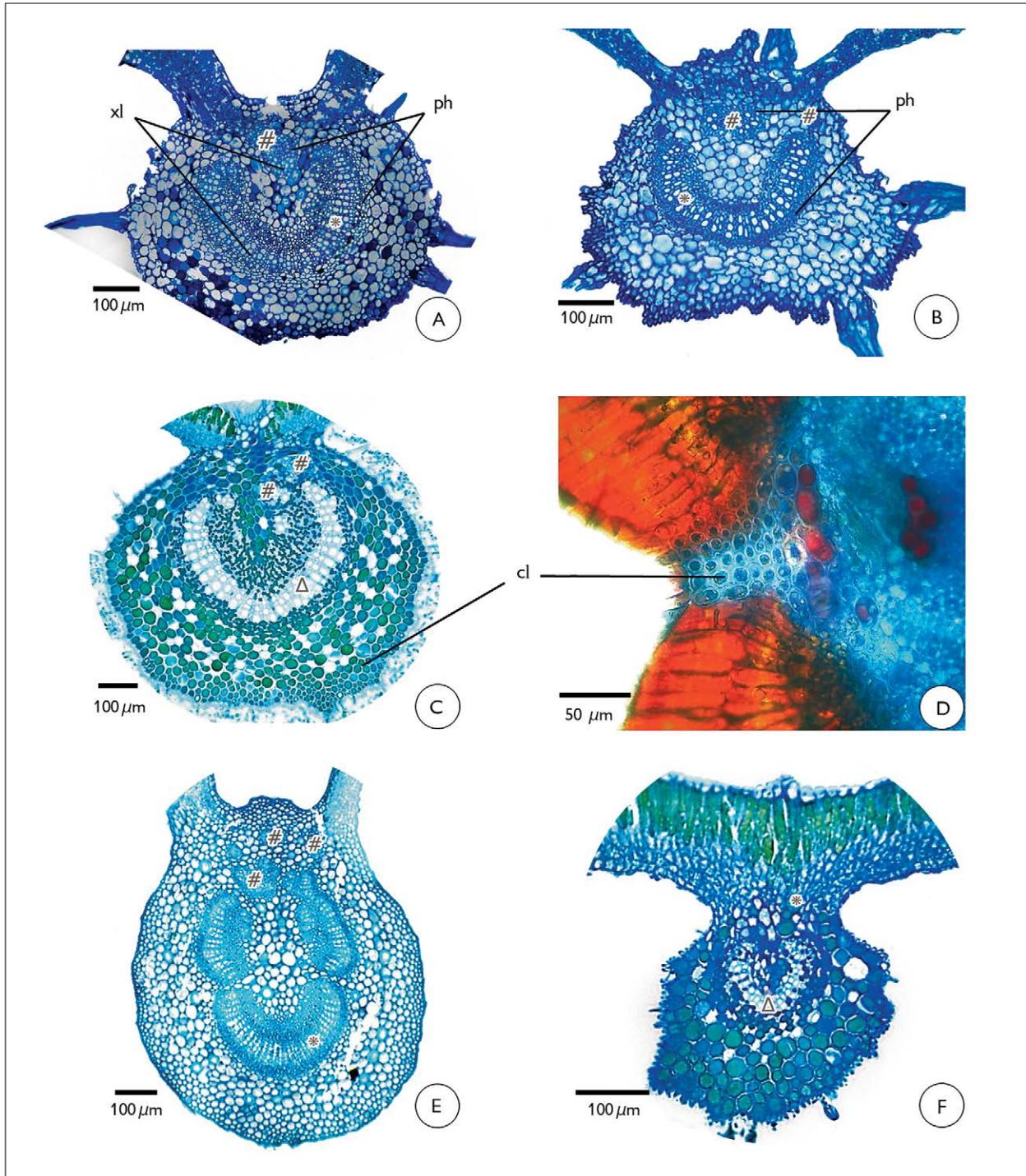


Figure 5. Midrib structure of *Leandra aurea* (A, E), *Leandra sericea* (B), *Miconia albicans* (C, F), and *Miconia hyemalis* (D) in cross-sections. A-C) Middle region of the blade; D) detail of the collenchyma in the adaxial surface of the midrib; E-F) sections made in the base and apex of the midrib, respectively. Legends: cl = collenchyma; ph = phloem; xl = xylem; # = circular vascular bundles; \* = U-shaped vascular bundles; Δ = V-shaped vascular bundles.

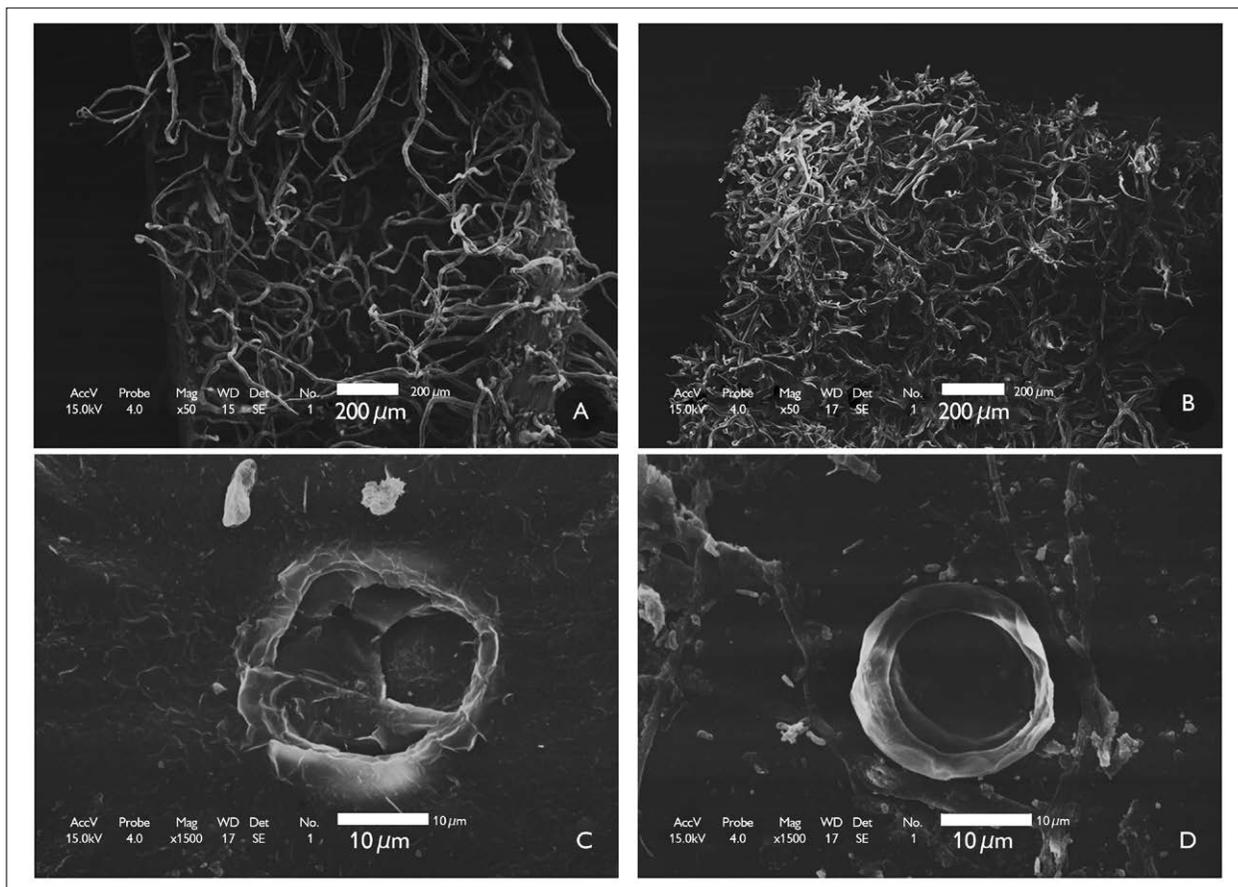


Figure 6. Scanning electron micrographs of the leaf epidermis of *Leandra aurea* (A), *Miconia hyemalis* (B, C), and *Miconia albicans* (D), evidencing trichome density (A, B) and adaxial surface pores (C, D).

## DISCUSSION

Almost all the species of *Leandra* and *Miconia* investigated herein have leaf indumentum. The conic multicellular non-glandular trichome-like structures of *Leandra* were described by Wurdack (1986) as a trichome or hair. However, Uphof (1962) and Evert (2013) gave a valuable distinction between trichomes (hairs) and emergences according to their origins. Trichomes originate exclusively from epidermal cells while emergences arise from both epidermal and subepidermal cells. In the *Leandra* trichomes, mainly in *L. sericea*, the presence of collenchyma was observed in the base of the trichome, suggesting that this tissue arises from cells immediately subjacent to the epidermis. On the other hand, Evert (2013) states that

the distinction between trichomes and emergences is not sharp, because some trichomes are elevated upon a base consisting of subepidermal cells. Therefore, an ontogenetic study is necessary to determine whether the mentioned structures are epidermal in origin or they are originated from both epidermis and cells beneath the epidermis.

Melastomataceae indumentum is of interest for species classification (Wurdack, 1986). Conic elongated roughened multicellular non-glandular trichomes were found in the three *Leandra* species. Vermiform trichomes were only seen in the *Miconia* species. Other trichomes, less frequent in the analyzed species, may be important for species separation within the genera, for instance, the trichome morphology of mixed structure seen in *Leandra* species.

All species herein investigated have petioles consisting of an arc of several vascular bundles. The arrangement of these bundles may be used for species identification in both genera. Metcalfe & Chalk (1957) stated that the petiolar vascular structure would be of considerable diagnostic value if better known. Stem medullary bundles, for instance, which occur in 71 genera of Melastomataceae (Metcalfe & Chalk, 1957), are also recorded in the petioles of *Miconia* and *Leandra*, with a variable number of bundles. Despite the different numbers of medullary bundles found in the genera studied herein, this condition seems to us an unreliable taxonomic character. Further analysis in more species of the family is necessary to determine its classification value.

The leaf structural features are of interest for separating species in the *Leandra* and *Miconia* genera. The characters related to the indumentum morphology, presence or absence of pores in the leaf surface, mesophyll structure and vascular tissue of midrib are of particular interest. Differentiation between the *Leandra* and *Miconia* genera based on certain leaf anatomical features has already been discussed by Reis *et al.* (2005). These authors concluded that the *Leandra* species have emergences, little developed palisade parenchyma, and a midrib with the main vascular bundle of an almost closed-arch shape. Conversely, the *Miconia* are devoid of emergences, the palisade parenchyma is usually well developed, and the vascular bundles are arranged in open-arch shape. Our results confirm that the main anatomical differences between genera are related to the occurrence of emergences in *Leandra*.

In *Leandra* and *Miconia* species herein examined, we found some leaf structural features that may be considered xeromorphic, such as strongly cutinized outer epidermal walls, adaxial surface pores, dense venation, trichome density, extensive development of palisade parenchyma, and depressions in the blade surface. We noted that the *Leandra* and *Miconia* species that live in woody grassy savanna are species with divergent specializations. The *Leandra* species have a smaller number of specialized structures for reduction or compensation of water loss

while the *Miconia* species, except for *M. ligustroides* (that has shade leaves or lives near the riparian forest), have a larger diversity of adaptation strategies for survival in *habitats* where the supply of available water is deficient. *Leandra* and *Miconia* are probably drought-evading species, plants able to reduce or compensate for water loss, according to the Dickson (2000)'s classification, with one specialized structural feature or a set of features.

## CONCLUSION

Leaf indumentum and petiole structure features are important evidence for separation of species of *Leandra* and *Miconia*. These genera include species (except the riparian *M. ligustroides* which have leaves exposed to shade) that exhibit some specialized leaf features that may be able to reduce water loss.

## ACKNOWLEDGMENTS

We would like to thank the two anonymous reviewers for their valuable improvements to the previous version of the manuscript, and to Dr. Christie Klimas (DePaul University) for the critical review of the English language in the last version.

## REFERENCES

- APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. & S. M. CARMELLO-GUERREIRO, 2013. *Anatomia vegetal*: 2. ed.: 1- 438. UFV, Viçosa.
- CARMO, M. R. B., 2006. *Caracterização fitofisionômica do Parque Estadual do Guartelá, município de Tibagi, estado do Paraná*. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, São Paulo.
- CERVI, A. C., L. VON LISINGEN, G. HATSCHBACH & O. S. RIBAS, 2007. A vegetação do Parque Estadual de Vila Velha, município de Ponta Grossa, Paraná, Brasil. *Boletim do Museu Botânico Municipal* 69: 1-52.
- DICKISON, W. C., 2000. *Integrative plant anatomy*: 1-533. Harcourt Academic Press, San Diego.
- DONATO, A. M., F. B. SILVA, E. S. RIOS, J. R. DE ALMEIDA, 2018. An approach on anatomical structure of *Chaetostoma glaziovii* Cogn – Melastomataceae – and its successful establishment at high-altitude fields. *Revista Internacional de Ciências* 8(1): 115-128. DOI: <https://doi.org/10.12957/ric.2018.32969>.



- EVERT, R. F., 2013. **Anatomia das plantas de Esau**: meristemas, células e tecidos do corpo da planta: sua estrutura, função e desenvolvimento: 1-728. Blucher, São Paulo.
- FOSTER, A. S., 1950. Techniques for the study of venation patterns in the leaves of angiosperms. **Proceedings of the International Botanical Congress 7**: 586.
- GOLDENBERG, R., J. F. A. BAUMGRATZ & M. L. D. SOUZA, 2012. Taxonomia de Melastomataceae no Brasil: retrospectiva, perspectivas e chave de identificação para os gêneros. **Rodriguésia** 63(1): 145-161. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S2175-78602012000100011>.
- GUERRITS, P. O. & R. W. HOROBIN, 1991. **The application of glycol methacrylate in histotechnology**: some fundamental principles. University Groningen, Groningen.
- GUIMARÃES, P. J. F., N. T. RANGA & A. B. MARTINS, 1999. Morfologia dos tricomas em *Tibouchina* sect. *Pleroma* (D. Don) Cogn. (Melastomataceae). **Brazilian Archives of Biology and Technology** 42(4): 1-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89131999000400015>.
- HICKEY, L. J., 1979. A revised classification of the architecture of dicotyledonous leaves. In: C. L. METCALFE & R. CHALK (Ed.): **Anatomy of the dicotyledons**: systematic anatomy of leaf and stem, with a brief history of the subject: 25-39. Clarendon Press, Oxford.
- HORRIDGE, G. A. & S. L. TAMM, 1969. Critical point drying for scanning electron microscopy study of ciliary motion. **Science** 163(3869): 817-18. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.163.3869.817>.
- INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ (IAP), 2002. **Plano de manejo do Parque Estadual do Guartelá**. IAP, Curitiba.
- JOHANSEN, D. A., 1940. **Plant microtechnique**: 1-487. McGraw-Hill Book Company, New York/London.
- KRAUS, J. E. & M. ARDUIN, 1997. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**: 1-198. EDUR, Rio de Janeiro.
- METCALFE, C. R. & L. CHALK, 1957. **Anatomy of dicotyledons**: leaves, stem, and wood in relation to taxonomy with notes on economic uses. Clarendon Press, Oxford.
- O'BRIEN, T. P., N. FEDER & M. E. MCCULLY, 1964. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O. **Protoplasma** 59(2): 368-373. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01248568>.
- OLIVEIRA, J. B. S., 2007. **Anatomia foliar como subsídio à taxonomia de *Miconia* Ruiz et. Pav. (Melastomataceae) em Pernambuco**. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- REIS, C., A. C. BIERAS & M. G. SAJO, 2005. Anatomia foliar de Melastomataceae do cerrado do estado de São Paulo. **Brazilian Journal of Botany** 28(3): 451-66. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042005000300004>.
- RIZZINI, C. T., 1977. Sistematização terminológica da folha. **Rodriguésia** 2(42): 103-125.
- THIERS, B. M., 2019. **Index Herbariorum**: a global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium [continuously updated]. Available at: <http://sweetgum.nybg.org/ih/>. Access on: 16 May 2019.
- UPHOF, J. C. T., 1962. Plant hairs. In: K. LINSBAUER (Ed.): **Handbuch der Pflanzenanatomie**: 1-292. Gebrüder Borntraeger, Berlin.
- WURDACK, J. J., 1986. Atlas of hairs of neotropical Melastomataceae. **Smithsonian Contributions to Botany** 63: 1-80. DOI: <https://doi.org/10.5479/si.0081024X.63>.



## Extração e caracterização de amido de espécies de *Dioscorea* cultivadas na Amazônia

### Extraction and characterization of starch from *Dioscorea* species cultivated in the Amazon

Larissa Svetlana Cavalcante Silva<sup>1</sup>  | Salomão Rocha Martim<sup>1</sup>  | Raiane Aila Teixeira de Souza<sup>1</sup>   
Ana Rita Gaia Machado<sup>II</sup>  | Loris Simas Teixeira<sup>1</sup>  | Leilane Bentes de Sousa<sup>1</sup>   
Marne Carvalho de Vasconcellos<sup>1</sup>  | Maria Francisca Simas Teixeira<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidade Federal do Amazonas. Manaus, Amazonas, Brasil

<sup>II</sup>Faculdade Estácio do Amazonas. Manaus, Amazonas, Brasil

**Resumo:** Considerando-se o desenvolvimento de produtos utilizando matéria-prima regional, foram extraídos e caracterizados os amidos de *Dioscorea alata* L. e *D. altissima* Lam. Os parâmetros analisados foram rendimento, composição, morfologia e tamanho dos grânulos, composição físico-química, propriedades tecnológicas, toxicidade *in vitro* e análise microbiológica. Rendimento significativo (8,57%) foi observado em *D. altissima*. Amido disponível (75,02%), total (84,63%) e amilose (19,15%) foram maiores em *D. alata*. Amido resistente (10,10%) e amilopectina (82,09%) foram superiores em *D. altissima*. O pH e a acidez não variaram entre as amostras. A atividade de água foi menor em *D. alata*. Baixos teores de umidade, cinzas, lipídios, proteínas, fibras e alto conteúdo de carboidratos foram determinados. Os amidos não apresentaram citotoxicidade e nem contaminação microbiana. Os grânulos do amido de *D. altissima* são esféricos e significativamente maiores. Nos amidos de *D. alata* e de *D. altissima*, predominam, respectivamente, macro e microminerais. Absorção de água (85,73 g 100g<sup>-1</sup>), óleo (67,13 g 100g<sup>-1</sup>), estabilidade da espuma (100%) e claridade da pasta (2,87%) foram maiores em *D. alata*. A capacidade de inchamento (4,07 g g<sup>-1</sup>) e a densidade aparente (0,87 g mL<sup>-1</sup>) foram superiores em *D. altissima*. Os amidos estudados possuem propriedades tecnológicas com potencial para a indústria de alimentos e para a produção de embalagens.

**Palavras-chave:** Grânulos. Inhame. Propriedades tecnológicas. Tubérculos.

**Abstract:** Considering the development of products using regional raw materials, the starches of *Dioscorea alata* L. and *D. altissima* Lam. were extracted and characterized. The parameters analyzed were: yield, composition, morphology and size of the granules, physicochemical composition, technological properties, *in vitro* toxicity, and microbiological analysis. A significant yield (8.57%) was observed in *D. altissima*. Available starch (75.02%), total (84.63%) and amylose (19.15%) were higher in *D. alata*. Starch resistant (10.10%) and amylopectin (82.09%) were superior in *D. altissima*. pH and acidity did not vary between samples. Water activity was lower in *D. alata*. Low moisture, ash, lipid, protein, fiber, and high carbohydrate contents were observed. The starches did not present cytotoxicity or microbial contamination. The granules of *D. altissima* starch are spherical and significantly larger. In *D. alata* and *D. altissima* starches, macro- and microminerals are predominant, respectively. Water absorption (85.73 g 100 g<sup>-1</sup>), oil (67.13 g 100 g<sup>-1</sup>), foam stability (100%), and pulp clarity (2.87%) were higher in *D. alata*. The swelling capacity (4.07 g g<sup>-1</sup>) and bulk density (0.87 g mL<sup>-1</sup>) were higher in *D. altissima*. The studied starches have technological properties with potential for the food industry, medicines and packaging.

**Keywords:** Granules. Yams. Technological properties. Tubers.

---

SILVA, L. S. C., S. R. MARTIM, R. A. T. SOUZA, A. R. G. MACHADO, L. S. TEIXEIRA, L. B. SOUSA, M. C. VASCONCELLOS & M. F. S. TEIXEIRA, 2019. Extração e caracterização de amido de espécies de *Dioscorea* cultivadas na Amazônia. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 14(3): 439-452.

Autora para correspondência: Larissa Svetlana Cavalcante Silva. Universidade Federal do Amazonas. Avenida General Rodrigo Octavio Jordão Ramos, 1200 – Coroado I. Manaus, AM, Brasil. CEP 69067-005 (larissasvetlanas@gmail.com).

Recebido em 25/01/2019

Aprovado em 10/06/2019

Responsabilidade editorial: Fernando da Silva Carvalho Filho



## INTRODUÇÃO

O amido, polissacarídeo de reserva vegetal, é constituído de cadeias lineares de amilose e ramificadas de amilopectina, estando presente na forma de grânulos semicristalinos em rizomas, raízes e tubérculos (Andrade *et al.*, 2017; Tao *et al.*, 2018). A proporção de amilose/amilopectina varia de acordo com a fonte botânica, padrão de qualidade que está associado à especificidade estrutural e funcional do amido (Reis, J. *et al.*, 2017; Polesi *et al.*, 2016; Zhang *et al.*, 2018).

As características naturais do amido, tais como biodegradabilidade e não toxicidade, favorecem o uso deste polissacarídeo em setores industriais. Na indústria de alimentos, o amido tem diferentes aplicações tecnológicas para melhorar a textura ou como espessante, estabilizante coloidal, geleificante e para retenção de água (Zhang *et al.*, 2018). Amido, proteínas, lipídios, ou suas misturas, também estão sendo usados para produção de filmes comestíveis ou biodegradáveis, uma estratégia para reduzir o impacto ambiental decorrente do uso de embalagens não degradáveis (Nogueira *et al.*, 2018).

As principais matérias-primas fontes de amido no mundo são milho (52%), mandioca (34%), batata (7%), trigo (5%) e outras fontes (2%) (Felipe *et al.*, 2013). Entre 2016 a 2022, o mercado industrial do amido pode vir a apresentar crescimento de US\$ 106,64 bilhões (Markets and Markets, 2019).

Entre outros vegetais, os tubérculos do gênero *Dioscorea*, alimentos de excelente qualidade nutricional, de importância social e econômica, são fontes promissoras de amido (Otegbayo *et al.*, 2014; Oluwamukomi & Akinsola, 2015; Verter & Becvarova, 2014). Na Amazônia, são cultivadas *D. altissima* Lam. 1789, *D. trifida* L. 1782 e *D. alata* L. 1753, com evidência para produção comercial e consumo local, respectivamente, para *D. trifida* e *D. altissima* (Teixeira *et al.*, 2016).

A estrutura e a morfologia do amido são fatores que influenciam em importantes características funcionais e físico-químicas para as indústrias, como temperatura

de gelatinização, retrogradação, solubilidade, poder de inchamento e comportamento reológico de pastas e géis (Valcárcel-Yamani *et al.*, 2013). Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi extrair e caracterizar parcialmente o amido de *D. altissima* e *D. alata* cultivadas na Amazônia para potencial utilização industrial.

## MATERIAL E MÉTODOS

### MATÉRIA-PRIMA

Os tubérculos de *Dioscorea alata* e *D. altissima* analisados neste estudo são provenientes de um cultivo domiciliar localizado no bairro Planalto, na cidade de Manaus, Amazonas (3° 03' 58,0" S, 60° 03' 04,2" W). Após colheita, os tubérculos foram armazenados em caixas plásticas e conduzidos ao laboratório de Micologia Industrial e Médica, da Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Os tubérculos sem danos físicos e ausentes de contaminação microbiana foram lavados em água corrente, submetidos à assepsia em solução de cloro 2% (v/v), pesados, descascados e, posteriormente, utilizados para extração do amido.

### EXTRAÇÃO DO AMIDO

O amido dos tubérculos foi extraído de acordo com o método de Liporacci *et al.* (2005). Após o processo de extração, o amido foi desidratado a 40 °C, em estufa de circulação de ar forçado, por 10 h. Em seguida, a amostra foi embalada em recipiente de vidro com tampa rosqueável até a realização das análises.

### DETERMINAÇÃO DO RENDIMENTO E TEOR DE AMIDO

Para o cálculo do rendimento do amido, foi feita a relação entre o peso inicial dos tubérculos utilizados e o peso do produto final, sendo os resultados expressos em g/100g. (Amoo *et al.*, 2014). O teor de amido total foi determinado pelo método DNS (Ácido 3,5 dinitrosalisílico) (Miller, 1959; Walter *et al.*, 2005).

## DETERMINAÇÃO DO TEOR DE AMILOSE E AMILOPECTINA

O conteúdo de amilose foi determinado por método colorimétrico, utilizando curva padrão de amilose (4 mg mL<sup>-1</sup>). A leitura foi realizada a 590 nm e o teor de amilopectina, determinado por diferença [(100 - amilose (%))] (Martinez & Cuevas, 1989).

## MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

A forma e o tamanho dos grânulos de amido foram determinados por microscopia eletrônica de varredura (Quanta 250 FEI Company®), em diferentes magnitudes. Para essas análises, um volume de 100 µL das amostras diluídas em álcool etílico P.A (1:10, p/p) foi colocado no porta-amostra do MEV. O potencial de aceleração utilizado foi de 15 kVe 20 kV (Leonel & Cereda, 2002).

## DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO AMIDO

### Determinação do pH, acidez e atividade de água

O pH dos amidos foi aferido em medidor de pH digital (PHTEK, PHS-3E). A acidez foi determinada por titulação com solução de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup>, utilizando-se solução alcoólica de fenolftaleína 1% (p/v) (IAL, 2008). A atividade da água foi avaliada por leitura direta em medidor de atividade água (AQUA Lab 4TEV®), a 25 °C.

### Determinação da composição centesimal

A umidade foi determinada por secagem em estufa a 105 °C até obtenção do peso constante (AOAC, 2006). As proteínas foram estimadas de acordo com o método micro Kjeldahl (fator de conversão = 6,25) (AOAC, 2006). A quantificação de lipídios foi verificada por método de Bligh e Dyer. O conteúdo de cinzas foi determinado por incineração do material em forno de mufla, a 550° C (AOAC, 2006). O quantitativo de fibras totais foi obtido por digestão ácido-base, segundo o método de Weende

(AOAC, 2006). Os carboidratos totais foram estimados por diferença das demais frações centesimais e energia total calculada utilizando-se o fator de conversão de Atwater (NEPA, 2006).

### Determinação de macro e microminerais

A determinação dos minerais foi realizada pelos métodos descritos em EMBRAPA (2009). O teor de fósforo foi determinado por espectrofotometria com azul de molibdênio. Cálcio, magnésio, potássio, cobre, ferro, manganês e zinco foram quantificados por espectrofotometria de absorção atômica. Os valores de macronutrientes (Ca, P, Mg, K) foram calculados em g kg<sup>-1</sup>, e os dos micronutrientes (Fe, Cu, Mn e Zn), em mg kg<sup>-1</sup>.

### Análise das propriedades tecnológicas do amido

A capacidade de absorção de água foi determinada pelo método de Beuchat *et al.* (1977). A alteração do peso da amostra foi expressa em absorção de água (%), com base em seu peso original. O método de Sosulski (1962) foi utilizado para a determinação da capacidade de absorção de gordura, e os resultados foram expressos como ganho de massa de óleo, ligado em porcentagem (%). A capacidade de inchamento foi determinada pela razão entre o peso do sedimento e o peso da amostra seca (Leach *et al.*, 1959). A densidade foi determinada pelo método de Narayana & Narasinga-Rao (1982), e a densidade aparente foi calculada em g/mL em relação à amostra. A capacidade e a estabilidade da espuma também foram determinadas de acordo com Narayana & Narasinga-Rao (1982), e os resultados foram expressos em porcentagem. A claridade da pasta foi avaliada segundo a metodologia descrita por Craig *et al.* (1989), com a transmitância (%T) determinada a 650 nm.

### Teste de toxicidade *in vitro* do amido

A citotoxicidade dos amidos foi avaliada de acordo com a metodologia descrita por Ahmed *et al.* (1994), utilizando-se fibroblastos humanos (MRC5).

### Análise da qualidade microbiológica do amido

Nas análises microbiológicas, foi avaliada a presença de coliformes a 45 °C de *Bacillus cereus* Frankland & Frankland 1887 e *Salmonella* sp., de acordo com os padrões microbiológicos para alimentos, estabelecidos pela Resolução de Diretoria Colegiada n. 12, de 2 de janeiro de 2001 (Brasil, 2001; Silva *et al.*, 2010).

### Análise estatística

Os dados dos experimentos realizados em triplicata foram submetidos à análise estatística descritiva (tabelas, gráficos e distribuição de frequência em classes). A análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (5%), utilizando-se o programa Minitab, versão 16.0.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### DETERMINAÇÃO DO RENDIMENTO E TEOR DE AMIDO

A matéria-prima vegetal, o método de extração e a composição do solo são fatores que influenciam diretamente no rendimento do processo extrativo do amido (Nunes *et al.*, 2009). Neste estudo, em média, os valores de rendimento dos amidos extraídos de *D. altissima* e *D. alata* foram 8,57 e 7,76%, respectivamente, dados significativamente diferentes. Liporacci *et al.* (2005) obtiveram resultado similar para *D. alata* (7,12%). Outros dados da literatura mostraram rendimentos de 9,30% e 13,96% para *D. alata* e *Dioscorea* sp. L. 1753, respectivamente (Durango *et al.*, 2009; Reis, R. *et al.*, 2010). As diferenças nos rendimentos dos processos extrativos de *D. alata* e *D. altissima* podem ser explicadas devido às características morfológicas das espécies. Os tubérculos de *D. alata* (Figura 1) possuem formas mais irregulares quando comparados a *D. altissima* (Figura 2), condição física que dificulta a etapa de descascamento, levando à diminuição do rendimento do amido (De Paula *et al.*, 2012).

A utilização de amido proveniente de tubérculos do gênero *Dioscorea* ainda é pouco popularizada, em razão

de a extração ser dificultada pela presença de mucilagem, o que aumenta a viscosidade e atrapalha a etapa de peneiramento (Reis, R. *et al.*, 2010).

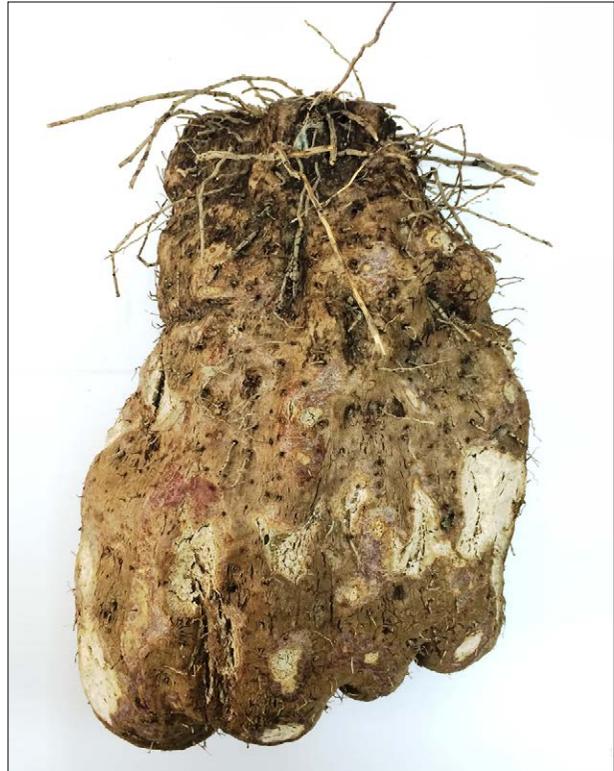


Figura 1. Características morfológicas de tubérculos de *D. alata*. Foto: Larissa Svetlana Cavalcante Silva.



Figura 2. Características morfológicas de tubérculos de *D. altissima*. Foto: Larissa Svetlana Cavalcante Silva.

Os resultados da determinação de amido disponível, resistente e total estão descritos na Tabela 1. No presente estudo, foi verificada diferença significativa entre os teores de amido das amostras avaliadas. Em *D. altissima*, o teor de amido resistente (10,10%) foi superior quando comparado aos valores de *D. alata* (9,60%). Nesse contexto, *D. alata* destacou-se como fonte de amido total (84,63%) e disponível (75,02%).

Moongngarm (2013) verificou valores de 57,40%, 23,25% e 19,46% para os amidos total, resistente e não resistente, respectivamente, em relação a *D. alata*. Aprianita *et al.* (2009) apresentaram valores de amido resistente (68,50%) e não resistente (13,48%) para *D. alata*. Awolu & Olofinlae (2016) encontraram valor 47,39% superior de amido resistente em *D. alata*. As diferenças entre as concentrações dos tipos de amido em espécies de *Dioscorea* estão relacionadas com o formato e o tamanho dos grânulos de amidos, que influenciam na ação da  $\alpha$ -amilase (Freitas & Tavares, 2005).

## DETERMINAÇÃO DO TEOR DE AMILOSE E AMILOPECTINA

As principais moléculas presentes no amido são amilose e amilopectina. A concentração de amilose em amidos nativos varia de 11 a 30%, enquanto a amilopectina está presente em maior quantidade no grânulo. A proporção desses dois polímeros depende diretamente da espécie, das condições de cultivo e da estação do ano em que foi plantado o tubérculo (Hoover *et al.*, 2010). No presente artigo, os teores de amilose e amilopectina variaram significativamente entre os amidos avaliados (Tabela 2). O conteúdo de amilose em *D. alata* (19,15%) foi superior ao encontrado em *D. altissima* (17,91%). Valores semelhantes de amilose (17,67% e 17,61%) foram observados por Jiang *et al.* (2012) em amidos de *D. nipponica* Makino 1891 e *D. bulbifera* L. 1753, respectivamente. Andrade *et al.* (2017) verificaram teores de amilose de 37,46% em amidos de *Dioscorea* sp. Riley *et al.* (2006) relataram que, em amidos de *D. alata*, a concentração de amilose variou

Tabela 1. Teores de amido disponível, resistente e total extraídos de *D. alata* e *D. altissima*. Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes pelo Teste de Tukey ( $p < 0.05$ )( $\pm$ ).

	Amido disponível (%)	Amido resistente (%)	Amido total (%)
<i>D. alata</i>	75,02 $\pm$ 0,97 <sup>a</sup>	9,60 $\pm$ 0,04 <sup>b</sup>	84,63 $\pm$ 0,89 <sup>a</sup>
<i>D. altissima</i>	69,92 $\pm$ 0,58 <sup>b</sup>	10,10 $\pm$ 0,07 <sup>a</sup>	80,02 $\pm$ 0,53 <sup>b</sup>

Tabela 2. Teores de amilose e amilopectina dos amidos de *D. alata* e *D. altissima*. Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes pelo Teste de Tukey ( $p < 0.05$ )( $\pm$ ).

Amido	Amilose (%)	Amilopectina (%)
<i>D. alata</i>	19,15 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	80,84 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>
<i>D. altissima</i>	17,91 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>	82,0 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>

de 20 a 23%. O conhecimento do conteúdo de amilose presente nos grânulos de amido é importante para a indústria de embalagens, já que, na retrogradação, as moléculas de amilose tendem a estabelecer ligações de hidrogênio entre si, diminuindo a afinidade pela água e formando filmes resistentes (Mali *et al.*, 2010; Reis, R. *et al.*, 2010).

Os teores de amilopectina em *D. altissima* e *D. alata* foram 82,09% e 80,84%, respectivamente. Alobi *et al.* (2017) e Otegbayo *et al.* (2011) verificaram concentrações de 84,60% e 71,44% em amidos de *D. villosa* L. 1753 e *D. alata*, respectivamente. Amoo *et al.* (2014) observaram que, em amidos de variedades de *D. rotundata* Poirlet 1813, a concentração de amilopectina variou de 72,52% a 68,45%. Amidos contendo elevado teor de amilopectina são usados na indústria de beneficiamento da celulose para fabricação de papel e de etiquetas adesivas, pois as suas propriedades anticorrosivas mantêm a integridade do rótulo quando exposto a condições úmidas. Os amidos cerosos, constituídos por quantidades elevadas de amilopectina, são amplamente utilizados na indústria de alimentos, pois produzem géis altamente transparentes, mais resistentes às etapas de congelamento-descongelamento quando comparados com géis de amido contendo amilose (Ahmed *et al.*, 2014; Vamadevan & Bertoft, 2015).

## MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

A microscopia eletrônica de varredura mostrou que os amidos observados possuem tamanhos diferenciados e estrutura lisa. Os grânulos de *D. alata* apresentaram formato poliédrico, com tamanho entre 16 a 29  $\mu\text{m}$  (Figura 3), enquanto os de *D. altissima* são esféricos e medem de 24 a 33  $\mu\text{m}$  (Figura 4). Andrade *et al.* (2017) relataram que os grânulos de *Dioscorea* sp. possuem forma elíptica e tamanho variando de 15,51 a 30,47  $\mu\text{m}$ . De Paula *et al.* (2012) verificaram que os grânulos de *D. alata* são ovais, circulares e achatados, com diâmetro de 19 a 27  $\mu\text{m}$ . Pérez *et al.* (2011) relataram que os amidos de *D. trifida* são ovais ou em forma de concha, e apresentam tamanho variando de 42,90 a 50,10  $\mu\text{m}$ . O tamanho e a forma dos grânulos afetam diretamente as propriedades tecnológicas do amido, como gelatinização, inchaço e solubilidade (Ferreira *et al.*, 2012). Grânulos menores que possuem diferentes formas são mais facilmente digeridos pelas amilases, possuindo, assim, melhor digestibilidade (Yuan *et al.*, 2007).

## DETERMINAÇÃO DO PH, ACIDEZ E ATIVIDADE DE ÁGUA

O pH e a acidez são parâmetros físico-químicos importantes para determinar a aplicação industrial do amido, pois influenciam na qualidade sensorial e na aceitação dos produtos alimentícios pelos consumidores (Chisté & Cohen, 2014).

Os valores de pH dos amidos extraídos de *D. alata* e *D. altissima* foram similares (5,5), resultado semelhante aos potenciais hidrogeniônicos dos amidos de *D. rotundata* (5,57) e *Dioscorea* sp. (5,82) (Marcano, E. & Marcano, M., 2011; Amoo *et al.*, 2014). Todavia, na investigação realizada por Alobi *et al.* (2017), em amido de *D. villosa*, foi determinado pH 7,6, resultado diferente do encontrado no presente estudo. A deterioração de produtos que apresentam valores de pH mais ácidos é mais lenta. Portanto, os amidos extraídos de *D. alata* e *D. altissima*

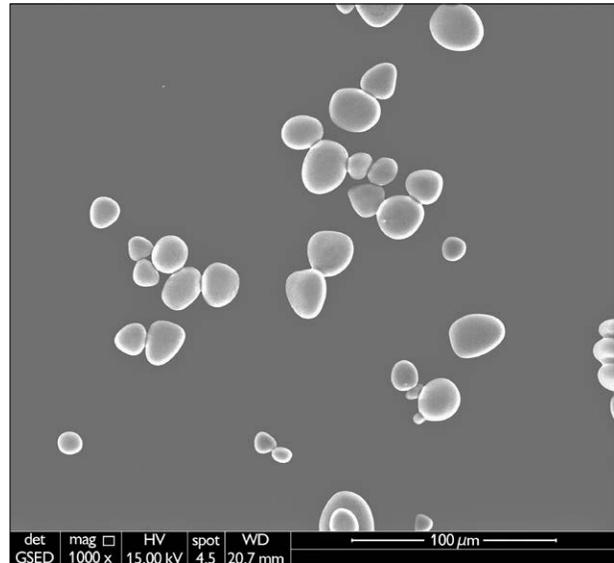


Figura 3. Micrografia eletrônica de grânulos de amido extraído de *D. alata*. Créditos: Larissa Svetlana Cavalcante Silva.

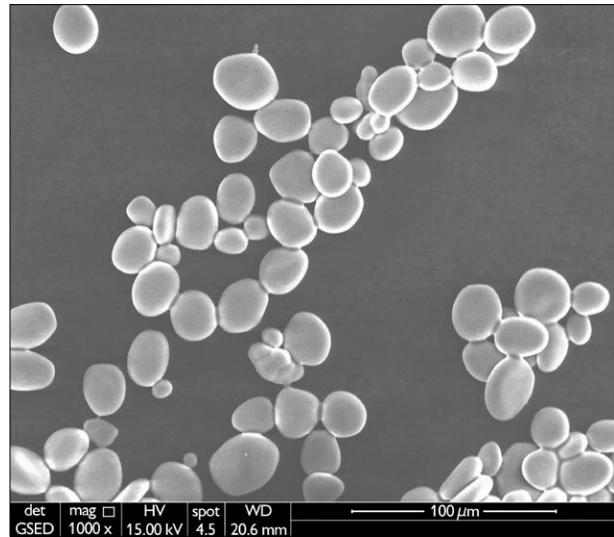


Figura 4. Micrografia eletrônica de grânulos de amido extraído de *D. altissima*. Créditos: Larissa Svetlana Cavalcante Silva.

podem ser considerados mais estáveis em relação aos que possuem pH neutro (Tavares *et al.*, 2011).

Os valores de acidez de *D. alata* e *D. altissima* foram de 0,05 mL de NaOH N/100 g. Daiuto *et al.* (2005) observaram acidez de 0,20 mL de NaOH N/100 para o amido de *D. alata*. Teores inferiores a 3,0 mL de NaOH

mol L<sup>-1</sup> 100 g<sup>-1</sup> caracterizam ausência de fermentação (Aquino *et al.*, 2016).

Em relação à atividade de água, foi verificada diferença significativa entre as amostras: os resultados variaram de 0,11 a 0,09 para *D. altissima* e *D. alata*, respectivamente. A atividade de água interfere diretamente na estabilidade físico-química e microbiológica de alimentos. Na literatura científica, está citado que 0,60 é valor-limite para o crescimento microbiano em produtos alimentícios (Carvalho *et al.*, 2012; Delgado *et al.*, 2016); além disso, na faixa de atividade de água de 0,4-0,8, há o desencadeamento de reações químicas e enzimáticas (Celestino, 2010). Nesse sentido, os amidos de *D. alata* e *D. altissima* possuem valores de atividade de água que dificultam o crescimento microbiano e o desenvolvimento de reações químicas, sendo, portanto, produtos amiláceos estáveis para uso em diversos setores industriais.

#### DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

A Tabela 3 demonstra a composição centesimal do amido de *D. alata* e *D. altissima*. De acordo com os dados obtidos, houve diferença significativa entre as amostras avaliadas. Quando comparada a composição entre os dois amidos, *D. altissima* demonstrou valores superiores de lipídios (0,83%), fibras (0,51%), carboidratos (88,10%) e valor energético (363,10%), respectivamente. *D. alata* destacou-se nos parâmetros: umidade (13,46%), cinzas (0,11%) e proteínas (0,80%). Falade & Ayetigbo (2017) relataram valores de umidade (14,87%), cinzas (0,30%), lipídios (0,28%), proteínas (2,93%) e carboidratos (81,62%) para *D. alata*. Amoo *et al.* (2014) verificaram que a umidade e as cinzas presentes em amido de *D. rotundata* foram, respectivamente, 7,22% e 0,24%. Alobi *et al.* (2017) observaram valores de umidade e cinzas superiores em 78,26% e 53,33%, respectivamente, em relação aos encontrados no presente estudo para *D. alata*.

Em amidos, além do alto teor de carboidratos, também podem ser encontradas diferentes concentrações

Tabela 3. Composição centesimal dos amidos de *D. alata* e *D. altissima*. Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes pelo Teste de Tukey ( $p < 0.05$ )( $\pm$ ).

Parâmetro	<i>D. alata</i>	<i>D. altissima</i>
Umidade (%)	13,46 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	9,67 $\pm$ 0,09 <sup>b</sup>
Cinzas (%)	0,11 $\pm$ 0,02 <sup>a</sup>	0,06 $\pm$ 0,00 <sup>b</sup>
Lipídios (%)	0,57 $\pm$ 0,03 <sup>b</sup>	0,83 $\pm$ 0,04 <sup>a</sup>
Proteínas (%)	0,80 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	0,77 $\pm$ 0,00 <sup>b</sup>
Fibras (%)	0,44 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>	0,51 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>
Carboidratos (%)	84,59 $\pm$ 0,08 <sup>b</sup>	88,10 $\pm$ 0,10 <sup>a</sup>
Valor energético (kcal/100 g)	346,77 $\pm$ 0,06 <sup>b</sup>	363,10 $\pm$ 0,10 <sup>a</sup>

de lipídios, proteínas, fibras e cinzas, dependendo do método de extração e da pureza final (Aguilar & Villalobos, 2013). Os teores de umidade dos amidos de *D. alata* (13,46%) e *D. altissima* (9,67%) estão em concordância com o padrão de 18% recomendado pela RDC n. 263 para farinhas vegetais, féculas e amido (Brasil, 2005). O conteúdo de cinzas de *D. alata* (0,11%) e *D. altissima* (0,06%) também está dentro do limite de 4% para amostras de amido (Leonel *et al.*, 2003). Os baixos teores de lipídios, de proteínas e de fibras e a alta concentração de carboidratos encontrados nas amostras evidenciam a eficácia do método de extração do amido utilizado no presente estudo.

#### DETERMINAÇÃO DE MACRO E MICROMINERAIS

As concentrações de macrominerais foram superiores no amido de *D. alata*, exceto os teores de N. O macromineral K foi encontrado em maior concentração nos dois amidos investigados, com diferença significativa entre *D. altissima* (0,62 g kg<sup>-1</sup>) e *D. alata* (0,90 g kg<sup>-1</sup>). O conteúdo de P também foi expressivo, variando entre *D. altissima* (0,26 g kg<sup>-1</sup>) e *D. alata* (0,51 g kg<sup>-1</sup>). Em relação aos micronutrientes, os teores foram significativamente superiores no amido de *D. altissima*, com prevalência do Na (527,44 g kg<sup>-1</sup>). Não foi observada presença de Cu e Mn nos dois amidos avaliados, enquanto que Fe e Zn não foram detectados no amido de *D. alata* (Tabela 4).

Tabela 4. Composição de macro e micronutrientes dos amidos de *D. alata* e *D. altissima*. Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes pelo Teste de Tukey ( $p < 0.05$ )( $\pm$ ).

Amido	Macronutrientes (g kg <sup>-1</sup> )						Micronutrientes (mg kg <sup>-1</sup> )					
	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	B	Cu	Fe	Mn	Zn
<i>D. alata</i>	0,39 <sup>b</sup>	0,51 <sup>a</sup>	0,90 <sup>a</sup>	0,20 <sup>a</sup>	0,02 <sup>a</sup>	0,06 <sup>a</sup>	395,82 <sup>b</sup>	0,41 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>b</sup>
<i>D. altissima</i>	0,50 <sup>a</sup>	0,26 <sup>b</sup>	0,62 <sup>b</sup>	0,18 <sup>b</sup>	0,01 <sup>b</sup>	0,06 <sup>a</sup>	527,44 <sup>a</sup>	1,74 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	4,21 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	11,47 <sup>a</sup>

Oko & Famurewa (2015) também verificaram que o K foi o macromineral predominante no amido de *D. purpurea* Roxb. 1832 (0,134 g kg<sup>-1</sup>), seguido de P (0,11 g kg<sup>-1</sup>) e de Na determinado na concentração de 18,38 mg kg<sup>-1</sup>. Andrade *et al.* (2017) reportaram valores de P (0,40 g kg<sup>-1</sup>), mas não encontraram a presença de K e Mn em amidos de *Dioscorea* sp. Pérez *et al.* (2011) relataram valores de 0,3 g kg<sup>-1</sup> para amido de *D. trifida*. O fósforo, um mineral predominante em amidos de diferentes fontes botânicas, interfere diretamente nas propriedades tecnológicas, como poder de inchamento, capacidade de absorção de água, claridade da pasta, gelatinização e retrogradação (Otegbayo *et al.*, 2011). As diferenças na concentração de minerais presentes nos amidos estão relacionadas com a variedade genética de cada espécie, método de extração, tempo e condições de armazenamento (Robertson *et al.*, 2018).

#### ANÁLISE DAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DOS AMIDOS

Os resultados da análise das propriedades tecnológicas dos amidos avaliados estão expressos na Tabela 5. No presente estudo, o amido de *D. alata* se destacou nos seguintes parâmetros: absorção de água (85,73 g 100 g<sup>-1</sup>), absorção de óleo (67,13 g 100g<sup>-1</sup>), estabilidade da espuma (100%) e claridade da pasta (2,87%). Por outro lado, capacidade de inchamento (4,07 g g<sup>-1</sup>) e densidade aparente (0,87 g mL<sup>-1</sup>) foram superiores nos amidos de *D. altissima*.

A absorção significativa de água em amido de *D. alata* pode ser explicada devido ao elevado teor de fósforo

presente na amostra, visto que as cargas negativas dos grupos fosfato se repelem, promovendo a entrada de água no grânulo, o que interfere diretamente nas suas propriedades funcionais (Limberguer *et al.*, 2008). Segundo Souza *et al.* (2008), o amido com elevada capacidade de absorção de água pode ser utilizado na fabricação de produtos que necessitam de maciez e maior rendimento, como carnes, pães e massas.

A absorção de óleo nas amostras de *D. alata* está relacionada ao maior teor de proteínas presentes no amido, devido à afinidade entre os sítios peptídicos apolares e as cadeias hidrofóbicas do óleo (Fiorda *et al.*, 2013). Mendonza *et al.* (2017) citam que o amido de *D. alata* apresentou 74,82% e *D. bulbifera* obteve 81% de absorção de óleo, valores superiores aos encontrados neste estudo. Esta propriedade é importante para a indústria alimentícia, visto que a gordura melhora o sabor e a textura dos alimentos. Amidos com elevada capacidade de absorção de gorduras são indicados para formulações de produtos à base de carne, panqueca, alimentos cozidos e sopas (Nina *et al.*, 2017).

A capacidade de inchamento (4,07 g 100 g<sup>-1</sup>) e a densidade aparente (0,87 g mL<sup>-1</sup>) foram superiores no amido de *D. altissima*. Estes resultados podem ser explicados devido ao maior teor de amilopectina, o que favorece entrada de água e maior inchamento do grânulo (Hernández-Medina *et al.*, 2008). Além disso, a elevada massa molecular da amilopectina forma grânulos mais pesados e compactos, que ocupam menos volume e resultam em maior densidade aparente (Tonon *et al.*, 2013). Segundo Nunes *et al.* (2009), os amidos mais densos decantam em menor tempo nos aparelhos extratores,

Tabela 5. Propriedades tecnológicas dos amidos de *D. alata* e *D. altissima*. Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes pelo Teste de Tukey ( $p < 0.05$ )/(±).

Propriedades tecnológicas	Amido	
	<i>Dioscorea alata</i>	<i>Dioscorea altissima</i>
Absorção de água (g 100 g <sup>-1</sup> )	85,73 ± 0,25 <sup>a</sup>	73,86 ± 0,15 <sup>b</sup>
Absorção de óleo (g 100 g <sup>-1</sup> )	67,13 ± 0,32 <sup>a</sup>	62,23 ± 0,30 <sup>b</sup>
Capacidade de inchaço (g g <sup>-1</sup> )	3,46 ± 0,04 <sup>b</sup>	4,07 ± 0,11 <sup>a</sup>
Densidade aparente (g mL <sup>-1</sup> )	0,80 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,87 ± 0,02 <sup>a</sup>
Capacidade da espuma (%)	2,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	2,00 ± 0,00 <sup>a</sup>
Estabilidade da espuma (%)	100 ± 0,00 <sup>a</sup>	96 ± 0,00 <sup>b</sup>
Clareza da pasta (%)	2,87 ± 0,10 <sup>a</sup>	2,14 ± 0,11 <sup>b</sup>

parâmetro tecnológico que influencia positivamente nos custos de produção.

Neste estudo, não foi verificada diferença na capacidade de formação de espumas entre os amidos de *D. alata* e *D. altissima*. Entretanto, a estabilidade da espuma do amido de *D. alata* foi 4% superior em relação à de *D. altissima*. A capacidade de formação e de manutenção da espuma é altamente dependente da concentração de proteínas. Nesse sentido, os baixos valores destes parâmetros provavelmente se devem aos quantitativos reduzidos de proteínas encontrados nos amidos de *D. alata* e *D. altissima*.

A produção de espuma envolve a geração de um filme de proteína em torno de uma bolha de gás e o empacotamento de bolhas de gás em uma estrutura geral (Farrag *et al.*, 2008). As matérias-primas alimentícias ricas em proteínas flexíveis, capazes de se adaptar a interface ar-líquido e formar ligações hidrofóbicas na superfície, são indicadas para aplicação no setor alimentício (Santana *et al.*, 2017; Wang *et al.*, 2000).

A estabilidade de espuma se relaciona com a capacidade das proteínas em se estabilizarem contra forças gravitacionais e mecânicas (Chandra *et al.*, 2015). A capacidade de formação e de manutenção de espumas estáveis depende do tipo e da concentração de proteínas, do grau de desnaturação proteica, do pH, da temperatura e da concentração de sal (Akubor, 2017). Matérias-primas

alimentícias com elevada capacidade de formação de espumas estáveis e consistentes são usadas para melhorar a textura, a consistência e a aparência dos alimentos, sendo indicadas para elaboração de bolos, sobremesas, sorvetes e pães (Nina *et al.*, 2017).

Com relação à clareza das pastas, foram determinadas as transmitâncias de 2,87% e 2,14% para *D. alata* e *D. altissima*, respectivamente. Mendonza *et al.* (2017) determinaram transmitância de 0,46% e 0,61% para amidos de *D. alata*, resultados que indicam maior opacidade, quando comparados com os amidos do presente estudo. Entretanto, Techeira *et al.* (2014) obtiveram valores de 10 e 11% de transmitância para outras variedades de *Dioscorea*. Os setores de panificação, de bebidas concentradas e de carnes processadas podem utilizar amidos que possuam esta característica, pois não precisam de pastas claras para formulação do produto (Hernández-Medina *et al.*, 2008).

#### TESTE DE TOXICIDADE *IN VITRO* DO AMIDO

Os amidos de *D. alata* e *D. altissima* não expressaram toxicidade quando testados contra fibroblastos MRC-5 (Figura 5). Estatisticamente, não houve diferença significativa na viabilidade celular entre *D. altissima* (97,7%) e *D. alata* (97,9%). Estes resultados indicam que os amidos avaliados não apresentam toxicidade e podem ser utilizados com segurança em diferentes setores industriais.

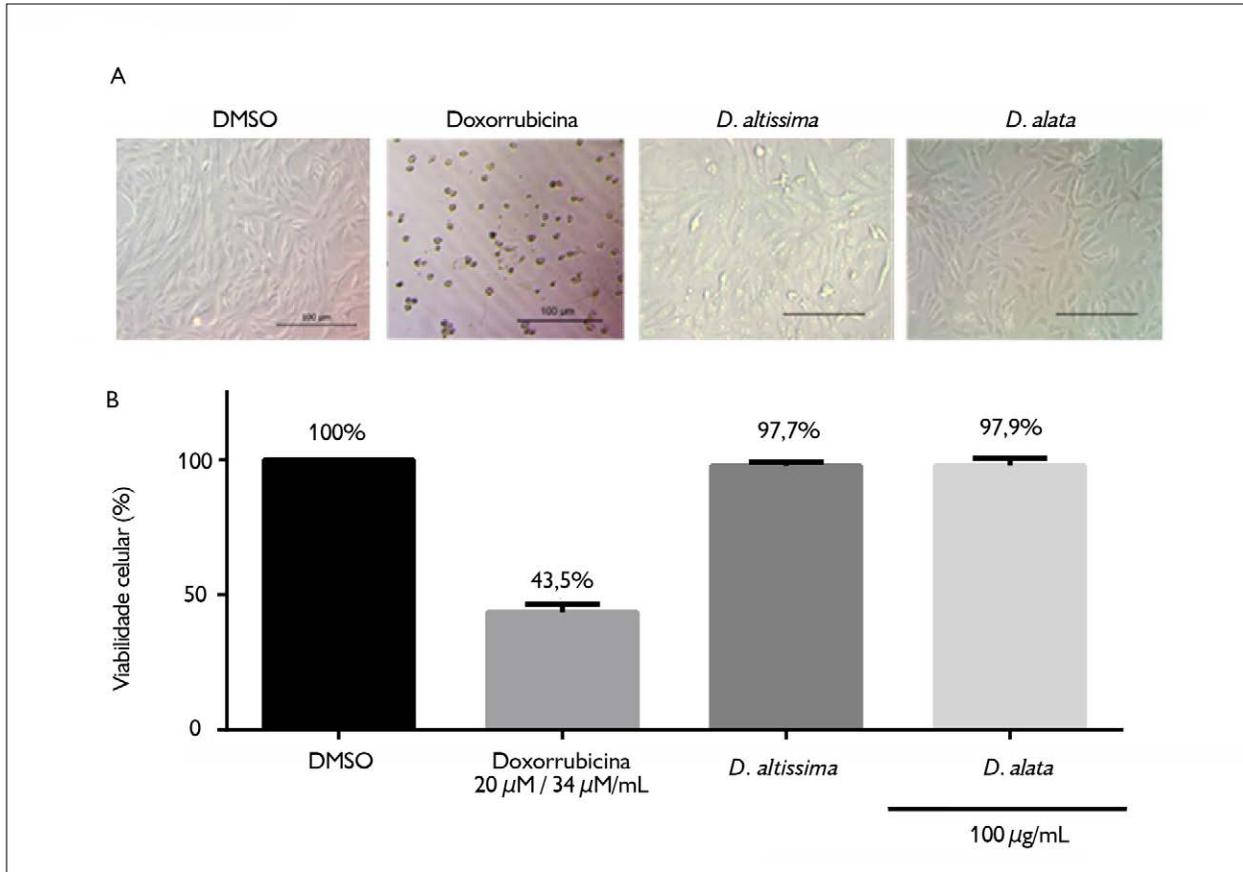


Figura 5. Resultado do ensaio de citotoxicidade dos extratos em fibroblastos humanos (MRC-5) após 72 horas de tratamento: A) MRC-5 após tratamento com DMSO, doxorubicina, extrato de amido de *D. altissima* e *D. alata*; B) DMSO (controle negativo, 0,01%), doxorubicina (controle positivo, 20  $\mu$ M ou 34  $\mu$ g/mL), viabilidade celular do extrato de amido de *D. altissima* e *D. alata*. Créditos: Leilane Bentes de Sousa e Marne Carvalho de Vasconcelos.

## ANÁLISE DA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DO AMIDO

Na análise microbiológica dos amidos, não foi verificada presença de coliformes a 45 °C de *Bacillus cereus* e *Salmonella* sp. A RDC n. 12, de 2 de janeiro de 2001, preconiza as seguintes contagens microbianas para amido: *B. cereus* ( $3 \times 10^3$  UFC/g), coliformes a 45 °C ( $1 \times 10^2$  UFC/g) e *Salmonella* sp. (ausência em 25 g). Os resultados obtidos no presente estudo indicam que os amidos de *D. alata* e *D. altissima* foram elaborados de acordo com as boas práticas de fabricação de alimentos e atendem aos padrões microbiológicos estabelecidos pela legislação vigente.

## CONCLUSÕES

O amido de *D. alata* e *D. altissima*, espécies cultivadas no bioma amazônico, não é tóxico, tem rendimento promissor, propriedades funcionais e tecnológicas adequadas para uso na indústria de embalagens e como matéria-prima na indústria de alimentos, na elaboração de sopas, massas, pães e produtos à base de carnes.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Laboratório de Micologia Industrial e Médica da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), ao Programa de Pós-Graduação Rede de Biodiversidade

e Biotecnologia da Amazônia Legal (BIONORTE) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), pelo apoio técnico, científico e financeiro.

## REFERÊNCIAS

AGUILAR, P. V. & D. H. VILLALOBOS, 2013. Harinas y almidones de yuca, ñame, camote y ñampí: propiedades funcionales y posibles aplicaciones en la industria alimentaria. **Tecnología en Marcha** 26(1): 37-45.

AHMED, S. A., R. M. GOGAL & J. E. WALSH, 1994. A new rapid and simple non-radioactive assay to monitor and determine the proliferation of lymphocytes: an alternative to [<sup>3</sup>H] thymidine incorporation assay. **Journal of Immunological Methods** 170(2): 211-224. DOI: [https://doi.org/10.1016/0022-1759\(94\)90396-4](https://doi.org/10.1016/0022-1759(94)90396-4).

AHMED, R., L. ZHONGYI, M. K. MORELL & S. A. JOBLING, 2014. Genetically modified starch: state of art and perspectives. In: P. J. HALLEY & L. AVÉROUS (Ed.): **Starch polymers from genetic engineering to green applications**: 13-29. Elsevier, Oxford. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53730-0.00019-1>.

AKUBOR, P. I., 2017. Effect of processing methods on the chemical composition and functional properties of pigeon pea seed. **Asian Journal of Advances in Agricultural Research** 2(2): 1-8. DOI: <https://doi.org/10.9734/AJAAR/2017/35640>.

ALABI, N. O., E. A. SUNDAY, O. MAGU, O. OLOKO & E. NYONG, 2017. Analysis of starch from non-edible root and tubers as sources of raw materials for the synthesis of biodegradable starch plastics. **Journal of Basic and Applied Research** 3(1): 27-32.

AMOO, A. R. N., W.-M. F. DUFIE & O. IBOK, 2014. Physicochemical and pasting properties of starch extracted from four yam varieties. **Journal of Food and Nutrition Sciences** 2(6): 262-269. DOI: <http://dx.doi.org/10.11648/j.jfns.20140206.14>.

ANDRADE, L. A., N. A. BARBOSA & J. PEREIRA, 2017. Extraction and properties of starches from the non-traditional vegetables yam and taro. **Polímeros** 27(2): 151-157. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0104-1428.04216>.

APRIANITA, A., U. PURWANDARI, B. WATSON & T. VASILJEVIC, 2009. Physico-chemical properties of flours and starches from selected commercial tubers available in Australia. **International Food Research Journal** 16: 507-520.

AQUINO, A. C. M. S., V. M. GERVIN & E. R. AMANTE, 2016. Avaliação do processo produtivo de polvilho azedo em indústrias de Santa Catarina. **Brazilian Journal of Food Technology** 19: e2015055. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.5515>.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC), 2006. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**: 1-1141. AOAC, Arlington.

AWOLU, O. O. & S. J. OLOFINLAE, 2016. Physico-chemical, functional and pasting properties of native and chemically modified water yam (*Dioscorea alata*) starch and production of water yam starch-based yoghurt. **Starch** 68(7-8): 719-726. DOI: <https://doi.org/10.1002/star.201500302>.

BEUCHAT, L. R., 1977. Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour protein. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 25(2): 258-261. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf60210a044>.

BRASIL, 2001. Resolução de Diretoria Colegiada n. 12, de 2 de janeiro de 2001. Estabelece padrões microbiológicos de alimentos. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Diário Oficial da União**, 10 de janeiro de 2001. Disponível em: [http://bvms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2001/res0012\\_02\\_01\\_2001.html](http://bvms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2001/res0012_02_01_2001.html). Acesso em: 28 dezembro 2018.

BRASIL, 2005. Resolução de Diretoria Colegiada n. 263, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Diário Oficial da União**, 23 de setembro de 2005. Disponível em: [http://bvms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0263\\_22\\_09\\_2005.html](http://bvms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0263_22_09_2005.html). Acesso em: 28 dezembro 2018.

CARVALHO, A. V., P. Z. BASSINELLO, R. A. MATTIETO, R. N. CARVALHO, A. O. RIOS & L. L. SECCADIO, 2012. Processamento e caracterização de *snack* extrudado a partir de farinhas de quirera de arroz e de bandinha de feijão. **Brazilian Journal of Food Technology** 15(1): 72-83. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1981-67232012000100008>.

CELESTINO, S. M. C., 2010. **Princípios de secagem dos alimentos**: 1-51. EMBRAPA Cerrados, Planaltina.

CHANDRA, S., S. SINGH & D. KUMARI, 2015. Evaluation of functional properties of composite flours and sensorial attributes of composite flour biscuits. **Journal of Food Science and Technology** 52(6): 3681-3688. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1427-2>.

CHISTÉ, R. C. & K. O. COHEN, 2014. Comportamento da acidez total e amido na produção da farinha de mandioca do grupo seca. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial** 1(2): 17-25. DOI: <https://doi.org/10.3895/S1981-36862007000200003>.

CRAIG, S. A. S., S. A. S. RAIG, C. C. MANINGAT, P. A. SEIB & R. C. HOSENEY, 1989. Starch paste clarity. **Cereal Chemistry** 66(3): 173-182.

DAIUTO, E., M. CEREDA, S. SARMENTO & O. VILPOUX, 2005. Effects of extraction methods on yam (*Dioscorea alata*) starch characteristics. **Starch** 57(3-4): 153-160. DOI: <https://doi.org/10.1002/star.200400324>.

DE PAULA, C., M. PIROZI, M. PUIATTI, J. T. BORGES & A. M. DURANGO, 2012. Características físico-químicas e morfológicas de rizóforos de inhame (*Dioscorea alata*). **Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial** 10(2): 61-70.



- DELGADO, T., E. RAMALHOSA, J. A. PEREIRA & S. CASAL, 2016. Avaliação das propriedades nutricionais e sensoriais de *snacks* de castanha (*Castanea sativa* Mill.). **Riscos e Alimentos** (11): 32-61.
- DURANGO, A. M., N. F. F. SOARES & N. J. ANDRADE, 2009. Extração e caracterização do amido de inhame e desenvolvimento de filmes comestíveis antimicrobianos. **Revista Temas Agrários** 14(2): 1-18. DOI: <https://doi.org/10.21897/rta.v14i2.672>.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA), 2009. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**: 1-627. EMBRAPA, Brasília.
- FALADE, K. O. & O. E. AYETIGBO, 2017. Effects of tempering (annealing), acid hydrolysis, low-citric acid substitution on chemical and physicochemical properties of starches of four yam (*Dioscorea* spp.) cultivars. **Journal of Food Science and Technology** 54(6): 1455-1466. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2568-x>.
- FARRAG, A. F., 2008. Emulsifying and foaming properties of whey protein concentrates in the presence of some carbohydrates. **International Journal of Dairy Science** 3(1): 20-28. DOI: <https://doi.org/10.3923/ijds.2008.20.28>.
- FELIPE, F. I., L. R. A. ALVES & R. M. VIEIRA, 2013. Fécula de mandioca: produção na Tailândia versus Brasil. **Agroanalysis** 33(3): 28.
- FERREIRA, R. E., A. B. SOUZA, J. R. U. SANTOS, F. P. COLLARES-QUEIROZ & C. J. STEEL, 2012. Chemical and morphological evaluation of starches from legumes and application of the extraction residues in expanded extruded snacks. **Alimentação e Nutrição Araraquara** 23(2): 171-178.
- FIORDA, F. A., M. S. S. JÚNIOR, F. A. SILVA, L. R. F. SOUTO & M. V. E. GROSSMANN, 2013. Farinha de bagaço de mandioca: aproveitamento de subproduto e comparação com fécula de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 43(4): 408-416. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-40632013000400005>.
- FREITAS, M. C. J. & D. Q. TAVARES, 2005. Caracterização do grânulo de amido de bananas (*Musa* AAA-nanicão e *Musa* AAB-terra). **Food Science and Technology** 25(2): 217-222. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612005000200005>.
- HERNÁNDEZ-MEDINA, M., J. G. TORRUCO-UCO, L. CHEL-GUERRERO & D. BETANCUR-ANCONA, 2008. Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. **Food Science and Technology** 28(3): 718-726. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612008000300031>.
- HOOVER, R., T. HUGHES, H. J. CHUNG & Q. LIU, 2010. Composition, molecular structure, properties, and modification of pulse starches: a review. **Food Research International** 43(2): 399-413. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.001>.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL), 2008. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**: 1-1020. Instituto Adolfo Lutz, São Paulo.
- JIANG, Q., W. GAO, X. LI, Y. XIA, H. WANG, S. WU, L. HUANG, C. X. LIU & P. XIAO, 2012. Characterizations of starches isolated from five different *Dioscorea* L. species. **Food Hydrocolloids** 29(1): 35-41. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.01.011>.
- LEACH, H. W., L. D. MCCOWEN & T. J. SCHOCH, 1959. Structure of starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. **Cereal Chemistry** 36: 534-544.
- LEONEL, M. & M. P. CEREDA, 2002. Extração e caracterização do amido de Biri (*Canna edulis*). **Brazilian Journal of Food Technology** 5: 27-32.
- LEONEL, M., S. B. S. SARMENTO, M. P. CEREDA & F. L. A. CÂMARA, 2003. Extração e caracterização de amido de jacatupé (*Pachyrhizus ahipa*). **Food Science and Technology** 23(3): 362-365. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612003000300011>.
- LIMBERGUER, V. M., L. P. SILVA, T. EMANUELLI, C. G. COMARELA & L. P. PATIAS, 2008. Modificação química e física do amido de quirera de arroz para aproveitamento na indústria de alimentos. **Química Nova** 31(1): 84-88. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422008000100018>.
- LIPORACCI, J. S. N., S. MALI & M. V. E. GROSSMANN, 2005. Effects of extraction method on chemical composition and functional properties of yam starch (*Dioscorea alata*). **Semina: Ciências Agrárias** 26(3): 345-352. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2005v26n3p345>.
- MALI, S., M. V. E. GROSSMANN & F. YAMASHITA, 2010. Starch films: production, properties and potential of utilization. **Semina: Ciências Agrárias** 31(1): 137-156. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2010v31n1p137>.
- MARCANO, E. S. & M. MARCANO, 2011. La harina de ñame (*Dioscorea alata*), un ingrediente potencial en la elaboración de productos de panadería. **Saber** 23(2): 134-140.
- MARKETS AND MARKETS, 2019. **Industrial starch market by type (native, starch derivatives & sweeteners), source (corn, wheat, cassava, potato), application (food, feed, paper making & corrugation, pharmaceutical), form (dry, liquid), and region - Global Forecast to 2022**. Disponível em: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/industrial-starch-market-104251261.html>. Acesso em: 9 janeiro 2019.
- MARTINEZ, C. & F. CUEVAS, 1989. **Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz**: guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad auditorial sobre el mismo tema: 1-73. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali.
- MENDONZA, J. G. S., C. A. R. MEDINA, E. J. L. RIVERA, A. M. G. LÓPEZ & M. A. C. RICARDO, 2017. Análisis de las propiedades funcionales. In: J. G. S. MENDOZA, J. A. F. FLÓREZ & E. J. H. RAMOS (Ed.): **Agroindustria de productos amiláceos II: métodos y técnicas de caracterización**: 61-80. Universidad de Sucre, Colombia.

- MILLER, G. L., 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry** 31(3): 426-428. DOI: <https://doi.org/10.1021/ac60147a030>.
- MOONGNGARM, A., 2013. Chemical compositions and resistant starch content in starchy foods. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences** 8(2): 107-113. DOI: <https://doi.org/10.3844/ajabssp.2013.107.113>.
- NARAYANA, K. & M. S. NARASINGARAO, 1982. Functional properties of raw and heat processed winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) flour. **Journal of Food Science** 47(5): 1534-1538. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1982.tb04976.x>.
- NINA, K. C. J., D. C. GHISLAINE, K. K. HUBERT, A. Y. D. PATRICE, K. L. PATRICE & K. ALPHONSE, 2017. Biochemical and functional properties of yam flour during the post-harvest conservation of *Dioscorea alata* cultivar – Azaguié. **Current Journal of Applied Science and Technology** 21(6): 1-10. DOI: <https://doi.org/10.9734/CJAST/2017/32404>.
- NOGUEIRA, G. F., F. M. FAKHOURI & R. A. OLIVEIRA, 2018. Effect of incorporation of blackberry particles on the physicochemical properties of edible films of arrowroot starch. **Drying Technology** 37(4): 448-457. DOI: <https://doi.org/10.1080/007373937.2018.1441153>.
- NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO (NEPA), 2006. **Tabela brasileira de composição de alimentos (TACO)**: 1-105. UNICAMP, Campinas.
- NUNES, L. B., W. J. SANTOS & R. S. CRUZ, 2009. Rendimento de extração e caracterização química e funcional de féculas de mandioca da região do semiárido baiano. **Alimentos e Nutrição Araraquara** 20(1): 129-134.
- OKO, A. O. & A. C. FAMUREWA, 2015. Estimation of nutritional and starch characteristics of *Dioscorea alata* (Water yam) varieties commonly cultivated in the South-Eastern Nigeria. **British Journal of Applied Science and Technology** 6(2): 145-152. DOI: <http://dx.doi.org/10.9734/BJAST/2015/14095>.
- OLUWAMUKOMI, M. O. & O. O. AKINSOLA, 2015. Thermal and physicochemical properties of some starchy foods: yam (*Dioscorea rotundata*), Cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) and Plantain (*Musa paradisiaca*). **Food Science and Technology** 3(1): 9-17. DOI: <https://doi.org/10.13189/fst.2015.030102>.
- OTEBAYO, B., M. BOKANGA & R. ASIEDU, 2011. Physicochemical properties of yam starch: effect on textural quality of yam food product (pounded yam). **Journal of Food, Agriculture & Environment** 9(1): 145-150.
- OTEBAYO, B., D. OGUNIYAN & O. AKINWUMI, 2014. Physicochemical and functional characterization for potential industrial applications. **Starch** 66(3-4): 235-250. DOI: <https://doi.org/10.1002/star.201300056>.
- PÉREZ, E., O. GIBERT, A. ROLLAND-SABATÉ, Y. JIMÉNEZ, T. SÁNCHEZ, A. GIRALDO, B. PONTOIRE, S. GUILOIS, M. C. LAHON, M. REYNES & D. DUFOUR, 2011. Physicochemical, functional, and macromolecular properties of waxy yam starches discovered from “Mapuey” (*Dioscorea trifida*) genotypes in the Venezuelan Amazon. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 59(1): 263-273. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf100418r>.
- POLESI, L. F., S. B. S. SARMENTO, J. MORAES, C. M. L. FRANCO & S. G. CANNIATTI-BRAZACA, 2016. Physicochemical and structural characteristics of rice starch modified by irradiation. **Food Chemistry** 191: 59-66. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.055>.
- REIS, R. C., D. P. R. ASCHERI & I. A. DEVILLA, 2010. Propriedades físicas do tubérculo e propriedades químicas e funcionais do amido de inhame (*Dioscorea* sp.) cultivar São Bento. **Agrotecnologia** 1(1): 71-88. DOI: <https://doi.org/10.12971/2179-5959.v01n01a05>.
- REIS, J. S., R. C. S. OGOSHI, J. FRANÇA, M. L. FIGUEIREDO, L. A. BORGES & M. G. ZANGERONIMO, 2017. Amido resistente, um potencial ingrediente para ser considerado em alimentos funcionais para cães. **Archivos de Zootecnia** 66(256): 639-648. DOI: <https://doi.org/10.21071/az.v66i256.2783>.
- RILEY, C. K., A. O. WHEATLEY & H. N. ASEMOTA, 2006. Isolation and characterization of starches from eight *Dioscorea alata* cultivars grown in Jamaica. **African Journal of Biotechnology** 5(17): 1528-1536.
- ROBERTSON, T. M., A. Z. ALZAABI, M. D. ROBERTSON & B. A. FIELDING, 2018. Starchy carbohydrates in a healthy diet: the role of the humble potato. **Nutrients** 10(11): 1764. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu10111764>.
- SANTANA, G. S., J. G. O. FILHO & M. B. EGEA, 2017. Características tecnológicas de farinhas vegetais comerciais. **Journal of Neotropical Agriculture** 4(2): 88-95. DOI: <https://doi.org/10.32404/rean.v4i2.1549>.
- SILVA, N., V. C. A. JUNQUEIRA, N. F. A. SILVEIRA, M. H. TANIWAKI, R. A. R. GOMES & M. M. OKAZAKI, 2010. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**: 1-624. Blucher, São Paulo.
- SOSULSKI, F. W., 1962. The centrifuge method for determining flour absorption in hard red spring wheats. **Cereal Chemistry** 39(4): 344-350.
- SOUZA, M. W. S., T. B. O. FERREIRA & I. F. R. VIEIRA, 2008. Composição centesimal e propriedades funcionais tecnológicas da farinha da casca do maracujá. **Alimentos e Nutrição Araraquara** 19(1): 33-36.
- TAO, K., C. LI, W. YU, R. G. GILBERT & E. LI, 2018. How amylose molecular fine structure of rice starch affects functional properties. **Carbohydrate Polymers** 204: 24-31. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.09.078>.

- TAVARES, S. A., J. PEREIRA, M. C. GUERREIRO, C. J. PIMENTA, L. PEREIRA & S. V. MISSAGIA, 2011. Caracterização físico-química da mucilagem de inhame liofilizada. **Ciência e Agrotecnologia** 35(5): 973-979. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000500015>.
- TECHEIRA, N., L. SÍVOLI, B. PERDOMO, A. RAMÍREZ & F. SOSA, 2014. Caracterización físicoquímica, funcional y nutricional de harinas crudas obtenidas a partir de diferentes variedades de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), batata (*Ipomoea batatas* Lam.) y ñame (*Dioscorea alata*), cultivadas en Venezuela. **Interciencia** 39(3): 191-197.
- TEIXEIRA, L. S., S. R. MARTIM, L. S. C. SILVA, V. F. KINUPP, M. F. S. TEIXEIRA & A. L. F. PORTO, 2016. Efficiency of Amazonian tubers flours in modulating gut microbiota of male rats. **Innovative Food Science and Emerging Technologies** 38(Part A): 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.08.015>.
- TONON, R. V., C. BRABET & M. D. HUBINGER, 2013. Aplicação da secagem por atomização para obtenção de produtos funcionais com alto valor agregado a partir do açaí. **Inclusão Social** 6(2): 70-76.
- VALCÁRCEL-YAMANI, B., G. G. RONDÁN-SANABRIA & F. FINARDI-FILHO, 2013. The physical, chemical and functional characterization of starches from Andean tubers: oca (*Oxalis tuberosa* Molina), olluco (*Ullucus tuberosus* Caldas) and mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón). **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences** 49(3): 453-464. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1984-82502013000300007>.
- VAMADEVAN, V. & E. BERTOFT, 2015. Structure-function relationships of starch components. **Starch** 67(1-2): 55-68. DOI: <https://doi.org/10.1002/star.201400188>.
- VERTER, N. & V. BECVAROVA, 2014. Yam production as pillar of food security in logo local government area of Benue State, Nigeria. **European Scientific Journal** 10(31): 27-42.
- WALTER, M., L. P. SILVA & D. M. X. PERDOMO, 2005. Amido disponível e resistente em alimentos: adaptação do método da AOAC 996.11. **Alimentos e Nutrição Araraquara** 16(1): 39-46.
- WANG, S. H., L. H. MAIA, L. C. CABRAL, R. GERMANI & J. T. S. BORGES, 2000. Influência da proporção arroz:soja sobre a solubilidade e as propriedades espumantes dos mingaus desidratados. **Food Science and Technology** 20(1): 83-89. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612000000100016>.
- YUAN, Y., L. ZHANG, Y. DAÍ & J. YU, 2007. Physicochemical properties of starch obtained from *Dioscorea nipponica* Makino comparison with other tuber starches. **Journal of Food Engineering** 82(4): 436-442. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.02.055>.
- ZHANG, B., K. GUO, L. LIN & C. WEI, 2018. Comparison of structural and functional properties of starches from the rhizome and bulbil of chinese yam (*Dioscorea opposite* Thunb.). **Molecules** 23(2): 427. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules23020427>.

## Produção e caracterização de enzimas proteolíticas de *Lentinus crinitus* (L.) Fr. 1825 DPUA 1693 do bioma amazônico (Polyporaceae)

### Production and characterization of proteolytic enzymes of *Lentinus crinitus* (L.) Fr. 1825 DPUA 1693 from the Amazonian biome (Polyporaceae)

Alessandra Alves da Silva Magalhães<sup>1</sup>  | Taciana de Amorim Silva<sup>1</sup>  |  
Maria Francisca Simas Teixeira<sup>1</sup>  | Raimundo Felipe Cruz Filho<sup>1</sup>  |  
Suelen Dias da Silva<sup>1</sup>  | Dib Mady Diniz Gomes<sup>1</sup>  | José Odair Pereira<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidade Federal do Amazonas. Manaus, Amazonas, Brasil

**Resumo:** Proteases são enzimas hidrolíticas capazes de degradar proteínas em pequenos peptídeos e aminoácidos, e podem ser isoladas de plantas, animais e microrganismos. A busca por proteases de origem microbiana vem aumentando no mercado mundial devido à sua estabilidade, à alta taxa de produção e ao menor custo que apresenta. O objetivo deste artigo foi investigar a produção de proteases por *Lentinus crinitus* (L.) Fr. 1825 DPUA 1693, utilizando-se a fermentação submersa. A cultura matriz foi preparada em meio BDA (ágar batata dextrose), adicionando-se extrato de levedura 0,5% (p/v). A fermentação foi conduzida a 30 °C, 150 rpm, por oito dias, utilizando-se meios contendo diferentes fontes de carbono e nitrogênio na síntese de proteases. Na determinação da atividade enzimática, foi adotada azocaseína 1% (p/v) como substrato. Os resultados mostraram que a maior atividade das proteases de *L. crinitus* foi determinada no meio contendo glicose e gelatina. A atividade ótima dessas enzimas foi determinada em pH 5,0, a 50 °C, e a estabilidade, em pH 5,0, à temperatura de 60 °C. As proteases foram classificadas como metalo, serino e cisteíno proteases. Este artigo sugere o uso potencial de protease de *Lentinus crinitus* para aplicação na indústria alimentícia, farmacêutica e cosmética.

**Palavras-chave:** Cogumelo. Fermentação submersa. Biocatalisador. Protease.

**Abstract:** Proteases are hydrolytic enzymes capable of degrading proteins in small peptides and amino acids and can be isolated from plants, animals, and microorganisms. The objective of this work was to investigate the production of proteases by *Lentinus crinitus* (L.) Fr. 1825 DPUA 1693, using fermentation in liquid medium. The matrix culture was prepared in BDA (potato dextrose agar) medium, added with 0.5% (w/v) yeast extract. The fermentation was conducted at 30 °C, 150 rpm for eight days, using media containing different carbon and nitrogen sources in protease synthesis. In the determination of the enzymatic activity 1% azocasein (w/v) was used as the substrate. The results showed that the increased activity of *L. crinitus* proteases was in the medium containing glucose and gelatin. The optimal activity of these enzymes was determined at pH 5.0 at 50 °C and stability at pH 5.0 at 60 °C. Proteases were classified as metallo, serine, and cysteine proteases. This study suggests the potential use of *Lentinus crinitus* proteases for application in the food, pharmaceutical, and cosmetics industries.

**Keywords:** Mushroom. Submerged fermentation. Biocatalyst. Protease.

---

MAGALHÃES, A. A. S., T. A. SILVA, M. F. S. TEIXEIRA, R. F. CRUZ FILHO, S. D. SILVA, D. M. D. GOMES & J. O. PEREIRA, 2019. Produção e caracterização de enzimas proteolíticas de *Lentinus crinitus* (L.) Fr. 1825 DPUA 1693 do bioma amazônico (Polyporaceae). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 14(3): 453-461.

Autora para correspondência: Alessandra Alves da Silva Magalhães. Universidade Federal do Amazonas. Programa de Pós-Graduação da Rede de Biodiversidade da Amazônia Legal (BIONORTE). Av. General Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 6200 – Coroado I. Manaus, AM, Brasil. CEP 69080-900 (alealvesmaga@yahoo.com.br).

Recebido em 01/03/2019

Aprovado em 21/06/2019

Responsabilidade editorial: Fernando da Silva Carvalho Filho



## INTRODUÇÃO

Enzimas são catalisadores biológicos, em sua maioria de origem proteica, responsáveis por realizar catalisação de reações em organismos vivos (Sayali *et al.*, 2013). Esses catalisadores são muito valorizados nas indústrias, pois são biodegradáveis, sendo derivados de fontes renováveis e apresentando reduzido impacto ambiental, devido à baixa quantidade de resíduos, características que despertam o interesse na busca por novas e mais eficientes fontes enzimáticas (Sheldon & van Pelt, 2013).

As enzimas são biocatalisadores muito empregados em processos industriais e biotecnológicos, com grande relevância econômica no mercado mundial (Chapman *et al.*, 2018). Recentemente, um relatório publicado pela BBC Research (2019) afirmou que a produção mundial de enzimas industriais alcançou um valor de US\$ 5,5 bilhões, em 2018, e a expectativa é de que este mercado atinja 7,0 bilhões de dólares até 2023.

Entre as enzimas, as proteases destacam-se por apresentar grande versatilidade de aplicações, sendo usadas em indústrias como as de produtos farmacêuticos (Kumar *et al.*, 2015), alimentícios (Raveendran *et al.*, 2018), de limpeza (Giri *et al.*, 2011), no processo de amaciamento de couro (Singh & Bajaj, 2017) e de biorremediação (Khan, 2013; Peralta *et al.*, 2017). As proteases representam um dos maiores grupos de enzimas industriais, com perspectiva de aumento em torno de 7% até 2020, e constituem 60% do mercado industrial global devido às suas propriedades biotecnológicas (Chandrasekaran *et al.*, 2015; Bano *et al.*, 2016; Singh *et al.*, 2016).

Proteases são fisiologicamente importantes para a vida dos organismos, estando amplamente distribuídas na natureza, entretanto o seu processo de produção a partir de plantas e animais é mais oneroso e envolve políticas públicas e agrícolas que dificultam sua obtenção em larga escala, condição que promoveu interesse nestas enzimas de origem microbiana (Rao *et al.*, 1998; Félix *et al.*, 2004; Kumar *et al.*, 2005).

A obtenção de proteases por microrganismos é possível graças à sua diversidade genética e bioquímica e por apresentarem fácil manipulação, o que viabiliza seu cultivo em grande escala (Rao *et al.*, 1998; Kumar *et al.*, 2005). Além disso, o processo de purificação e recuperação das proteases de origem microbiana é facilitado devido a esses microrganismos lançarem suas enzimas extracelulares diretamente no meio de fermentação (Savitha *et al.*, 2011).

Entre os microrganismos, os fungos destacam-se como fonte potencial de proteases, em razão de apresentarem grande capacidade de adaptação fisiológica, alta produtividade de biocompostos extracelulares, não dependência a condições ambientais e geográficas apropriadas, bem como possuírem gasto reduzido no uso de matérias-primas (Kumar *et al.*, 2005; Zimmer *et al.*, 2009; Peralta *et al.*, 2017).

Os fungos do gênero *Lentinus*, pertencentes à família Lentinaceae (filo Basidiomycota), vêm se destacando devido à disporem de compostos bioativos, principalmente enzimas com aplicação industrial (Kirsch *et al.*, 2013; Machado *et al.*, 2016, 2017). Entretanto, a espécie *Lentinus crinitus* (L.) Fr., 1825, fungo sapróbio, lamelar e decompositor de madeira, ainda não foi estudada quanto ao seu potencial de produção de enzimas proteolíticas em condições de cultivo otimizadas.

Fatores como pH, temperatura e composição do meio são primordiais para obtenção de enzimas de interesse industrial (Abidi *et al.*, 2011). A variação na relação de carbono e nitrogênio no meio de cultivo, a presença de íons de metal, a aeração, entre outros fatores físicos, são responsáveis pela otimização na produção de proteases (Joo & Chang, 2005; Magalhães *et al.*, 2017).

Considerando-se a importância da utilização de novas proteases obtidas a partir de cogumelos do bioma amazônico, o objetivo deste artigo foi avaliar o potencial de *Lentinus crinitus* na produção dessa enzima de interesse bioindustrial, conhecer a influência das fontes de carbono e nitrogênio e caracterizar as enzimas proteolíticas produzidas por este fungo.

## MATERIAL E MÉTODOS

### CULTIVO DO COGUMELO

A linhagem *Lentinus crinitus* (L.) Fr. 1825 DPUA 1693 foi cedida pela Coleção de Culturas do Departamento de Parasitologia da Universidade Federal do Amazonas (DPUA). A cultura preservada em óleo mineral foi reativada em caldo glicosado (peptona de carne 1%, extrato de levedura 0,3% e glicose 2%) em cultivo estacionário, por 15 dias. Em seguida, foi realizado subcultivo em meio ágar batata dextrose (BDA), adicionado de extrato de levedura 0,5% (p/v), utilizando-se discos miceliais de 8 mm de diâmetro como inóculo em ponto central. O cultivo foi mantido a 25 °C, na ausência de luz, por oito dias (Kirsch *et al.*, 2011).

### DETERMINAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA FONTE DE CARBONO E DE NITROGÊNIO NA SÍNTESE DE PROTEASE EM CULTIVO SUBMERSO

Para determinar a influência das fontes de carbono e de nitrogênio na produção de proteases, foram utilizadas várias formulações dos meios de cultivo conforme Kirsch *et al.* (2016), com modificações (Tabelas 1 e 2). Em todos os meios de cultivo, foi adicionado extrato de levedura 0,5% (p/v) e o pH foi ajustado para 5,6.

Para produção de proteases, dez fragmentos miceliais de 8 mm de diâmetro foram inoculados em 100 mL dos meios de cultivo descritos na Tabela 1, distribuídos em frascos Erlenmeyer (250 mL). A fermentação submersa foi realizada a 30 °C, 150 rpm. Após oito dias, a biomassa foi separada por filtração sob vácuo em papel de filtro Whatman n. 1; em seguida, foram realizadas filtrações em membrana de éster de celulose, de 0,45  $\mu\text{m}$  e 0,22  $\mu\text{m}$ . Na determinação da atividade proteolítica, 150  $\mu\text{L}$  do extrato bruto foi adicionado em 250  $\mu\text{L}$  de azocaseína 1% (p/v), em solução-tampão Tris-HCl 0,1 M, pH 7,2. A mistura reacional foi incubada a 25 °C, em câmara escura. Após uma hora, a reação foi interrompida pela adição de 1,2 mL de ácido tricloroacético

Tabela 1. Meios de cultivo utilizados para a determinação da melhor fonte de carbono e nitrogênio para a produção de proteases. Legendas: GGE = glicose, gelatina e extrato de levedura; AGE = amido, gelatina e extrato de levedura; SGE = sacarose, gelatina e extrato de levedura; GPE = glicose, peptona e extrato de levedura; APE = amido, peptona e extrato de levedura; SPE = sacarose, peptona e extrato de levedura; GSE = glicose, sulfato de amônio e extrato de levedura; ASE = amido, sulfato de amônio e extrato de levedura; SSE = sacarose, sulfato de amônio e extrato de levedura.

Meios	Fonte de carbono 2% (p/v)	Fonte de nitrogênio 0,5% (p/v)
GGE	Glicose	Gelatina
AGE	Amido	Gelatina
SGE	Sacarose	Gelatina
GPE	Glicose	Peptona
APE	Amido	Peptona
SPE	Sacarose	Peptona
GSE	Glicose	Sulfato de amônio
ASE	Amido	Sulfato de amônio
SSE	Sacarose	Sulfato de amônio

10% (p/v). Do sobrenadante, foram transferidos 800  $\mu\text{L}$  para 1,4 mL de hidróxido de sódio 1 M. A atividade enzimática foi determinada de acordo com a metodologia recomendada por Porto *et al.* (1996), que definem uma unidade de atividade de protease como a quantidade de enzima necessária para produzir variação de absorbância igual a 0,001 em 60 minutos. Todos os experimentos foram realizados em triplicata.

### EFEITOS DO PH E DA TEMPERATURA SOBRE A ATIVIDADE PROTEOLÍTICA

O pH ótimo foi determinado a 25 °C em diferentes valores de pH, utilizando-se as seguintes soluções-tampão a 0,1 M: acetato de sódio (para pH 5), fosfato (para 6, 7 e 8) e glicina-NaOH (9 e 10). A temperatura ótima foi determinada pela incubação do extrato bruto em diferentes temperaturas, que variaram de 30 a 80 °C. A determinação da atividade proteolítica foi realizada conforme metodologia descrita anteriormente (Merheb-Dini *et al.*, 2010).

## EFEITOS DO PH E DA TEMPERATURA SOBRE A ESTABILIDADE PROTEOLÍTICA

Para conferir estabilidade ao pH, o extrato bruto foi diluído (1:1) nas seguintes soluções-tampão a 0,1 M: acetato de sódio (pH 5), fosfato (pH 6, 7 e 8) e glicina-NaOH (pH 9 e 10), mantidas a 25 °C, por 24 horas, seguindo-se da determinação da atividade proteolítica nas condições ótimas de pH e temperatura encontradas. Para a realização do teste de estabilidade à temperatura, incubou-se cada extrato enzimático durante 1 h em diferentes temperaturas (30, 40, 50, 60, 70, 80 °C), seguindo-se da determinação da atividade proteolítica em condições ótimas de pH e temperatura. A determinação da atividade proteolítica foi realizada conforme metodologia descrita anteriormente, e os resultados foram expressos em atividade relativa em todos os experimentos (Merheb-Dini *et al.*, 2010).

## EFEITO DE ÍONS METÁLICOS E INIBIDORES NA ATIVIDADE PROTEOLÍTICA

Para investigar as possíveis aplicações das proteases de *Lentinus crinitus*, foram analisados os efeitos dos seguintes íons metálicos sobre a atividade proteolítica: CaCl<sub>2</sub>, CuSO<sub>4</sub>, FeSO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>, MnSO<sub>4</sub>, ZnSO<sub>4</sub>, NaCl e KCl. Também foram analisados os efeitos dos seguintes inibidores: fluoreto de fenilmetanosulfonila (PMSF), ácido etilenodiaminotetracético (EDTA), ácido iodoacético e pepstatin A. A atividade proteolítica das enzimas do cogumelo foi determinada após incubação do extrato nas condições ótimas de temperatura e pH, com uma solução de cada íon/inibidores na concentração de 10 mM (com exceção da pepstatin A [1mM]). A atividade enzimática residual foi determinada e comparada com o controle que corresponde a 100% de atividade. Todas as amostras foram preparadas em triplicata (Alecrim *et al.*, 2015; Martim *et al.*, 2017).

## ANÁLISE ESTATÍSTICA

Em todos os experimentos, os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas

pelo teste de Tukey (P < 0,05), por meio do programa Minitab, versão 18.1 (Minitab, 2017).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### PRODUÇÃO DE PROTEASES POR FERMENTAÇÃO SUBMERSA EM DIFERENTES FONTES DE CARBONO E DE NITROGÊNIO

A Tabela 2 demonstra a influência das fontes de carbono e de nitrogênio. Em todos os meios testados, houve produção de proteases, porém a maior atividade (190 U/mL ± 1,33) foi observada no meio GGE [glicose 2% (p/v) + gelatina 0,5% (p/v) + extrato de levedura 0,5% (p/v)], enquanto a menor atividade (77,33 U/mL ± 2,31), no meio ASE [amido 2% (p/v) + sulfato de amônio 0,5% (p/v) + extrato de levedura 0,5% (p/v)].

Martim *et al.* (2017) estudaram a atividade proteolítica de cogumelos amazônicos – *Pleurotus albidus* (Berk.) Pegler 1983 DPUA 1692, *Lentinus crinitus* (L.) Fr. 1825 DPUA 1693 e *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst 1881 DPUA 1694 – e obtiveram a maior atividade enzimática com o

Tabela 2. Produção de proteases de *Lentinus crinitus* em diferentes meios de cultura. Letras iguais na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P < 0,05). Legendas: GGE = glicose, gelatina e extrato de levedura; AGE = amido, gelatina e extrato de levedura; SGE = sacarose, gelatina e extrato de levedura; GPE = glicose, peptona e extrato de levedura; APE = amido, peptona e extrato de levedura; SPE = sacarose, peptona e extrato de levedura; GSE = glicose, sulfato de amônio e extrato de levedura; ASE = amido, sulfato de amônio e extrato de levedura; SSE = sacarose, sulfato de amônio e extrato de levedura.

Meios	Atividade proteolítica (U/mL)
GGE	190,00 <sup>a</sup> ± 1,33
AGE	156,67 <sup>b</sup> ± 2,00
SGE	153,78 <sup>b</sup> ± 1,02
GPE	147,11 <sup>c</sup> ± 1,02
APE	127,78 <sup>d</sup> ± 1,68
SPE	127,33 <sup>d</sup> ± 1,33
GSE	88,00 <sup>e</sup> ± 1,15
ASE	88,00 <sup>e</sup> ± 2,00
SSE	77,33 <sup>f</sup> ± 2,31



fungo *Pleurotus albidus* (34,00 U/mL  $\pm$  0,0). Eles obtiveram atividade proteolítica de *Lentinus crinitus* igual a 27,02 U/mL  $\pm$  0,02, valor bem inferior ao obtido no presente artigo (190 U/mL  $\pm$  1,33), demonstrando a importância do estudo do efeito de diferentes fontes de carbono e de nitrogênio na produção de enzimas de valor industrial.

Neste artigo, observou-se que a gelatina foi a melhor fonte de nitrogênio para produção de protease em *Lentinus crinitus* – meio GGE (190,00  $\pm$  1,33). A produção de proteases depende da disponibilidade de carbono e de fontes de nitrogênio do meio, sendo que ambos os parâmetros exercem efeitos reguladores sobre a síntese da enzima (Haddar *et al.*, 2010). A definição da fonte de nitrogênio de um bioprocessamento é um dos fatores mais importantes a ser investigado na síntese proteica. Kirsch *et al.* (2011) também relataram, por meio do cogumelo *Lentinus citrinus*, que a gelatina se destacou como a melhor fonte de nitrogênio para a produção das proteases.

Entretanto, os ensaios contendo sulfato de amônio como fonte de nitrogênio (SSE e ASE) foram os que produziram menor quantidade de protease. Fang & Zhong (2002), comparando o efeito de fontes inorgânicas de nitrogênio com fontes orgânicas sobre a produção de biomoléculas do cogumelo *Ganoderma lucidum*, verificaram maior crescimento micelial nos meios contendo nitrogênio orgânico, sugerindo que certos aminoácidos essenciais não seriam sintetizados por células de fungos superiores a partir de fontes de nitrogênio inorgânico, como o sulfato de amônio.

### EFEITO DO pH E DA TEMPERATURA NA ATIVIDADE PROTEOLÍTICA DE *LENTINUS CRINITUS*

O efeito do pH na atividade enzimática foi avaliado na faixa de 5 a 10 (Figura 1). Em pH ácido, as proteases de *Lentinus crinitus* apresentaram o melhor desempenho, com 75% de atividade no pH 6,0 e 100% de atividade enzimática no pH 5,0. Nos pH com variação de neutro a alcalino, observou-se redução da atividade proteolítica apresentando percentagem de 36% no pH 10. Esses

dados corroboram os resultados encontrados por Martim *et al.* (2017), que avaliaram o extrato bruto do cogumelo amazônico *Pleurotus albidus*, verificando que a maior atividade proteolítica ocorreu no pH 5,0. Kirsch *et al.* (2013), analisando o cultivo submerso do cogumelo *Lentinus citrinus* ocorrente na Amazônia, verificaram que o pH 7,0 foi o mais promissor para atividade proteolítica.

Estudos enfatizam a importância do controle de fatores externos, como pH e temperatura, para assegurar a manutenção das condições ótimas de cultivo do microrganismo e da atividade biológica da enzima, uma vez que essas enzimas podem vir a sofrer desnaturação quando submetidas a determinadas condições ambientais (Bon *et al.*, 2008).

O efeito da temperatura na atividade enzimática foi avaliado entre 30 a 80 °C, com intervalo de 10 °C (Figura 2). Nestas condições, as enzimas de *L. crinitus* demonstraram atividade ótima a 50° C, seguida de decréscimo nas temperaturas mais elevadas. Em temperaturas elevadas, as enzimas sofrem desnaturação proteica, pois as ligações intramoleculares são afetadas (Ali *et al.*, 2014). Estes resultados estão de acordo com Zhang *et al.* (2010) e Guan *et al.* (2011), em que a temperatura ótima das proteases de *Hypsizygus marmoreus* (Peck) H.E. Bigelow 1976 e *Pholiota nameko* (T. Itô) S. Ito & S. Imai 1933, respectivamente, foi determinada a 50 °C.

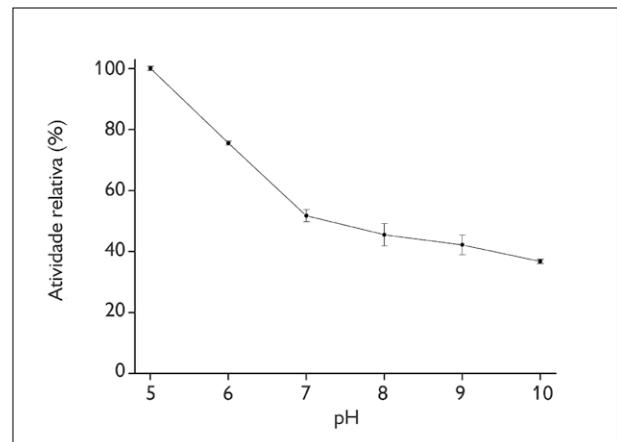


Figura 1. Efeito do pH na atividade proteolítica de *Lentinus crinitus*.

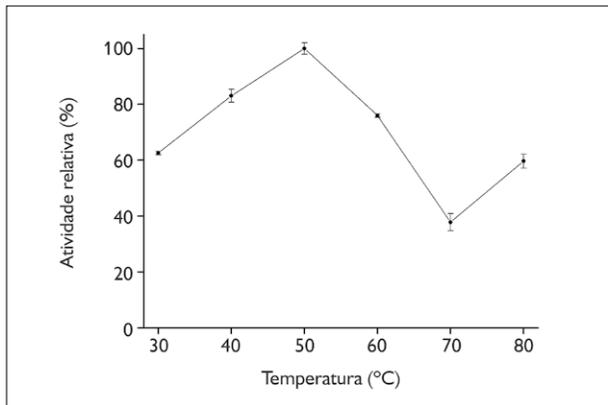


Figura 2. Efeito da temperatura na atividade proteolítica de *Lentinus crinitus*.

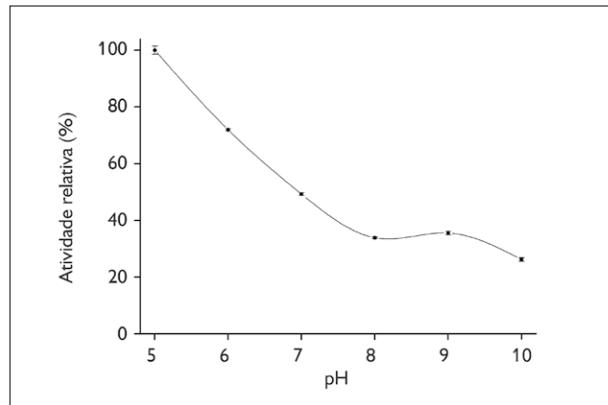


Figura 3. Efeito do pH na estabilidade da atividade proteolítica de *Lentinus crinitus*.

### EFEITO DO PH E DA TEMPERATURA NA ATIVIDADE E NA ESTABILIDADE PROTEOLÍTICA DE *LENTINUS CRINITUS*

As enzimas proteolíticas de *Lentinus crinitus* apresentaram boa estabilidade em pH ácido (pH 5,0 e 6,0), retendo, em média, 90,59% de atividade enzimática, enquanto que a média de retenção da atividade proteolítica foi de 32,25% em pH alcalino (pH 8,0, 9,0 e 10,0), conforme os dados da Figura 3. Martim *et al.* (2017), ao analisarem as proteases do extrato bruto do cogumelo amazônico *Pleurotus albidus*, verificaram elevada estabilidade da enzima entre pH de 5 a 8, com redução da atividade em pH 9 e 10. Entretanto, Kirsch *et al.* (2013), ao investigarem a estabilidade do extrato bruto do cogumelo *Lentinus citrinus* de ocorrência na Amazônia, observaram estabilidade em valores de pH de 5 a 7, e queda na estabilidade no pH 10.

A estabilidade da atividade proteolítica de *Lentinus crinitus* em diferentes temperaturas (30 a 80 °C) pode ser observada na Figura 4. A estabilidade térmica destas enzimas foi mantida entre 50 a 60 °C, exibindo 93,35 a 100% de atividade relativa, respectivamente. Em 80 °C foi observado decréscimo acentuado da atividade da enzima, com retenção de apenas 29,49% de atividade relativa.

Machado *et al.* (2017), avaliando a estabilidade a diferentes temperaturas do extrato bruto de *Pleurotus*

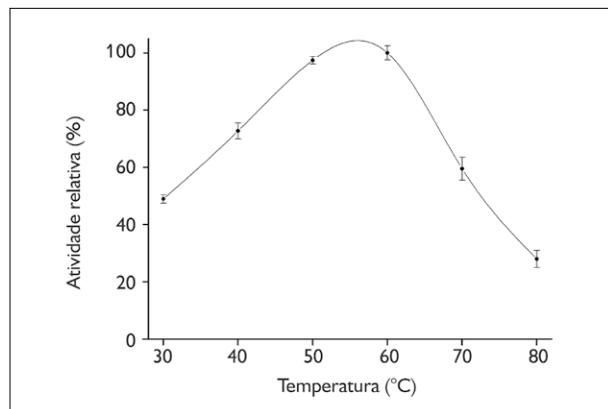


Figura 4. Efeito da temperatura na estabilidade da atividade proteolítica de *Lentinus crinitus*.

*ostreatoroseus* Singer 1961, verificaram que a estabilidade foi mantida entre 40 e 50 °C, e que a inativação da enzima ocorreu a 70 °C. Estudos mostram que a estabilidade ao pH e à temperatura são parâmetros importantes para aplicação industrial das enzimas, pois determinam a viabilidade econômica do processo (Gupta & Ayyachamy, 2012; Moretti *et al.*, 2012).

### EFEITO DE ÍONS METÁLICOS E INIBIDORES NA ATIVIDADE PROTEOLÍTICA DE *LENTINUS CRINITUS*

A atividade proteolítica relativa das enzimas de *Lentinus crinitus* foi reduzida significativamente na presença de EDTA

(60,51%), ácido iodo acético (62,61%) e fluoreto de fenilmetanosulfonila (PMSF) (64,86%), conforme dados da Tabela 3. Esse resultado sugere que as enzimas testadas são sensíveis aos três inibidores supracitados, indicando que o extrato bruto do fungo contém metalo proteases, cisteíno proteases e serino proteases, respectivamente. Entretanto, não houve retenção significativa da atividade enzimática na presença de pepstatin A, indicando a ausência de resíduos de ácido aspártico no sítio ativo da enzima.

Resultados semelhantes foram encontrados por Machado *et al.* (2017), os quais relatam a presença de cisteíno proteases, serino protease e metalo proteases em extratos de *Pleurotus ostreatoroseus*. Martim *et al.* (2017), analisando o efeito de inibidores na atividade proteolítica do extrato bruto do cogumelo amazônico *Pleurotus albidus*, também verificaram a presença de serino e cisteíno proteases no extrato bruto do cogumelo.

A maioria dos íons testados interagiu com o sítio ativo das enzimas reduzindo sua atividade catalítica, conforme a Tabela 3 demonstra. A menor atividade relativa da enzima foi verificada na presença de  $\text{Fe}^{2+}$  (31,08%), e os íons  $\text{K}^+$ ,

Tabela 3. Efeito de íons metálicos na atividade proteolítica de *Lentinus crinitus*. Letras iguais na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Íon metálico ou inibidor	Atividade relativa (%)
$\text{Mn}^{+2}$	129,43 <sup>a</sup> ± 3,15
$\text{Cu}^{+2}$	78,60 <sup>b</sup> ± 3,00
$\text{Mg}^{+2}$	42,79 <sup>c</sup> ± 2,40
$\text{Zn}^{+2}$	38,29 <sup>d</sup> ± 3,33
$\text{Ca}^{+2}$	36,04 <sup>de</sup> ± 1,33
$\text{Na}^+$	33,93 <sup>ef</sup> ± 1,54
$\text{K}^+$	32,28 <sup>ef</sup> ± 1,02
$\text{Fe}^{+2}$	31,08 <sup>f</sup> ± 0,67
Pepstatin A	93,54 <sup>a</sup> ± 2,78
EDTA	39,49 <sup>b</sup> ± 2,04
Ácido iodoacético	36,79 <sup>bc</sup> ± 1,68
Fluoreto de fenilmetanosulfonila	34,98 <sup>c</sup> ± 2,34

$\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Zn}^{2+}$  reduziram significativamente a atividade da enzima para valores inferiores a 43% de atividade relativa. Em condições similares,  $\text{Cu}^{2+}$  exerceu pouca influência na atividade enzimática, retendo 78,60%. Entretanto, na presença de  $\text{Mn}^{2+}$ , a atividade proteolítica de *L. crinitus* foi potencializada (129,43%).

Harer *et al.* (2018) afirmam que alguns íons metálicos como  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  e  $\text{Mn}^{+2}$  aumentam e estabilizam a atividade enzimática. Os íons podem estar envolvidos nos processos catalíticos, participando das reações de redox ou de transferência de elétrons (Nazmi *et al.*, 2006). Esses íons metálicos protegem a enzima contra a desnaturação térmica e desempenham papel vital na manutenção da conformação ativa da enzima a temperaturas mais elevadas (Gupta *et al.*, 2002).

## CONCLUSÃO

Os resultados desta pesquisa indicam que *Lentinus crinitus* produz maior quantidade de protease quando cultivado em meios contendo fontes orgânicas de nitrogênio, e que os melhores nutrientes para induzir a produção de enzimas proteolíticas por fermentação submersa, nas condições testadas, foram glicose e gelatina. As proteases de *L. crinitus* são predominantemente ácidas, termoestáveis, dos tipos metalo, serino e cisteíno proteases, com atividade ótima a 50 °C, em pH 5,0, e maior estabilidade a 60° C. Este estudo sugere o uso potencial de proteases de *L. crinitus* para aplicação em indústrias de alimentos, bebidas e produtos farmacêuticos, representando uma alternativa viável, de fonte segura e sustentável, para o polo industrial da região amazônica.

## AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo financiamento da pesquisa; à Universidade Federal do Amazonas (UFAM), ao Programa de Pós-Graduação da Rede de Biodiversidade da Amazônia Legal (BIONORTE) e ao professor Dr. Adolfo J. Mota (UFAM), pelo apoio técnico, científico e financeiro.

## REFERÊNCIAS

- ABIDI, F., J. M. CHOBERT, T. HAERTLÉ & M. N. MARZOUKI, 2011. Purification and biochemical characterization of stable alkaline protease Prot-2 from *Botrytis cinerea*. **Process Biochemistry** 46(12): 2301-2310. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2011.09.010>.
- ALECRIM, M. M., R. A. PALHETA, M. F. S. TEIXEIRA & I. M. D. A. OLIVEIRA, 2015. Milk-clotting enzymes produced by *Aspergillus flavo furcatis* strains on Amazonic fruit waste. **International Journal of Food Science & Technology** 50(1): 151-157. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.12677>.
- ALI, S. M., T. C. LING, S. MUNIANDY, Y. S. TAN, J. RAMAN & V. SABARATNAM, 2014. Recovery and partial purification of fibrinolytic enzymes of *Auricularia polytricha* (Mont.) Sacc by an aqueous two-phase system. **Separation and Purification Technology** 122(1): 359-366. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2013.11.016>.
- BANO, S., M. U. DAHOT & S. H. A. NAQVI, 2016. Optimization of culture conditions for the production of protease by *Pleurotus eryngii*. **Pakistan Journal of Biotechnology** 13(3): 193-198.
- BBC RESEARCH, 2019. **Global markets for enzymes in industrial applications**. Disponível em: <http://bbcresearch.com/>. Acesso em: 14 fevereiro 2019.
- BON, E. P. S., N. PEREIRA JR., L. M. F. GOTTSCHALK, P. SÁ-PEREIRA, J. C. ROSEIRO & M. A. FERRARA, 2008. Bioprocessos para produção de enzimas. In: E. P. S. BOM, M. A. FERRARA & M. L. CORVO (Ed.): **Enzimas em biotecnologia: produção, aplicação e mercado**: 95-122. Interciências Ltda., Rio de Janeiro.
- CHANDRASEKARAN, S., S. S. P. KUMARESAN & M. MANAVALAN, 2015. Production and optimization of protease by filamentous fungus isolated from paddy soil in Thiruvavur District Tamilnadu. **Journal of Applied Biology & Biotechnology** 3(6): 66-69. DOI: <https://doi.org/10.7324/JABB.2015.3610>.
- CHAPMAN, J., A. E. ISMAIL & C. Z. DINU, 2018. Industrial applications of enzymes: recent advances, techniques, and outlooks. **Catalysts** 8(6): 238. DOI: <https://doi.org/10.3390/catal8060238>.
- FANG, Q. H. & J. J. ZHONG, 2002. Submerged fermentation of higher fungus *Ganoderma lucidum* for production of valuable bioactive metabolites-ganoderic acid and polysaccharide. **Biochemical Engineering Journal** 10(1): 61-65. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1369-703X\(01\)00158-9](https://doi.org/10.1016/S1369-703X(01)00158-9).
- FÉLIX, C. R., E. F. NORONHA & L. MARCO, 2004. Proteases: características e aplicações industriais. In: L. SUMMA (Ed.): **Enzimas como agentes biotecnológicos**. 327-347. Editora Legis Summa, São Paulo.
- GIRI, S. S., S. SUKUMARAN, S. S. SEN, M. OVIYA, N. BANU & P. K. JENA, 2011. Purification and partial characterization of a detergent and oxidizing agent stable alkaline protease from a newly isolated *Bacillus subtilis* VSG-4 of tropical soil. **Journal of Microbiology** 49(3): 455-461. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12275-011-0427-4>.
- GUAN, G. P., G. Q. ZHANG, Y. Y. WU, H. X. WANG & T. B. NG, 2011. Purification and characterization of a novel serine protease from the mushroom *Pholiota nameko*. **Journal of Bioscience and Bioengineering** 11(6): 641-645. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2011.02.009>.
- GUPTA, R., Q. BEG, S. KHAN & B. CHAUHAN, 2002. An overview on fermentation, downstream processing and properties of microbial alkaline proteases. **Applied Microbiology and Biotechnology** 60(4): 381-395. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-002-1142-1>.
- GUPTA, K. & M. AYYACHAMY, 2012. **Biotechnology of fungal genes**: 1-400. Taylor & Francis Group, CRC Press, Boca Raton.
- HADDAR, A., N. FAKHFAKH-ZOUARI, N. HMIDET, F. FRIKHA, M. NASRI & A. S. KAMOUN, 2010. Low-cost fermentation medium for alkaline protease production by *Bacillus mojavensis* A21 using hulled grain of wheat and sardinella peptone. **Journal of Bioscience and Bioengineering** 110(3): 288-294. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiosc.2010.03.015>.
- HARER, S. L., M. S. BHATIA & N. M. BHATIA, 2018. Isolation, purification and partial characterization of thermostable serine alkaline protease from a newly isolated *Bacillus thuringiensis*-SH-II-1A. **African Journal of Biotechnology** 17(7): 178-188. DOI: <http://dx.doi.org/10.5897/AJB2015.14831>.
- JOO, H. S. & C. S. CHANG, 2005. Production of protease from a new alkalophilic *Bacillus* sp. I-312 grown on soybean meal: optimization and some properties. **Process Biochemistry** 40(3-4): 1263-1270. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2004.05.010>.
- KHAN, F., 2013. New microbial proteases in leather and detergent industries. **Innovation Research of Chemistry** 1(1): 1-6.
- KIRSCH, L. S., A. C. PINTO, T. S. PORTO, A. L. PORTO & M. F. S. TEIXEIRA, 2011. The influence of different submerged cultivation conditions on mycelial biomass and protease production by *Lentinus citrinus* Walley et Rammeloo DPUA 1535 (Agaricomycetidae). **International Journal of Medicinal Mushrooms** 13(2): 185-192. DOI: <http://dx.doi.org/10.1615/IntJMedMushr.v13.i2>.
- KIRSCH, L. S., V. C. S. EBINUMA & M. F. S. TEIXEIRA, 2013. Mycelial biomass and biochemical properties of proteases produced by *Lentinus citrinus* DPUA 1535 (Higher Basidiomycetes) in submerged cultivation. **International Journal of Medicinal** 15(5): 505-515. DOI: <https://doi.org/10.1615/IntJMedMushr.v15.i5.80>.
- KIRSCH, L. S., A. J. P. MACEDO & M. F. S. TEIXEIRA, 2016. Production of mycelial biomass by the Amazonian edible mushroom *Pleurotus albidus*. **Brazilian Journal of Microbiology** 47(3): 658-664. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjm.2016.04.007>.
- KUMAR, S., N. S. SHARMA, M. R. SAHARAN & R. SINGH, 2005. Extracellular acid protease from *Rhizopus oryzae*: purification and characterization. **Process Biochemistry** 40(5): 1701-1705. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2004.06.047>.

- KUMAR, R. S., R. RAJESH, S. GOKULAKRISHNAN & J. SUBRAMANIAN, 2015. Screening and characterization of fibrinolytic protease producing *Bacillus circulans* from mangrove sediments Pitchavaram, South East Coast of India. **International Letters of Natural Sciences** 28: 10-16. DOI: <https://doi.org/10.18052/www.scrippress.com/ILNS.28.10>.
- MACHADO, A. R. G., M. F. S. TEIXEIRA, L. S. KIRSCH, M. C. L. CAMPELO & I. M. A. OLIVEIRA, 2016. Nutritional value and proteases of *Lentinus citrinus* produced by solid state fermentation of lignocellulosic waste from tropical region. **Saudi Journal of Biological Sciences** 23(5): 621-627. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.07.002>.
- MACHADO, A. R. G., S. R. MARTIM, M. M. ALECRIM & M. F. S. TEIXEIRA, 2017. Production and characterization of proteases from edible mushrooms cultivated on amazonic tubers. **African Journal of Biotechnology** 16(46): 2160-2166. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJB2017.16154>.
- MAGALHÃES, A. A. S., T. B. CARVALHO, A. Q. L. SOUZA & J. O. PEREIRA, 2017. Efeito da temperatura e do pH no crescimento micelial do fungo amazônico *Lentinus crinitus* (L.) Fr. In: L. A. OLIVEIRA, J. L. S. BENTES, M. A. JESUS, L. C. ROCHA, O. C. FERNANDES, S. L. ANDRADE & A. Q. L. SOUZA (Org.): **Diversidade microbiana da Amazônia**: 2: 200-207. INPA, Manaus.
- MARTIM, S. R., L. S. C. SILVA, M. M. ALECRIM, B. C. SOUZA, I. M. A. OLIVEIRA & M. F. S. TEIXEIRA, 2017. Proteases ácidas de cogumelo comestível da Amazônia para aplicabilidade industrial. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 12(3): 353-362.
- MERHEB-DINI, C., E. GOMES, M. BOSCOLO & R. SILVA, 2010. Production and characterization of a milk-clotting protease in the crude enzymatic extract from the newly isolated *Thermomucor indicae-seudaticae* N31: (milk-clotting protease from the newly isolated *Thermomucor indicae-seudaticae* N31). **Food Chemistry** 120(1): 87-93. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.075>.
- MINITAB, 2017. **Minitab statistical software**. Version 18.1. LEAD Technologies, Inc., [S. ].
- MORETTI, M., D. A. BOCCHINI-MARTINS, R. D. SILVA, A. RODRIGUES, L. D. SETTE & E. GOMES, 2012. Selection of thermophilic and thermotolerant fungi for the production of cellulases and xylanases under solid-state fermentation. **Brazilian Journal of Microbiology** 43(3): 1062-1071. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-83822012000300032>.
- NAZMI, A. R., T. REINISCH & H. J. HINZ, 2006. Ca-binding to *Bacillus licheniformis*  $\alpha$ -amylase (BLA). **Archives of Biochemistry and Biophysics** 453(1): 18-25. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.abb.2006.04.004>.
- PERALTA, R. M., B. P. SILVA, R. C. G. CÔRREA, C. G. KATO, F. A. V. SEIXAS & A. BRACHT, 2017. Enzymes from Basidiomycetes – peculiar and efficient tools for biotechnology. In: G. BRAHMACHARI (Ed.): **Biotechnology of microbial enzymes**: 119-149. Academic Press, New York. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-803725-6.00005-4>.
- PORTO, A. L. F., G. M. CAMPOS-TAKAKI & J. L. LIMA FILHO, 1996. Effects of culture conditions on protease production by *Streptomyces clavuligerus* growing on soy bean flour medium. **Applied Biochemistry and Biotechnology** 60(2): 115-122. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02788066>.
- RAO, M. B., A. M. TANKSALE, M. S. GHATGE & V. V. DESHPANDE, 1998. Molecular and biotechnological aspects of microbial proteases. **Microbiology and Molecular Biology Reviews** 62(3): 597-635.
- RAVEENDRAN, S., B. PARAMESWARAN, S. B. UMMALYMA, A. ABRAHAM, A. K. MATHEW, A. MADHAVAN & A. PANDEY, 2018. Applications of microbial enzymes in food industry. **Food Technology and Biotechnology** 56(1): 16-30. DOI: <http://dx.doi.org/10.17113/ftb.56.01.18.5491>.
- SAVITHA, S., S. SADHASIVAM, K. SWAMINATHAN & F. H. LIN, 2011. Fungal protease: production, purification and compatibility with laundry detergents and their wash performance. **Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers** 42(2): 298-304. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2010.05.012>.
- SAYALI, K., P. SADICHHA & S. SUREKHA, 2013. Microbial esterases: an overview. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences** 2(7): 135-146.
- SHELDON, R. A. & S. VAN PELT, 2013. Enzyme immobilisation in biocatalysis: why, what and how. **Chemical Society Reviews** 42(15): 6223-6235. DOI: <http://dx.doi.org/10.1039/C3CS60075K>.
- SINGH, R., A. MITTAL, M. KUMAR & P. K. MEHTA, 2016. Microbial protease in commercial applications. **Journal of Pharmaceutical, Chemical and Biological** 4(3): 365-374.
- SINGH, S. & B. K. BAJAJ, 2017. Potential application spectrum of microbial proteases for clean and green industrial production. **Energy, Ecology and Environment** 2(6): 370-386. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40974-017-0076-5>.
- ZHANG, X., Q. LIU, G. ZHANG, H. WANG & T. NG, 2010. Purification and molecular cloning of a serine protease from the mushroom *Hypsizygus marmoreus*. **Process Biochemistry** 45(5): 724-730. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2010.01.009>.
- ZIMMER, K. R., G. L. BORRÉ, D. S. TRENTIN, C. W. JÚNIOR, A. P. FRASSON, A. A. GRAEFF & A. J. MACEDO, 2009. Enzimas microbianas de uso terapêutico e diagnóstico clínico. **Revista Liberato** 10(14): 123-137.



**Produção e caracterização parcial de proteases aspárticas sintetizadas por *Lentinus crinitus* (L.) Fr. 1825 DPUA 1693 (Polyporaceae)**  
Production and partial characterization of aspartic proteases synthesized by *Lentinus crinitus* (L.) Fr. 1825 DPUA 1693 (Polyporaceae)

Erica Caroline de Matos Brito<sup>I</sup>  | Rodrigo da Silva Braga<sup>I</sup>  |

Maria Francisca Simas Teixeira<sup>II</sup>  | Salomão Rocha Martim<sup>I</sup> 

<sup>I</sup>Faculdade Estácio do Amazonas. Manaus, Amazonas, Brasil

<sup>II</sup>Universidade Federal do Amazonas. Manaus, Amazonas, Brasil

**Resumo:** As proteases têm elevada aplicação industrial e, nos últimos anos, os cogumelos têm se destacado como fontes naturais e renováveis destes biocatalisadores. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a produção e caracterizar as proteases sintetizadas por *Lentinus crinitus* (L.) Fr. 1825 DPUA 1693. A cultura matriz, preparada em ágar batata dextrose, suplementado com 0,5% (p/p) de extrato de levedura, foi mantida por 8 dias a 25 °C. Em seguida, *L. crinitus* foi cultivado em uma mistura de farelo de arroz e semente de tucumã durante 15 dias a 25 °C. As proteases foram extraídas em água destilada esterilizada e, no extrato bruto, foi determinada a atividade proteolítica, utilizando-se como substrato azocaseína 1% (p/v). As condições que favoreceram a síntese destas enzimas foram: pH inicial do meio de cultivo (8,0), tempo de fermentação (12 dias), idade do inóculo (seis dias) e tamanho do inóculo (10%). As proteases demonstraram as seguintes características bioquímicas: pH ótimo (6,0), temperatura ótima (50 °C), estabilidade na faixa de pH (5,0-6,0) e temperatura (30-50 °C). As proteases foram estimuladas por íons Mn<sup>2+</sup> e classificadas como aspártico proteases. Estes biocatalisadores têm potencial para produção de queijos, pães e bebidas.

**Palavras-chave:** Cogumelo. Bioprocesso. Peptidases. Resíduos lignocelulósicos.

**Abstract:** Proteases have high industrial application and, in recent years, mushrooms have stood out as natural and renewable sources of these biocatalysts. The objective of this research was to evaluate the production and characterization of the proteases synthesized by *Lentinus crinitus* Fr. 1852 DPUA 1693. The matrix culture was prepared in potato dextrose supplemented with 0.5% (w/w) yeast extract and maintained for 8 days at 25 °C. Then, *L. crinitus* was cultivated in a mixture of rice bran and tucumã seed, for 15 days at 25 °C. The proteases were extracted in sterile distilled water, and proteolytic activity was determined in the crude extract using azocasein 1% (w/v) as substrate. The conditions favoring the synthesis of these enzymes were: initial pH of the culture medium (8.0), fermentation time (12 days), inoculum age (six days), and inoculum size (10%). The proteases showed the following biochemical characteristics: optimum pH (6.0), optimum temperature (50 °C), stability in pH range (5.0-6.0), and temperature (30-50 °C). Proteases were stimulated by Mn<sup>2+</sup> ions and classified as aspartic proteases. These biocatalysts have the potential to produce cheese, breads, and beverages.

**Keywords:** Mushroom. Bioprocess. Peptidases. Lignocellulosic residues.

---

BRITO, E. C. M., R. S. BRAGA, M. F. S. TEIXEIRA & S. R. MARTIM, 2019. Produção e caracterização parcial de proteases aspárticas sintetizadas por *Lentinus crinitus* (L.) Fr. 1825 DPUA 1693 (Polyporaceae). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 14(3): 463-472.

Autora para correspondência: Erica Caroline de Matos Brito. Faculdade Estácio do Amazonas. Av. Constantino Nery, 3693 – Chapada. Manaus, AM, Brasil. CEP 69025-315 (ericacarolinemb@gmail.com).

Recebido em 23/01/2019

Aprovado em 12/06/2019

Responsabilidade editorial: Fernando da Silva Carvalho Filho



## INTRODUÇÃO

Proteases catalisam reações de hidrólise das ligações peptídicas nas proteínas. Estes biocatalisadores são utilizados nas indústrias farmacêutica, cosmética, de limpeza, de alimentos, no beneficiamento do couro (Lanka *et al.*, 2017) e, devido às diversas aplicabilidades, representam cerca de 70% das enzimas comercializadas (Kumar *et al.*, 2016).

As enzimas proteolíticas são extraídas de animais, vegetais e microrganismos, entretanto, a obtenção de proteases de origem animal é uma prática bastante contestada, pois envolve o abate dos animais, além de exigir políticas públicas e agrícolas bem estabelecidas (Rani *et al.*, 2012a). Por outro lado, o processo de aquisição de proteases de origem vegetal é muito demorado, uma vez que depende da disponibilidade de terras para o cultivo e de condições climáticas favoráveis (Singh *et al.*, 2016).

Os microrganismos são largamente utilizados para produção de proteases porque apresentam características fisiológicas e tecnológicas vantajosas, como capacidade de cultivo em grande escala, diversidade bioquímica, susceptibilidade à manipulação genética e, geralmente, sintetizam enzimas extracelulares estáveis em amplas faixas de pH e de temperatura (Majumder *et al.*, 2014; Silva, 2017). A literatura científica reporta a síntese de proteases por diferentes espécies de bactérias e fungos (Suganthi *et al.*, 2013; Castro *et al.*, 2014; Santhi, 2014; Vijayaraghavan *et al.*, 2014; Alecrim *et al.*, 2015; Hang *et al.*, 2016).

Entre os fungos, os cogumelos destacam-se como fonte de proteases com diferentes aplicações industriais, pois colonizam uma variedade de resíduos lignocelulósicos, com consequente síntese e excreção de elevadas quantidades de enzimas proteolíticas, a baixo custo de produção (Inácio *et al.*, 2014). Os cogumelos *Pleurotus albidus* (Berk.) Pegler 1983 DPUA 1692, *P. eryngii* (DC.) Quél. 1872, *Irpex lacteus* (Fr.) Fr. 1828 2425, *Hericium erinaceum* (Bull.) Pers. (1797) NBRC 100328 e *Lyophyllum shimeji* (Kawam.) Hongo 1971 têm sido estudados como fontes de enzimas proteolíticas, conforme descrito por Martim *et al.* (2017),

Bano *et al.* (2016), Chemeris *et al.* (2016), Nakamura *et al.* (2014), Geng *et al.* (2016), respectivamente.

A tecnologia da fermentação semissólida (FSS) ou em estado sólido (FES) é um processo utilizado para obtenção de proteases sintetizadas por fungos filamentosos, e consiste no crescimento de microrganismos em substratos com umidade suficiente para promover e sustentar o desenvolvimento microbiano (Novelli *et al.*, 2016). A FES apresenta vantagens como elevada produtividade, baixa geração de efluentes, risco reduzido de contaminação do meio, pouca exigência de água e energia, além da utilização de resíduos lignocelulósicos como substratos para crescimento dos fungos e produção de proteases (Bensmail *et al.*, 2015; Al-Jammas *et al.*, 2016).

Resíduos lignocelulósicos disponíveis na Amazônia, como exocarpo de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Willd ex-Spreng Schum), semente de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) e farelo de arroz (*Oryza sativa* L.), são utilizados para crescimento e produção de proteases por espécies de cogumelos pertencentes aos gêneros *Pleurotus* (Fr.) P. Kumm. 1871 (Souza *et al.*, 2016) e *Lentinus* Fr. 1825 (Machado *et al.*, 2016). Os resíduos agroindustriais do tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.) também possuem potencial para serem utilizados como matriz sólida para o crescimento e a síntese de proteases por cogumelos (Behera & Gupta, 2015; Kielling *et al.*, 2019).

Considerando-se que as fontes atuais de proteases não suprem à crescente demanda comercial e há necessidade de novas fontes de enzimas proteolíticas com elevada estabilidade catalítica, o objetivo deste artigo foi avaliar a produção e as características bioquímicas de proteases sintetizadas por *Lentinus crinitus* (L.) Fr. 1825 DPUA 1693, cultivado em resíduos lignocelulósicos amazônicos.

## MATERIAL E MÉTODOS

### COGUMELO

Neste estudo, foi utilizado o macrofungo *Lentinus crinitus* (L.) Fr. 1825 DPUA 1693, preservado sob óleo mineral,



proveniente do acervo da Coleção de Culturas, do Departamento de Parasitologia da Universidade Federal do Amazonas (DPUA). Da cultura mantida em óleo mineral, foram retirados fragmentos miceliais, inoculados em caldo glicosado (Lacaz *et al.*, 2002). Para obtenção de cultura viável, fragmentos da massa micelial foram transferidos para BDA [ágar batata dextrose suplementado com extrato de levedura 0,5% (p/v)], em placas de Petri, mantidos a 25 °C por oito dias, para posterior processamento e utilização nos experimentos subsequentes.

### PRODUÇÃO DE PROTEASE POR FERMENTAÇÃO SEMISSÓLIDA

Para o bioprocessamento em matriz sólida, foi utilizada a mistura [farelo de arroz: semente de tucumã (60:40, p/p)], com umidade a 60% e pH 6,0, que, adicionada em frascos Erlenmeyer, foi esterilizada por uma hora, durante dois dias consecutivos. Para determinar as condições ótimas de produção de proteases por *L. crinitus*, foram avaliados os seguintes parâmetros: idade do inóculo (6, 8, 10, 12 e 14 dias), tamanho do inóculo (1,0%, 2,5%, 5,0%, 7,5% e 10%), pH inicial do meio de cultivo (4, 5, 6, 7 e 8) e tempo de fermentação (12, 14, 16, 18 e 20 dias).

### EXTRAÇÃO DAS PROTEASES

As peptidases foram extraídas em água destilada esterilizada [1:5, (substrato: água, p/v)], a 30 °C, a 180 rpm, por 30 minutos, e recuperadas por filtração sob vácuo em papel de filtro Whatman nº 1, seguindo as filtrações em membrana de éster de celulose (0,45 µm) e em membrana polietersulfônica (0,22 µm), respectivamente. No extrato bruto, foi determinada a atividade proteolítica.

### DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE PROTEOLÍTICA

A atividade proteolítica foi determinada conforme metodologia descrita por Leighton *et al.* (1973), utilizando-se solução de azocaseína 1% (p/v) como substrato enzimático. Uma unidade de atividade de

proteases foi definida como a quantidade de enzima necessária para produzir uma variação de absorbância igual a 0,01 em 60 minutos.

### CARACTERIZAÇÃO PARCIAL DAS PROTEASES

As proteases obtidas nas condições ótimas de fermentação foram caracterizadas quanto ao pH e à temperatura ótimas, à estabilidade ao pH e à temperatura, ao efeito de íons e de inibidores.

### DETERMINAÇÃO DO EFEITO DO PH E DA TEMPERATURA NA ATIVIDADE E ESTABILIDADE DA PROTEASE

Para ensaio do pH ótimo, a atividade proteolítica foi determinada a 25 °C em diferentes valores de pH, utilizando-se as seguintes soluções-tampão a 0,1 M: acetato de sódio (5 e 6), Tris-HCl (7 e 8) e glicina-NaOH (9 e 10). A temperatura ótima foi determinada pela incubação do extrato bruto em diferentes temperaturas (30 a 70 °C). Para estabilidade ao pH, o extrato bruto foi diluído (1:1) nas seguintes soluções-tampão a 0,1 M: acetato de sódio (5 e 6), Tris-HCl (7 e 8) e glicina-NaOH (9 e 10), mantido a 25 °C por uma hora. Na estabilidade térmica, o extrato foi incubado em diferentes temperaturas (30 a 70 °C), por uma hora (Martim *et al.*, 2017).

### EFEITO DE INIBIDORES DE PROTEASES E ÍONS METÁLICOS NA ATIVIDADE PROTEOLÍTICA

O efeito de inibidores na atividade enzimática foi investigado utilizando-se, na mistura reacional, fluoreto de fenilmetilsulfonil (PMSF), ácido etileno-diaminotetracético (EDTA), ácido iodoacético (10 mM) e pepstatina (0,1 mM). Os íons metálicos utilizados na concentração de 10 mM, na mistura reacional, foram CaCl<sub>2</sub>, CuSO<sub>4</sub>, FeSO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>, MnSO<sub>4</sub>, ZnSO<sub>4</sub>, NaCl e KCl. As amostras foram incubadas nas condições ótimas de pH e de temperatura; a atividade enzimática residual foi comparada com o controle incubado sem os inibidores e os íons metálicos, e correspondeu a 100% de atividade (Martim *et al.*, 2017).

## ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados de todos os experimentos, realizados em triplicata, foram submetidos à análise de variância e às médias comparadas pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ) por meio do programa Minitab, versão 16.0 (Minitab, 2010).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### PADRONIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DE FERMENTAÇÃO PARA PRODUÇÃO DE PROTEASES

A composição química dos meios de cultivos e as condições físico-químicas utilizadas em processos fermentativos interferem diretamente na produção de proteases por cogumelos. Na literatura científica, há poucos estudos reportando a influência dos parâmetros de fermentação em meio sólido na síntese de proteases por macrofungos. Neste estudo, foi verificado que o aumento da idade do inóculo causou redução da síntese de proteases por *L. crinitus* DPUA 1693. O inóculo com seis dias estimulou a produção e a excreção de proteases (79,11 U/mL), enquanto que a utilização de inóculo com 14 dias reduziu em 32% a síntese de proteases (Figura 1). Martim *et al.* (2017) verificaram síntese máxima de proteases por *P. albidus* DPUA 1692, utilizando inóculo de cinco dias. Priyanka & Raju (2013) e Rani *et al.* (2012b) observaram que *Rhizopus oligosporus* Saito 1905 NCIM 1215 e *Aspergillus flavus* Link 1809 AS2 produziram e excretaram quantidades significativas de proteases quando utilizaram inóculo com quatro dias. Boukhalfa-Lezzar *et al.* (2014) relataram que a idade do inóculo é um dos parâmetros mais importantes em processos fermentativos, sendo que o desenvolvimento microbiano é muito variável e está ligado diretamente às características fisiológicas e genéticas dos microrganismos.

Neste estudo, foi verificado incremento na síntese de proteases com a elevação do tamanho do inóculo (Figura 2). As produções máxima e mínima de enzimas proteolíticas foram observadas com os inóculos de 10% e

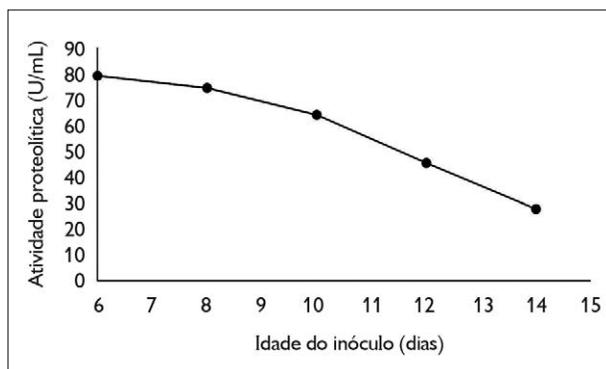


Figura 1. Influência da idade do inóculo na produção de proteases por *Lentinus crinitus* (L.) Fr. 1825 DPUA 1693.

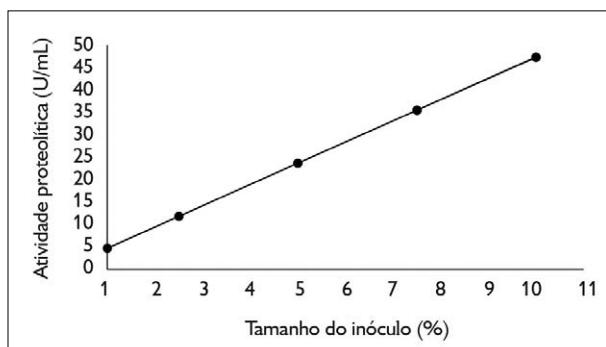


Figura 2. Influência do tamanho do inóculo na produção de proteases por *Lentinus crinitus* (L.) Fr. 1825 DPUA 1693.

1%, que resultaram em atividade de 47,33 U/mL e 25,11 U/mL, respectivamente. Martim *et al.* (2017) também observaram que o inóculo de 10% estimulou a síntese de proteases por *P. albidus* DPUA 1692. Daudi *et al.* (2015) e Ravikumar *et al.* (2012) verificaram que a produção significativa de proteases por *Mucor pusillus* Lindt 1886 IHS 6 e *P. sajor-caju* (Fr.) Singer 1951 foi determinada com a utilização de inóculos de 1% e 3%, respectivamente. Bensmail *et al.* (2015) relataram que a utilização de inóculo concentrado favorece a produção excessiva de biomassa, resultando em rápida degradação dos nutrientes do meio de cultivo, enquanto que, em reduzidas concentrações, ocorrem baixas produções de biomassa e de proteases.

Nas condições avaliadas, o aumento do tempo de cultivo causou redução da síntese de enzimas proteolíticas. A produção significativa de proteases foi verificada quando

*L. crinitus* DPUA 1693 foi cultivado por 12 dias (54,67 U/mL). Aos 20 dias de cultivo em matriz sólida, a atividade catalítica foi 70% inferior (Figura 3). Ahmed & Abood (2017) e Ravikumar *et al.* (2012) observaram máxima produção de proteases por *Rhizopus oryzae* Went & Prins. Geerl. 1895 e *P. sajor-caju* aos seis e quatro dias de fermentação, respectivamente. Foda *et al.* (2012) relataram que *Rhizomucor miehei* (Cooney & R. Emers.) Schipper 1978 NRRL 2034 sintetizou quantitativo significativo de proteases quando cultivado por três dias em matriz sólida. Priyanka & Raju (2013) citaram que a diminuição da síntese de proteases, com o incremento do tempo de cultivo, indica que estas enzimas são metabólitos primários produzidos durante a fase *lag* de crescimento dos fungos para a utilização de nutrientes proteicos, presentes no substrato sólido. Além disso, a presença de outras proteases constituintes também pode reduzir a produção das enzimas proteolíticas.

No presente estudo, o *L. crinitus* DPUA 1693 sintetizou o máximo quantitativo de proteases quando cultivado em pH 8 (65,78 U/mL) (Figura 4). Neste mesmo valor de pH, *Penicillium griseofulvum* Dierckx 1901 LCJ231 e *A. flavus* também produziram valores significativos de proteases, conforme descrito por Jenitta *et al.* (2015) e Chandrasekaran *et al.* (2015), respectivamente. Ravikumar *et al.* (2012) relataram produção máxima de proteases por *P. sajor-caju* em pH 7,0. O pH do meio de cultivo é um dos parâmetros mais estudados em processos de determinação das condições ótimas de produção enzimática, pois influencia diretamente a atividade de biocatalisadores essenciais para o transporte de nutrientes, bem como para o crescimento e a manutenção da estrutura morfológica dos fungos filamentosos (Priyanka & Raju, 2013; Rajput *et al.*, 2016).

#### CARACTERIZAÇÃO PARCIAL DAS PROTEASES SINTETIZADAS POR *LENTINUS CRINITUS* DPUA 1693

O estudo das características bioquímicas das proteases é importante para determinar a viabilidade comercial destes

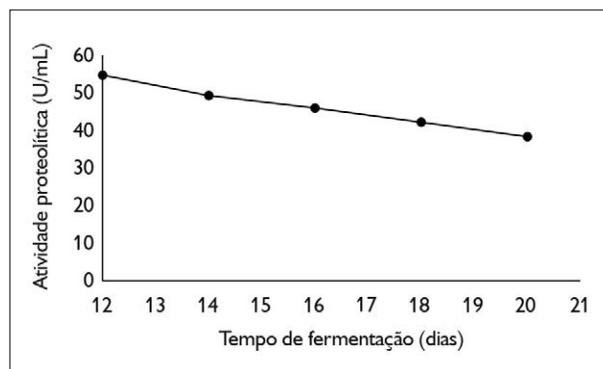


Figura 3. Influência do tempo de fermentação na produção de proteases por *Lentinus crinitus* (L.) Fr. 1825 DPUA 1693.

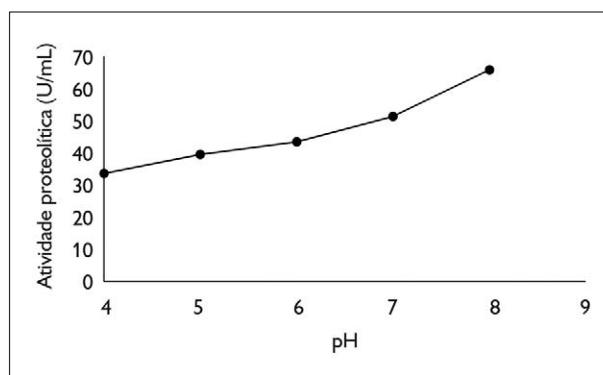


Figura 4. Influência do pH inicial do meio de cultivo na produção de proteases por *Lentinus crinitus* (L.) Fr. 1825 DPUA 1693.

biocatalisadores (Sharma *et al.*, 2017). O pH pode causar desnaturação na estrutura da enzima ou modificar o caráter iônico dos substratos, condições que reduzem a interação entre o substrato e a enzima, resultando em redução de atividade catalítica (Salwanee *et al.*, 2013). As proteases de *L. crinitus* DPUA 1693 demonstraram atividade catalítica máxima em pH 6,0 (77,64 U/mL), com decréscimo de atividade nos pH superiores (Figura 5). Fonseca *et al.* (2014) observaram que as proteases de *Pleurotus ostreatoroseus* Singer 1961 DPUA 1720 também agem em pH 6,0. Entretanto, as proteases de *Termitomyces clypeatus* R. Heim 1951 MTCC 5091 e *Lentinus citrinus* Walley & Rammeloo (1994) DPUA 1535 apresentaram atividades significativas em pH 5,0 e 7,0, conforme citado por Majumder *et al.* (2015) e por Machado *et al.* (2017), respectivamente.

A temperatura influencia diretamente na atividade catalítica de uma enzima, mas é considerada um dos parâmetros mais difíceis de serem controlados em bioprocessos em matriz sólida (Nascimento *et al.*, 2015). No presente estudo, foi verificada atividade catalítica máxima em 50 °C (152 U/mL), com declínio de 30% e 33% de atividade a 60 °C e 70 °C, respectivamente (Figura 6). As proteases de *Coprinosia atramentaria* (Bull.) Redhead, Vilgalys & Moncalvo 2001, *Lyophyllum shimeji* (Kawam.) Hongo 1971 e *Phanerochaete chrysosporium* Burdsall & Eslin (1984) também apresentaram significativa atividade a 50 °C, conforme reportado por Zhang *et al.* (2018), Geng *et al.* (2016) e Silva *et al.* (2017), respectivamente.

As proteases de *L. crinitus* DPUA 1693 mantiveram maior estabilidade na faixa de pH 5,0 a 6,0. Em pH superiores, houve redução de atividade, entretanto as proteases demonstraram atividade relativa superior a 75%

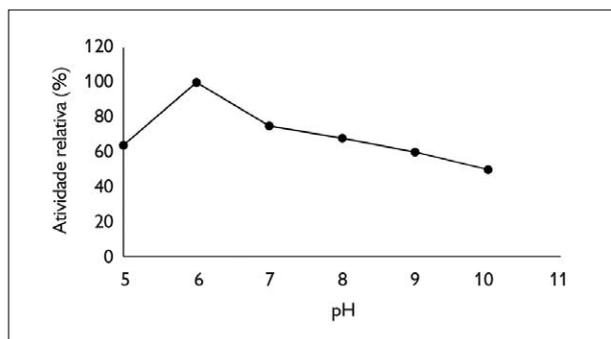


Figura 5. Efeito do pH na atividade proteolítica de *Lentinus crinitus* (L.) Fr. 1825 DPUA 1693.

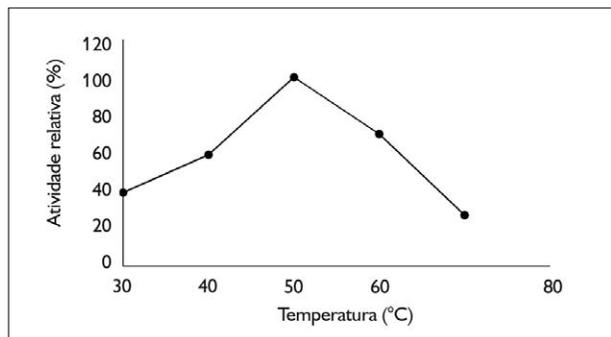


Figura 6. Efeito da temperatura na atividade proteolítica de *Lentinus crinitus* (L.) Fr. 1825 DPUA 1693.

(Figura 7). Martim *et al.* (2017) relataram que as proteases de *P. albidus* DPUA 1692 demonstraram estabilidade na faixa de pH 5,0 a 8,0. Silva *et al.* (2017) observaram que as proteases de *P. chrysosporium* mantiveram estabilidade superior a 80% na faixa de pH 3,0 a 8,0. Machado *et al.* (2017) reportaram que as proteases de *P. ostreatoroseus* DPUA 1720 possuem maior estabilidade em pH 8,0.

Nas condições analisadas, as proteases de *L. crinitus* DPUA 1693 mantiveram estabilidade na faixa de 30 °C a 60 °C, com atividades relativas superiores a 80% (Figura 8). Martim *et al.* (2017) também observaram estabilidade das proteases de *P. albidus* DPUA 1692 na faixa de 30 °C a 60 °C, resultados semelhantes aos observados no presente estudo. Machado *et al.* (2017) e Zhang *et al.* (2018) relataram que as enzimas proteolíticas de *P. ostreatoroseus* DPUA 1720 e *C. atramentaria* mantiveram estabilidade até 50 °C e 40 °C, respectivamente.

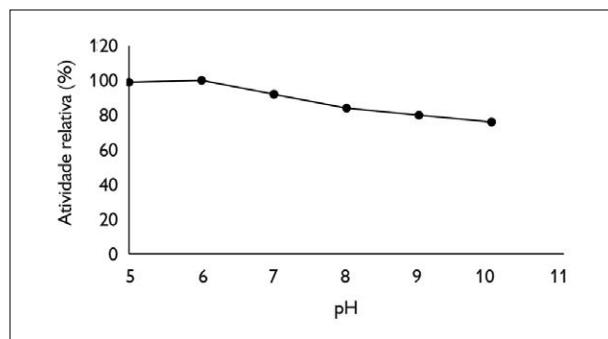


Figura 7. Efeito do pH na estabilidade das proteases de *Lentinus crinitus* (L.) Fr. 1825 DPUA 1693.

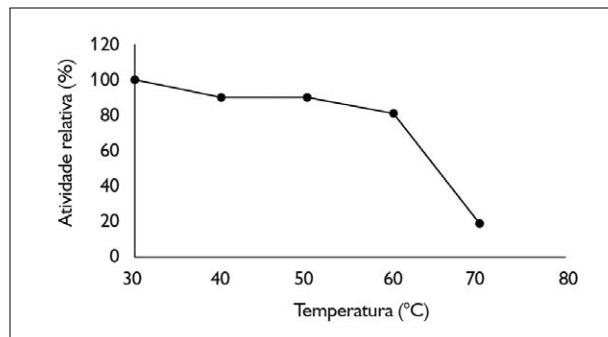


Figura 8. Efeito da temperatura na estabilidade das proteases de *Lentinus crinitus* (L.) Fr. 1825 DPUA 1693.

Sharma *et al.* (2017) relataram que diferentes substâncias químicas podem interferir na atividade catalítica das proteases microbianas. O efeito de íons metálicos e de inibidores na atividade das proteases de *L. crinitus* está demonstrado na Tabela 1. Em relação às substâncias inibidoras, pepstatina causou repressão de 57% na atividade proteolítica, sugerindo a presença expressiva de proteases aspárticas no extrato bruto de *L. crinitus* DPUA 1693. Na presença dos demais inibidores, as proteases mantiveram atividade superior a 50%. El-Baky *et al.* (2011), Hsiao *et al.* (2014) e Silva *et al.* (2017) também relataram a produção de proteases aspárticas por *Piptoporus soloniensis* (Dubois) Pilát 1937, *R. oryzae* e *P. chrysosporium*, respectivamente. As proteases aspárticas são amplamente utilizadas na indústria de alimentos para produção de queijos, produtos de panificação, cervejas e vinhos (Mamo & Assefa, 2018).

No teste de estabilidade frente a íons metálicos, foi verificado que as proteases de *L. crinitus* DPUA 1693 foram estimuladas em 110% na presença de  $Mn^{2+}$ , e reprimidas em 98% por  $Cu^{2+}$ . Shirasaka *et al.* (2012) e Martim *et al.* (2017) relataram que íons  $Mn^{2+}$  estimularam em 54,1% e 16% a atividade proteásica de *A. oryzae* KSK-3 e *P. albidus*

DPUA 1692, respectivamente. Machado *et al.* (2017) e Zhang *et al.* (2018) reportaram que íons  $Cu^{2+}$  reprimiram as atividades proteolíticas de *P. ostreatoroseus* DPUA 1720 e *C. atramentaria* em 95% e 88,3%, respectivamente.

## CONCLUSÃO

O macrofungo *Lentinus crinitus* DPUA 1693 produz, de forma predominante, proteases aspárticas com atividade ótima em pH 6,0, a 50 °C, quando cultivado em farelo de arroz e semente de tucumã. A síntese destes biocatalisadores é influenciada pelo pH inicial do meio de cultivo, tempo de fermentação, idade e tamanho do inóculo. As enzimas proteolíticas de *L. crinitus* DPUA 1693 têm potencial para aplicação na indústria de laticínios, panificação e bebidas.

## AGRADECIMENTOS

À Coleção de Culturas DPUA e ao Laboratório de Microbiologia Industrial e Médica, da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), por terem disponibilizado o macrofungo e todos os materiais e equipamentos necessários ao desenvolvimento da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

AHMED, S. A. & N. H. ABOOD, 2017. Effect of some growth factors on protease production by *Rhizopus oryzae*. **Al-Nahrain Journal of Science** 20(2): 90-95.

ALECRIM, M. M., R. A. PALHETA, M. F. S. TEIXEIRA & I. M. A. OLIVEIRA, 2015. Milk-clotting enzymes produced by *Aspergillus flavo furcatis* strains on Amazonian fruit waste. **International Journal of Food Science and Technology** 50(1): 151-157. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.12677>.

AL-JAMMAS, H. A. A., H. AL-FATHI, W. AL-KHALAF & A. TAIFOR, 2016. Study the influence of nitrogen on rennin production by fungi *Rhizomucor miehei* using solid-state fermentation. **Brazilian Journal of Biological Sciences** 3(5): 193-200. DOI: <https://doi.org/10.21472/bjbs.030517>.

BANO, S., M. U. DAHOT & S. H. A. NAQVI, 2016. Optimization of culture conditions for the production of protease by *Pleurotus eryngii*. **Pakistan Journal of Biotechnology** 13(3): 193-198.

BEHERA, S. & N. GUPTA, 2015. Utilization of vegetable waste for biomass production of some wild edible mushroom cultures. **Tropical Plant Research** 2(1): 5-9.

Tabela 1. Efeito de íons e inibidores na atividade proteolítica do extrato enzimático.

Íons e inibidores	Atividade relativa (%)
Controle	100
Ácido iodoacético	89
EDTA	54
PMSF	66
Pepstatina	43
$CaCl_2$	22
$CuSO_4$	2
$FeSO_4$	8
KCl	20
$MgSO_4$	87
$MnSO_4$	210
NaCl	26
$ZnSO_4$	5

- BENSMAIL, S., A. MECHAKRA & F. FAZOUANE-NAIMI, 2015. Optimization of milk-clotting protease production by a local isolate of *Aspergillus niger* FFB1 in solid-state fermentation. **Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences** 4(5): 467-472. DOI: <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2015.4.5.467-472>.
- BOUKHALFA-LEZZAR, H., H. LEGHLIMI, E. COPINET, F. DUCHIRON & A. MECHAKRA-MAZA, 2014. Utilization of tomato pomace as a substrate for neutral protease production by *Aspergillus oryzae* 2220 on solid-state fermentation. **International Journal of Advanced Research** 2(11): 338-346.
- CASTRO, R. J. S., T. G. NISHIDE & H. H. SATO, 2014. Production and biochemical properties of proteases secreted by *Aspergillus niger* under solid state fermentation in response to diferente agroindustrial substrates. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology** 3(4): 236-245. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2014.06.001>.
- CHANDRASEKARAN, S., S. S. P. KUMARESAN & M. MANAVALAN, 2015. Production and optimization of protease by filamentous fungus isolated from Paddy soil in Thiruvavur District Tamilnadu. **Journal of Applied Biology and Biotechnology** 3(6): 66-69. DOI: <https://doi.org/10.7324/JABB.2015.3610>.
- CHEMERIS, O. V., V. V. RASHEVSKIY, K. A. GALKOVA & M. I. BOYKO, 2016. Strain variability of *Irpex Lacteus* Basidiomycetes in the synthesis of specific milk-clotting proteinases. **Moscow University Biological Sciences Bulletin** 71(4): 222-225. DOI: <https://doi.org/10.3103/S0096392516040040>.
- DAUDI, S., H. MUKHTAR, A. U. REHMAN & I. U. HAQ, 2015. Production of rennin-like acid protease by *Mucor pusillus* through submerged fermentation. **Pakistan Journal of Botany** 47(3): 1121-1127.
- EL-BAKY, H. A., D. LINKE, M. NIMTZ & R. G. BERGER, 2011. PsoP1, a milk-clotting aspartic peptidase from the basidiomycete fungus *Piptoporus saloniensis*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 59(18): 10311-10316. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf2021495>.
- FODA, M. S., M. E. MOHARAM, A. RAMADAN & M. A. EI-BENDARY, 2012. Over production of milk clotting enzyme from *Rhizomucor miehei* through adjustment of growth under solid state fermentation conditions. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences** 6(8): 579-589.
- FONSECA, T. R. B., J. F. BARRONCAS & M. F. S. TEIXEIRA, 2014. Produção em matriz sólida e caracterização parcial das proteases de cogumelo comestível da floresta amazônica. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial** 8(1): 1227-1236. DOI: <https://doi.org/10.3895/S1981-36862014000100008>.
- GENG, X., R. TE, G. TIAN, Y. ZHAO, L. ZHAO, H. WANG & T. B. NG, 2016. Purification and characterization of a novel serine protease from the fruiting bodies of a rare edible medicinal mushroom, *Lyophyllum shimeji* (Agaricomycetes). **International Journal of Medicinal Mushrooms** 18(6): 547-554. DOI: <https://doi.org/10.1615/IntJMedMushrooms.v18.i6.90>.
- HANG, F., P. LIU, Q. WANG, J. HAN, Z. WU, C. GAO, Z. LIU, H. ZHANG & W. CHEN, 2016. High milk-clotting activity expressed by the newly isolated *Paenibacillus* spp. strain BD3526. **Molecules** 21(1):1-14. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules21010073>.
- HSIAO, N. W., Y. CHEN, Y. C. KUAN, Y. C. LEE, S. K. LEE, H. H. CHAN & C. H. KAO, 2014. Purification and characterization of an aspartic protease from the *Rhizopus oryzae* protease extract, Peptidase R. **Electronic Journal of Biotechnology** 17(2): 89-94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2014.02.002>.
- INÁCIO, F. D., R. O. FERREIRA, C. A. V. ARAÚJO, T. BRUGNARI, R. CASTOLDI, R. M. PERALTA & C. G. M. SOUZA, 2015. Proteases of wood rot Fungi with emphasis on the genus *Pleurotus*. **BioMed Research International** 2015: 290161. DOI: <https://dx.doi.org/10.1155/2015/290161>.
- JENITTA, X. J., S. E. PRIYA & J. J. GNANADOSS, 2015. Optimization of culture conditions and inducers for improved protease production by *Penicillium griseofulvum* LCJ231 under submerged fermentation. **International Journal of Advanced Biotechnology and Research** 6(2): 152-160.
- KIELING, A. C., G. P. SANTANA, M. C. SANTOS, H. C. C. JAQTINON & C. C. P. MONTEIRO, 2019. Cadeia do tucumã comercializado em Manaus-AM. **Scientia Amazonia** 8(2): 1-9.
- KUMAR, N. S., P. S. D. SREEJA & A. S. NAIR, 2016. A review on microbial proteases. **International Journal of Advanced Research** 4(7): 2048-2053. DOI: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/1091>.
- LACAZ, C. S., E. PORTO, J. E. C. MARTINS, E. M. HEINSVACCARI & N. T. MELO, 2002. **Tratado de micologia médica**: 9. ed.: 1-1104. Savier, São Paulo.
- LANKA, S., C. H. ANJALI & M. PYDIPALLI, 2017. Enhanced production of alkaline protease by *Aspergillus niger* DEF 1 isolated from dairy form effluent and determination of its fibrinolytic ability. **African Journal of Microbiology Research** 11(11): 440-449. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJMR2016-8379>.
- LEIGHTON, T. J., R. H. DOI, R. A. J. WARREN & R. A. KELLN, 1973. The relationship of serine protease activity to RNA polymerase modification and sporulation in *Bacillus subtilis*. **Journal of Molecular Biology** 76(1): 103-122. DOI: [https://doi.org/10.1016/0022-2836\(73\)90083-1](https://doi.org/10.1016/0022-2836(73)90083-1).
- MACHADO, A. R. G., M. F. S. TEIXEIRA, L. S. KIRSCH, M. C. L. CAMPELO & I. M. A. OLIVEIRA, 2016. Nutritional value and proteases of *Lentinus citrinus* produced by solid state fermentation of lignocellulosic waste from tropical region. **Saudi Journal of Biological Sciences** 23(5): 621-627. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.07.002>.
- MACHADO, A. R. G., S. R. MARTIM, M. M. ALECRIM & M. F. S. TEIXEIRA, 2017. Production and characterization of proteases from edible mushrooms cultivated on amazonic tubers. **African Journal of Biotechnology** 16(46): 2160-2166. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJB2017.16154>.

- MAJUMDER, R., S. P. BANIK, L. RAMRAKHIANI & S. SKHOWALA, 2014. Bioremediation by alkaline protease (AkP) from edible mushroom *Termitomyces clypeatus*: optimization approach based on statistical design and characterization for diverse applications. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology** 90(10): 1886-1896. DOI: <https://doi.org/10.1002/jctb.4500>.
- MAJUMDER, R., S. P. BANIK & S. KHOWALA, 2015. Purification and characterization of  $\kappa$ -casein specific milk-clotting metalloprotease from *Termitomyces clypeatus* MTCC 5091. **Food Chemistry** 173: 441-448. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.027>.
- MAMO, J. & F. ASSEFA, 2018. The role of microbial aspartic protease enzyme in food and beverage industries. **Journal of Food Quality** 2018: 7957269. DOI: <https://doi.org/10.1155/2018/7957269>.
- MARTIM, S. R., L. S. C. SILVA, M. M. ALECRIM, B. C. SOUZA, I. M. A. OLIVEIRA & M. F. S. TEIXEIRA, 2017. Proteases ácidas de cogumelo comestível da Amazônia para aplicabilidade industrial. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 12(3): 353-362.
- MINITAB, 2010. **Minitab statistical software**. Version 16.0. LEAD Technologies, Inc., [S. l.].
- NAKAMURA, K., N. KOBAYASHI & M. TANIMOTO, 2014. Screening of edible mushrooms producing milk-clotting enzyme. **Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi** 61(9): 444-447. DOI: <https://doi.org/10.3136/nskkk.61.444>.
- NASCIMENTO, T. P., A. E. SALES, C. S. PORTO, R. M. P. BRANDÃO, G. M. C. TAKAKI, J. A. C. TEIXEIRA, T. S. PORTO & A. L. F. PORTO, 2015. Production and characterization of new fibrinolytic protease from *Mucor subtilissimus* UCP 1262 in solid-state fermentation. **Advances in Enzyme Research** 3: 81-91. DOI: <http://dx.doi.org/10.4236/aer.2015.33009>.
- NOVELLI, P. K., M. M. BARROS & L. F. FLEURI, 2016. Novel inexpensive fungi proteases: production by solid state fermentation and characterization. **Food Chemistry** 198: 119-124. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.11.089>.
- PRIYANKA, P. & K. J. RAJU, 2013. Neutral protease production by *Rhizopus oligosporus* NCIM 1215 under solid state fermentation using mixed substrates of agroindustrial residues. **International Journal of Chemical Sciences** 11(1): 291-305.
- RAJPUT, K., S. CHANYAL & P. K. AGRAWAL, 2016. Optimization of protease production by endophytic fungus, *Alternaria alternata* isolated from Gymnosperm tree- *Cupressus torulosa* D.DON. **World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences** 5(7): 1034-1054.
- RANI, K., R. RANA & S. DATT, 2012a. Review on latest overview of proteases. **International Journal of Current Life Sciences** 2(1): 12-18.
- RANI, R. M., N. N. PRASAD & K. R. S. SAMBASIVARAO, 2012b. Optimization of cultural conditions for the production of alkaline protease from a mutant *Aspergillus flavus* AS2. **Asian Journal of Experimental Biological Sciences** 3(3): 565-576.
- RAVIKUMAR, G., D. GOMATHI, M. KALAISELVI & C. UMA, 2012. A protease from the medicinal mushroom *Pleurotus sajor-caju*: production, purification and partial characterization. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine** 2(1): 411-417. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(12\)60198-1](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(12)60198-1).
- SALWANEE, S., W. M. W. AIDA, S. MAMOT, M. Y. MASKAT & S. IBRAHIM, 2013. Effects of enzyme concentration, temperature, pH and time on the degree of hydrolysis of protein extract from viscera of tuna (*Euthynnus affinis*) by using alcalase. **Sains Malaysiana** 42(3): 279-287.
- SANTHI, R., 2014. Extracellular protease production by solid state fermentation using *Punica granatum* peel waste. **Indo American Journal of Pharmaceutical Research** 4(6): 2706-2712.
- SHARMA, K. M., R. KUMAR, S. PANWAR & A. KUMAR, 2017. Microbial alkaline proteases: optimization of production parameters and their properties. **Journal of Genetic Engineering and Biotechnology** 15(1): 115-126. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jgeb.2017.02.001>.
- SHIRASAKA, N., M. NAITOU, K. OKAMURA, M. KUSUDA, Y. FUKUTA & T. TERASHITA, 2012. Purification and characterization of a fibrinolytic protease from *Aspergillus oryzae* KSK-3. **Mycoscience** 53(5): 354-364. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10267-011-0179-3>.
- SILVA, R. R., 2017. Bacterial and fungal proteolytic enzymes: production, catalysis and potential applications. **Applied Biochemistry and Biotechnology** 183(1): 1-19. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12010-017-2427-2>.
- SILVA, R. R., L. C. G. OLIVEIRA, M. A. JULIANO, L. JULIANO, A. H. C. OLIVEIRA, J. C. ROSA & H. CABRAL, 2017. Biochemical and milk-clotting properties and mapping of catalytic subsites of an extracellular aspartic peptidase from basidiomycete fungus *Phanerochaete chrysosporium*. **Food Chemistry** 225: 45-54. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.009>.
- SINGH, R., A. MITTAL, M. KUMAR & P. K. MEHTA, 2016. Microbial proteases in commercial applications. **Journal of Pharmaceutical, Chemical and Biological Sciences** 4(3): 365-374.
- SOUZA, R. Á. T., T. R. B. FONSECA, L. S. KIRSCH, L. S. C. SILVA, M. M. ALECRIM, R. F. CRUZ FILHO & M. F. S. TEIXEIRA, 2016. Nutritional composition of bioproducts generated from semi-solid fermentation of pineapple peel by edible mushrooms. **African Journal of Biotechnology** 15(12): 451-457. DOI: <http://dx.doi.org/10.5897/AJB2015.14960>.
- SUGANTHI, C., A. MAGESWARI, S. KARTHIKEYAN, M. ANBALAGAN, A. SIVAKUMAR & K. M. GOTHANDAM, 2013. Screening and optimization of protease production from a halotolerant *Bacillus licheniformis* isolated from saltern sediments. **Journal of Genetic Engineering and Biotechnology** 11(1): 47-52. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jgeb.2013.02.002>.

VIJAYARAGHAVAN, P., S. LAZARUS & S. G. P. VINCENT, 2014. De-hairing protease production by an isolated *Bacillus cereus* strain AT under solid-state fermentation using cow dung: biosynthesis and properties. **Saudi Journal of Biological Sciences** 21(1): 27-34. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2013.04.010>.

ZHANG, W., X. GENG, W. CHEN, H. WANG & T. B. NG, 2018. Purification and characterization of a novel protease from the inky cap mushroom, *Coprinopsis atramentaria* (Agaricomycetes). **International Journal of Medicinal Mushrooms** 20(4): 349-358. DOI: <https://doi.org/10.1615/IntJMedMushrooms.2018025810>.

# Mudanças ambientais quaternárias verificadas por meio de depósito de leque aluvial no Planalto de Palmas, Paraná e Água Doce, Santa Catarina, no Sul do Brasil

## Quaternary environmental changes verified by means of alluvial fan deposits at Palmas Plateau in Paraná and Água Doce in Santa Catarina in the South of Brazil

Leandro Oliveira 

Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Francisco Beltrão, Paraná, Brasil

**Resumo:** Processos de gravidade, como os fluxos, podem apresentar alto teor de água que os condicione a comportamento reológico mais próximo de líquido (newtoniano), apesar de serem não newtonianos; enquanto os demais movimentos de massa podem evidenciar comportamento reológico plástico. Essas diferenças podem ser expressas nos depósitos de leques aluviais. Nesse sentido, a concentração relativa de água parece ser a chave para a interpretação do tipo de depósito resultante, bem como pode sugerir inferências a respeito do regime hídrico e fazer considerações paleoambientais. No geral, o quadro evolutivo do leque aluvial sugere que o Campo de Palmas começou a surgir a partir de 24.000 anos AP, decorrente de mudanças climáticas do Último Máximo Glacial até o Holoceno médio, representando um clima mais seco em relação ao atual, com precipitações concentradas. Essas precipitações alteraram a relação água-sedimento, originando o depósito do leque aluvial no canal de 1ª ordem hierárquica do rio Chopim durante o Holoceno.

**Palavras-chave:** Fluxos. Água. Estudo paleoclimático.

**Abstract:** Gravity processes such as fluxes may have a high-water content that conditions them to the rheological behavior closest to liquid (Newtonian), although they are not Newtonian; while the other mass movements may exhibit plastic rheological behavior. These differences can be expressed in alluvial fan deposits. Thus, the relative concentration of water seems to be the key to the interpretation of the resulting deposit type, as well as to suggest inferences about the level of rainfall and to make paleoenvironmental considerations. In general, the evolutionary picture of the alluvial fan suggests that the Campo de Palmas began to emerge from 24,000 years AP, due to climatic changes from the Last Glacial Maximum to the middle Holocene, representing a drier climate than the present, with torrential rainfall events. These torrential rainfalls changed the water-sediment ratio, causing alluvial fan deposits in the first-order channel at the Chopim River basin during the Holocene.

**Keywords:** Fluxes. Water. Paleoclimatic study.

---

OLIVEIRA, L., 2019. Mudanças ambientais quaternárias verificadas por meio de depósito de leque aluvial no Planalto de Palmas, Paraná e Água Doce, Santa Catarina, no Sul do Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais* 14(3): 473-486.

Autor para correspondência: Leandro Oliveira. Rua Rafael Picoli, 2827 – Centro. Cascavel, PR, Brasil. CEP 85813-220 (leandroliver\_@hotmail.com).

Recebido em 06/05/2018

Aprovado em 10/06/2019

Responsabilidade editorial: Fernando da Silva Carvalho Filho



## INTRODUÇÃO

Leques aluviais apresentam sistemas nos quais o padrão dos canais é mais distributário, aspecto que permite a diferenciação deles em relação aos sistemas fluviais típicos, que, por sua vez, apresentam padrão de drenagem tributário dominante. O padrão distributário é resultante da redução no gradiente topográfico, provocando desconfinamento do fluxo, queda na velocidade da corrente e diminuição na profundidade da água, espalhando sedimentos e gerando depósitos (Pontelli, 2005). O acréscimo de água em determinado sistema pode ocorrer em razão de mudanças ambientais, sobretudo climáticas, proporcionando elevação na precipitação, bem como no registro de chuvas concentradas e torrenciais (Pontelli, 2009).

Assim, devido à carência de estudos sobre mudanças ambientais realizados por meio da análise da gênese e da evolução de leques aluviais no Sul do Brasil, este artigo vem a contribuir com as Geociências desta região. Para isso, analisou-se o leque aluvial por meio de registros topográfico, sedimentar e isotópico. Além disso, buscou-se obter critérios de análise de depósitos de leques aluviais, bem como correlacioná-los com a complexidade de processos de gravidade atuante nessas formas.

Devido à complexidade dos processos de gravidade atuantes em leques aluviais, não há consenso internacional quanto às formas dos depósitos resultantes. Com a evolução dos estudos e a maior convergência dos termos citados pelos autores, no entanto, caminhar-se-á para uma sistematização internacional. Ao se observar as descrições de Meis & Monteiro (1979) e Blikra & Nemeč (1998), nota-se que as formas e os depósitos na base de vertentes são gerados por processos de movimentos de massa, entre elas a lavagem de encosta ou enxurrada (*sheetwash*). Entretanto, Meis & Monteiro (1979) chamam as formas do depósito de complexo de rampas (*complex of rampas*), enquanto Blikra & Nemeč (1998), de leque coluvial (*colluvial fan*).

Assim, pode ser realizada a separação dos leques coluviais em relação aos dominados por fluxos sedimentares de gravidade, caso isso ocorra. Fluxos podem apresentar alto

teor de água, aspecto que os condiciona a desenvolverem comportamento reológico mais próximo de líquido (newtoniano), apesar de serem não newtonianos; enquanto os demais movimentos de massa podem apresentar comportamento reológico plástico. Essas diferenças podem ser expressas nos depósitos de leques aluviais (Haughton *et al.*, 2009). Nesse sentido, a concentração relativa de água parece ser a chave para a interpretação do tipo de depósito resultante, bem como pode sugerir inferências a respeito do regime hídrico e fazer considerações paleoambientais.

A esse respeito, foram encontrados importantes registros paleoambientais na superfície incompletamente aplainada II, tais como alúvio em paleocanal de baixa ordem hierárquica – datada do Pleistoceno superior, com 41.000 anos AP, correspondendo ao estágio isotópico marinho 3 (EIM 3) (Paisani *et al.*, 2012) –, depósitos de colúvio, alúvio, colúvio-alúvio, paleossolos (Guerra, 2012) e hidrotermalismo (Lima, 2013). Esta superfície merece ênfase por ser a única, até o momento, onde se encontram paleocanais, bem como onde há a ocorrência de inversão de relevo (Paisani *et al.*, 2012).

Ademais, essas importantes feições geomorfológicas atestam a complexidade evolutiva da superfície II, onde foram estabelecidas seções estratigráficas, a fim de se compreender a evolução dessa superfície que integra o Planalto de Palmas, Paraná, e Água Doce, Santa Catarina, no Sul do Brasil. Dentre as feições geomorfológicas do Planalto de Palmas, Paraná, e Água Doce, Santa Catarina, identificaram-se formas de agradação em desembocadura de canais de 1ª ordem na bacia do rio Chopim. Entre essas formas, identificou-se um leque aluvial, o qual foi definido como objeto de estudo. A esse respeito, buscou-se compreender como a análise deste depósito pode contribuir para o entendimento de mudanças ambientais na superfície incompletamente aplainada II e no Sul do Brasil.

É nesse contexto, e tendo por objeto de estudo este leque aluvial, que o presente artigo estruturou-se, buscando: 1) informar sobre o leque aluvial estudado; 2) caracterizar fisicamente os materiais do depósito;

3) estabelecer geocronologicamente os eventos que resultaram na gênese e na evolução do leque aluvial; 4) identificar mudanças na vegetação, por meio da razão de isótopos estáveis de carbono registrado no depósito; 5) averiguar mudanças paleoclimáticas e tectônicas que influenciaram o canal de 1ª ordem do rio Chopim, bem como o depósito; 6) estabelecer a evolução do leque aluvial e correlacionar a eventos paleoclimáticos; e 7) contribuir com as Geociências, sobretudo do Sul do Brasil.

### ÁREA DE ESTUDO

O leque aluvial estudado situa-se na fazenda São Pedro II da comunidade Horizonte (Figura 1), no Planalto de Palmas, Paraná, Água Doce, Santa Catarina, entre 1.200 a 1.300 m de altitude (Paisani *et al.*, 2008). Nessa altitude, o depósito do leque aluvial desenvolveu-se na desembocadura de canal de 1ª ordem hierárquica da bacia hidrográfica do rio Cerro Chato, afluente do rio Chopim. O córrego Cerro Chato é de 4ª ordem hierárquica pela classificação de Strahler (Christofolletti, 1980). Com relação aos corpos d'água, observa-se também a formação de áreas alagadas e turfeiras. A geologia nessa superfície apresenta rochas classificadas em riolitos e derrames hidrotermais, ambos derivados da Formação Serra Geral (Chmyz, 2013; Lima, 2013). Além disso, nessa Superfície, predominam processos morfogenéticos com desenvolvimento de depósitos e solos rasos, apresentando registros sedimentares e pedológicos quaternários, sobretudo em bacias de baixa ordem hierárquica, cujos registros são unidades alúvio-coluviais, aluviais, coluviais e paleossolos (Paisani *et al.*, 2012). O clima regional é Cfb na classificação de Köppen (ITCG, 2008), com estações do ano apresentando amplitude térmica contrastante e verão ameno. Caracteriza-se por precipitação anual média maior do que 2.000 mm, não ocorrendo estação seca anual; temperatura anual média menor do que 22 °C, sendo que a temperatura média mensal durante o ano oscila entre 11,8 e 20,3 °C (IAPAR, s. d.). A cobertura vegetal natural da superfície geomorfológica é campo com floresta de araucária nos fundos de vales

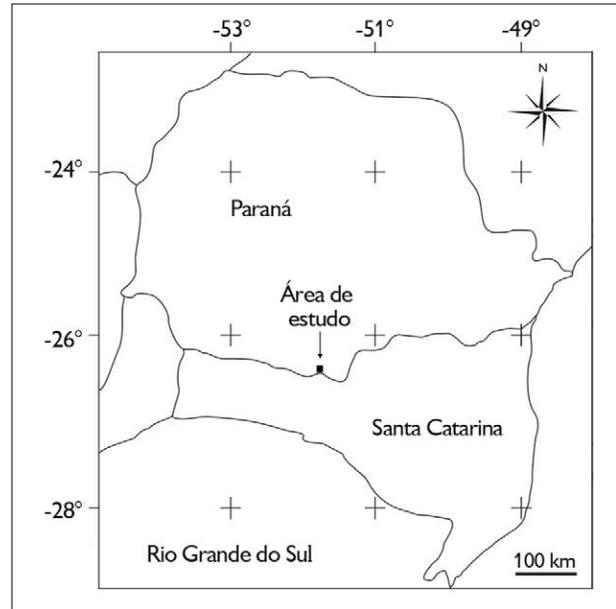


Figura 1. Localização do leque aluvial na área de estudo. Mapa: Leandro Oliveira (2017).

(Maack, 1948, 1949). O campo de palmas apresenta diferente uso econômico, sendo utilizado com finalidade agropecuária, para silvicultura e instalação de usinas eólicas.

### MATERIAIS E MÉTODOS

Realizou-se a caracterização física dos materiais na seção estratigráfica da cabeceira do leque aluvial para entendimento da estratigrafia e da deposição dos materiais. A matriz metodológica empregada reside no uso conjugado dos critérios lito-, pedo-, alo- e cronoestratigráficos (Hughes, 2010). Unidades estratigráficas foram individualizadas com base em características reconhecidas em campo, sendo que cor da matriz, granulometria da fração > grânulo (32 mm), teor de matéria orgânica (MO) e estratificação foram tratadas conforme Ghibaudo (1992), semelhante ao que vem sendo feito por Paisani *et al.* (2014). Individualizadas as unidades litológicas, procedeu-se a coleta de amostras deformadas. Estabeleceu-se alguns perfis de coleta transversal relacionada ao empilhamento dos materiais, denominada de janelas, enfatizando-se a janela 4, com 30 amostras; janela 13, com 29 amostras; e janela 17, com 20 amostras.

Estabeleceu-se o levantamento de informação geral da área de estudo para reconhecimento de setores geomorfológicos e dinâmica reológica fundamental dessa área (Miall, 1990; Pontelli, 2009). Realizou-se levantamento topográfico, obtendo malha de amostragem regular do terreno (Ross & Fierz, 2009). Obteve-se também a direção, o mergulho e o sentido de mergulho de afloramento de rocha da vertente, bem como o levantamento da espessura do depósito através de perfuração manual com trado. Os equipamentos utilizados pertencem ao Laboratório de Análises de Formações Superficiais da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), *campus* Francisco Beltrão. Parte dos custos nos trabalhos realizados em campo foram financiados pelo projeto nº 14.836 de parceria entre a UNIOESTE e a Fundação Araucária (convênio 204/2012).

A determinação da razão  $\delta^{13}\text{C}$  foi realizada no *Center for Applied Isotope Studies (CAIS)*, na *University of Georgia*, em Athens, USA, para os materiais coletados sistematicamente a cada 10 cm da base para o topo, na

janela 4 da seção estratigráfica (Figura 2). Os resultados da análise  $\delta^{13}\text{C}$  foram interpretados com base nos pressupostos de Pessenda *et al.* (1996, 2005). Essa análise é especialmente útil para identificar a gênese do leque aluvial através da mudança no padrão da cobertura vegetal, sugerindo mudança nas condições climáticas.

Para a geocronologia, foram submetidas três amostras, cujos materiais são carvão da janela 13 (unidade 3), horizonte A enterrado da janela 4 (unidade 14) e sedimento organomineral derivado da erosão/sedimentação do topo da unidade 19, da janela 13. Estas amostras estão representadas na Figura 2. A amostra referente ao horizonte A enterrado foi encaminhada ao CAIS. Os demais materiais foram encaminhados para o *Beta Analytic*, em Miami. A técnica utilizada por ambos os laboratórios para a datação por radiocarbono foi de espectrometria de massa com acelerador (EMA ou AMS, em inglês), cuja técnica moderna de datação para radiocarbono é considerada a forma mais eficiente de medir o conteúdo de  $^{14}\text{C}$  de uma amostra (Beta

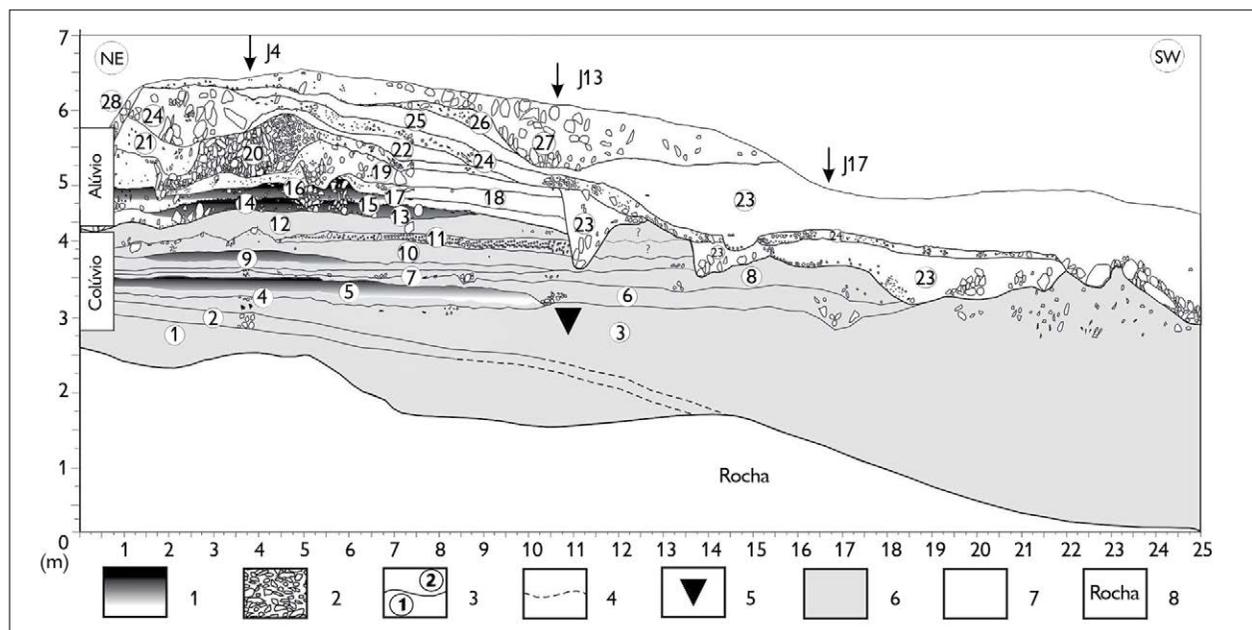


Figura 2. Representação da seção estratigráfica transversal à cabeceira do leque aluvial. Legendas: 1 - paleossolos; 2 - cascalho; 3 - unidades estratigráficas (1-28 dentro do gráfico); 4 - limites inferidos; 5 - bioturbação e carvão; 6 - fácies colúvio; 7 - fácies aluvial; 8 - rocha (riolito). Gráfico: Leandro Oliveira (2017).

Analytic Inc., s. d.; Cherkinsky *et al.*, 2010). O recurso financeiro para realização da datação por radiocarbono é oriundo de parceria entre a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (convênio 144/2012). A datação por radiocarbono é útil para localizar temporalmente eventos pedogenéticos e morfogenéticos do leque aluvial e correlacionar com o respectivo estágio isotópico marinho (EIM ou MIS, em inglês).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### INFORMAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo foi setorizada em cabeceira do canal de 1ª ordem, vertente, cabeceira do leque aluvial e base

do leque aluvial (Figura 3). A cabeceira e a base do leque aluvial possuem deposição ativa e compõem o depósito dessa estrutura que pode ser entendido como pequeno pelas dimensões de centenas de metros em comparação a outras estruturas similares localizadas no sul do estado de Santa Catarina (Pontelli, 2005).

Em relação à cabeceira do canal de 1ª ordem, ele está situado acima de 1.275 m até o topo, com 1.303 m de elevação. A cabeceira do canal apresenta declividade menor que 10° e formações superficiais com mais de 1 m de espessura. Esse setor apresenta topo plano, caracterizando-se como importante área de fornecimento de sedimentos. Quanto à vertente, esta situa-se entre 1.232 e 1.275 m de elevação. A vertente apresenta declividade com até 35° e aflora rocha entre 1.275 m e 1.240 m de altitude. O afloramento de rocha apresenta



Figura 3. Linha tracejada: contato entre as fácies coluvial (colúvio) e aluvial (alúvio). Legendas: A = alúvio; B = colúvio, ambos detalhados; J4 = janela 4 de coleta sistemática de amostras deformadas. Fotos: Leandro Oliveira (2017).

estrutura com direção a 10° NE, mergulho a 25° e sentido de mergulho a 10°/25° NW.

A cabeceira do leque aluvial, por sua vez, situa-se entre 1.232 e 1.240 m de altitude, apresentando declividade com até 6° e depósito com 4 m de espessura, bem como pedogênese em alguns estratos. Assim, a base do leque aluvial, último setor, está situada abaixo de 1.232 m, com mínimo de 1.229 m de altitude, havendo declividade de 2° e depósito com espessura máxima de 2 m. Na porção menos elevada deste setor, ocorre o vale com fundo chato, onde se assenta a planície aluvial do córrego Cerro Chato e há interdigitação dos sedimentos do leque aluvial e da várzea.

Também se observa o canal efêmero de 1ª ordem hierárquica, que abrange vários setores altimétricos e se situa entre 1.229 a 1.775 m de elevação (Figura 2). O sedimento no fundo do canal ao longo da vertente apresenta depósito com clasto suportado maior que matacão. Em setores com maior declividade, o canal é mais encaixado e mais profundo. O sistema deposicional em forma de leque aberto forma-se devido ao fato de o canal adentrar abruptamente em setores com menor declividade. O canal torna-se menos encaixado e mais raso, ramificando-se e adquirindo padrão distributário, diferente do sistema fluvial típico, que apresenta padrão de drenagem predominantemente tributário (Miall, 1990). Nesse sentido, no padrão distributário, ocorre a perda de competência referente ao transporte de sedimentos pelo fluxo, originando o depósito ao longo dos canais.

### Caracterização física dos materiais de seção estratigráfica

Foi reconhecida seção estratigráfica transversal à cabeceira do leque aluvial que exhibe 25 m de extensão lateral, com 4 m na porção mais espessa e 28 unidades estratigráficas, as quais apresentam contato erosivo, sendo maciças, com ausência de gradação e exibindo matriz suportada extremamente mal selecionada, com exceção da unidade 20, que apresenta clasto suportado (Figura 2). As unidades foram numeradas de maneira crescente, da base para o topo.

Em síntese, foram identificadas 13 unidades de fácies coluvial truncadas com espessura média de 5 a 75 cm (Tabela 1), caracterizando-se como rampa de colúvio (Meis & Monteiro, 1979). A fácies coluvial apresenta subclassificações como fácies coluvial retrabalhada, unidades 4, 7 e 13 e fácies coluvial pedogenizada, unidades 5 e 9. Também foram identificadas 15 unidades de fácies aluvial com espessura média de 5 a 80 cm (Tabela 1), as quais apresentam estruturas de corte e preenchimento (canal), com destaque para a unidade 23, que apresenta canal com até 1,20 m de profundidade. A fácies aluvial apresenta subclassificações caracterizadas como fácies aluvial pedogenizada, unidades 14 e 16; fácies aluvial retrabalhada, unidades 15 e 17; e fácies organomineral, unidades 19 a 28.

A fácies coluvial retrabalhada, bem como a fácies aluvial retrabalhada são caracterizadas como linhas de pedra. Há diferentes situações para explicar a gênese das linhas de pedra (Hiruma, 2007). No entanto, nessa seção estratigráfica, a deposição dessas camadas entre unidades estratigráficas trata-se de uma feição geogenética residual. Nesse sentido, a lâmina de água de enxurradas (*sheetwash*) retrabalhou o material previamente depositado, transportando os finos e concentrando os clastos grossos (Ab'Sáber, 1966; Paisani *et al.*, 2012).

A subclassificação pedogenizada, para ambas as situações, fácies coluvial e aluvial, com desenvolvimento de paleo-horizonte A, pode registrar atributos do ambiente de formação. Não é sempre correto assumir que o último episódio de pedogênese sucede imediatamente ao mais antigo, uma vez que eventos de soterramento e exumação podem intervir. Para Catt (1991), essa situação de solos e perfis curtos, enterrados ou não, representando o agrupamento de duas ou mais unidades estratigráficas de solo pode indicar que eles sejam poligenéticos. Contudo, quando traçadas lateralmente as partes superiores das unidades de solos poligenéticos, elas devem, em algum lugar, ser separadas por depósitos, representando o período de intervalo. Dois solos separados por um depósito tão fino, todo modificado pelo último episódio

Tabela 1. Dados da caracterização física dos materiais da seção estratigráfica.

Unidades estratigráficas	Espessura média (cm)	Cor da matriz	Clastos > 32 mm	Granulometria	Teor de MO	Fácies	Descrição	
Alúvio	28	20	7,5yr2,5/1			m1GyM-A	Lama cascalhosa aluvial organomineral	
	27	50	10yr2\1		54 g.kg <sup>-1</sup>	m1GyM-A	Lama cascalhosa aluvial organomineral	
	26	15	10yr2\1			m1GyM-A	Lama cascalhosa aluvial organomineral	
	25	80	7,5yr2,5/1		132 g.kg <sup>-1</sup>	m1GyM-A	Lama cascalhosa aluvial organomineral	
	24	20	7,5yr2,5/1	Sim	Matação	48 g.kg <sup>-1</sup>	m1GyM-A	Lama cascalhosa aluvial organomineral
	23	65	10yr3/6			188 g.kg <sup>-1</sup>	m1GyM-A	Lama cascalhosa aluvial organomineral
	22	20	7,5yr2,5/1			75 g.kg <sup>-1</sup>	m1GyM-A	Lama cascalhosa aluvial organomineral
	21	50	7,5yr2,5/2			49 g.kg <sup>-1</sup>	m1GyM-A	Lama cascalhosa aluvial organomineral
	20	40	7,5yr2,5/3	Sim	Bloco	77 g.kg <sup>-1</sup>	m2MyG-A	Cascalho lamoso aluvial organomineral
	19	30	7,5yr2,5/2	Sim	Matação	61 g.kg <sup>-1</sup>	m1GyM-A	Lama cascalhosa aluvial organomineral
	18	20	5yr4/4			61 g.kg <sup>-1</sup>	m1GyM-A	Lama cascalhosa aluvial
	17	5					m1MyG-A	Cascalho lamoso aluvial retrabalhado
	16	15	10yr2\2	Sim	Bloco	94 g.kg <sup>-1</sup>	m1GyM-A	Lama cascalhosa aluvial pedogenizada
	15	5					m1MyG-A	Cascalho lamoso aluvial retrabalhado
Colúvio	14	20	10yr2\2	Sim	Matação	269 g.kg <sup>-1</sup>	m1GyM-A	Lama cascalhosa aluvial pedogenizada
	13	5					m1MyG-C	Cascalho lamoso coluvial retrabalhado
	12	50	7,5yr3/4			123 g.kg <sup>-1</sup>	m1GyM-C	Lama cascalhosa coluvial
	11	10	7,5yr4/6				m1MyG-C	Cascalho lamoso coluvial retrabalhado
	10	25	7,5yr4/6			113 g.kg <sup>-1</sup>	m1GyM-C	Lama cascalhosa coluvial
	9	20	7,5yr3\2			154 g.kg <sup>-1</sup>	m1GyM-C	Lama cascalhosa coluvial pedogenizada
	8	25	7,5yr4/6			113 g.kg <sup>-1</sup>	m1GyM-C	Lama cascalhosa coluvial
	7	5					m1MyG-C	Cascalho lamoso coluvial retrabalhado
	6	25	7,5yr3/4			122 g.kg <sup>-1</sup>	m1GyM-C	Lama cascalhosa coluvial
	5	25	7,5yr3/3			216 g.kg <sup>-1</sup>	m1GyM-C	Lama cascalhosa coluvial pedogenizada
	4	5					m1MyG-C	Cascalho lamoso coluvial retrabalhado
	3	75	7,5yr4/6			142 g.kg <sup>-1</sup>	m1GyM-C	Lama cascalhosa coluvial
	2	20	5yr4/6				m1GyM-C	Lama cascalhosa coluvial
	1	45	7,5yr3\4				m1GyM-C	Lama cascalhosa coluvial

pedogenético, constituem um pedocomplexo (Catt, 1991), reconhecido a fácies coluvial, unidades 5 e 9, bem como a fácies aluvial, unidades 14 e 16, como pedocomplexo ou solo poligenético. Já a matriz organomineral apresenta escurecimento do material mineral pela adição de matéria orgânica e húmus, cujo fenômeno constitui a melanização (Schaeztl & Anderson, 2005).

A gênese da fácies coluvial está associada a movimentos de massa, como deslizamento em superfície plana e fluxo do tipo lâmina de água (*sheetwash*). Observados na informação geral da área de estudo, a vertente é retilínea, íngreme com declividade de 35°, e o sentido de mergulho da rocha está a NW, que é o mesmo sentido da vertente. Assim, estas características favorecem o movimento de massa.



A fácies aluvial apresenta depósito resultante extremamente mal selecionado, com clastos de grandes dimensões, como matacões, ausência de gradação e estruturas de corte e preenchimento. Essas evidências são indicadores de que a gênese da fácies aluvial está associada a movimentos de massa, como fluxos de detritos (Gani, 2004).

A mudança de fácies colúvial para aluvial documenta uma evolução de ambiente deposicional de rampa de colúvio, unidades 1 a 13, para leque aluvial, unidades 14 a 28 (Figura 4). A rampa de colúvio ocorre ao longo da encosta, enquanto o leque aluvial se desenvolveu na ramificação do canal de 1ª ordem.

### Geocronologia de fácies colúvial e fácies aluvial

A geocronologia das fácies colúvial e aluvial foram obtidas por meio das idades do  $^{14}\text{C}$  das unidades estratigráficas 3 (carvão), 14 (matéria orgânica contida em horizonte A) e 19 (matriz organomineral enterrada).

A idade obtida a partir do carvão foi de 28.880 (33.030 a 33.860 cal.) anos AP; já com o horizonte A, obteve-se 23.800 (28.306 a 29.080 cal.) anos AP, ambas tratando-se de uma fase cronocorrelata ao período paleoclimático global conhecido como último interestádio, ou EIM 3 (Cortese & Abelmann, 2002; Long & Stoy, 2013; Rabassa & Ponce, 2013), com registro de aumento das temperaturas e da umidade durante o Último Glacial na região Sul do Brasil

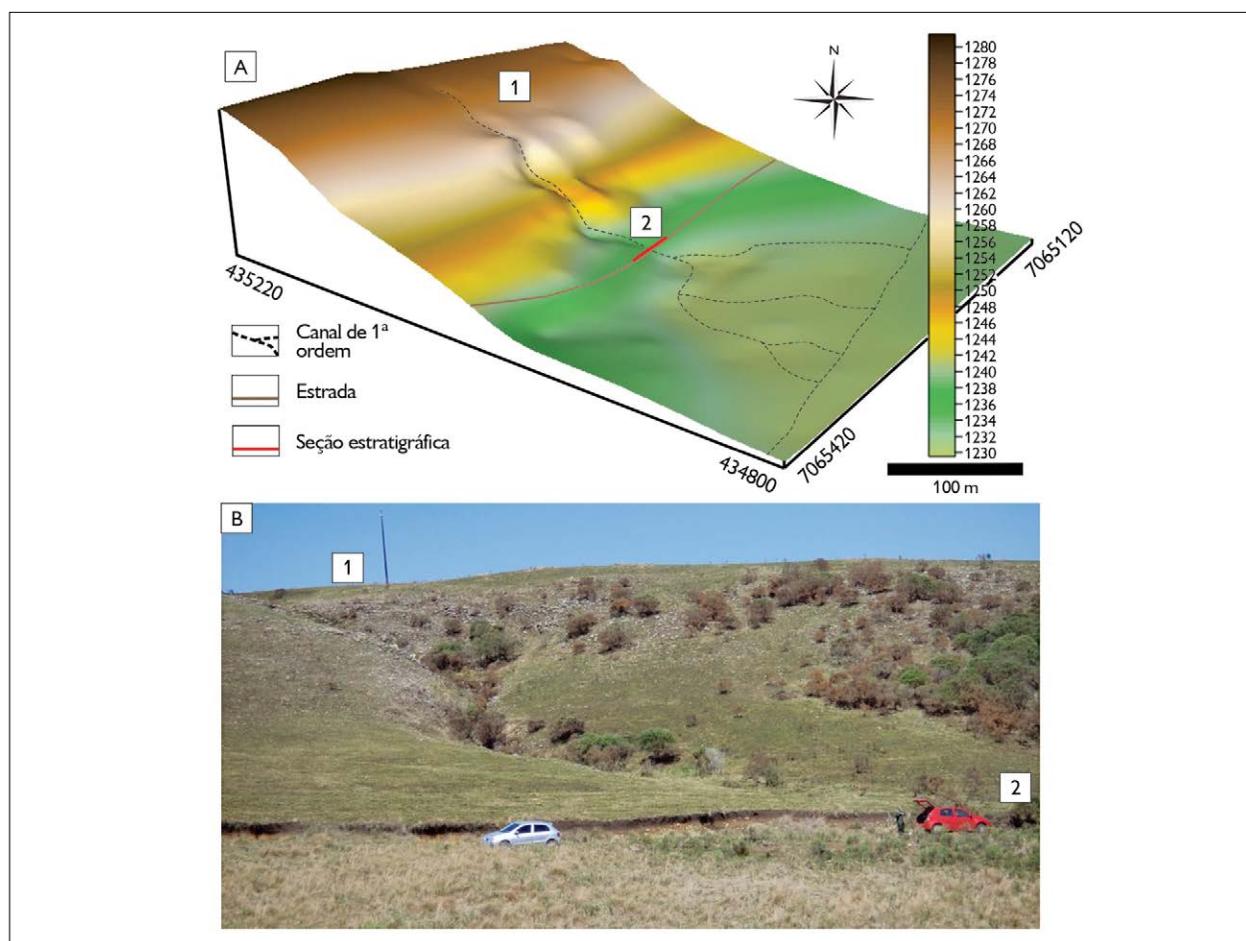


Figura 4. A) Modelo digital de elevação da área de estudo; B) foto da vertente (1.232-1.275 m) e da cabeceira do leque aluvial (1.232-1.240 m). Legendas: 1 e 2 = pontos correspondentes. Foto: Leandro Oliveira (2017).

(Behling *et al.*, 2004; Cruz Jr. *et al.*, 2006). Essa fase, na área de estudo, mostra-se ambientalmente estável, promovendo episódios de pedogênese, bem como condições de temperatura e de umidade favoráveis à ocorrência de vegetação lenhosa, evidenciada pelo registro de carvão.

Para o sedimento organomineral, a idade obtida foi de 19.840 (23.550 a 23.880 cal.) anos AP, momento em que o sedimento organomineral foi gerado, cujo evento está em fase, com as condições paleoclimáticas detectadas no Último Máximo Glacial, ou EIM 2, quando a temperatura e a umidade foram se reduzindo ao máximo (Petit *et al.*, 1999).

A evolução de ambiente deposicional de rampa de colúvio para leque aluvial, registrada na área, sugere o desequilíbrio da paisagem, com atuação da morfogênese intercalada por erosões hídricas decorrentes do escoamento laminar de fluxos concentrados e por movimentos de massa discretos. Esta fase de erosão hídrica decorre de chuvas concentradas, coincidindo com dados palinológicos obtidos nas áreas planálticas do Sul do Brasil, que documentam condições climáticas secas (Behling, 1997; Behling *et al.*, 2004).

Mudanças no tipo e no fornecimento de sedimentos do depósito podem indicar variação climática significativa, em razão de afetarem o regime hídrico e a relação água-sedimento, bem como influenciarem o depósito resultante, sendo esta variação quase sempre acompanhada pela alteração de vegetação que, por sua vez, provoca processos morfogenéticos (Behling *et al.*, 2004; Thomas, 2008).

A reconstituição da arquitetura do registro estratigráfico na qual a fácies aluvial apresenta canais com até 1,20 m de profundidade e clastos mais grossos em relação à fácies coluvial sugere que o EIM 2 tenha representado um clima mais seco, com precipitações concentradas, justificando os canais e os clastos mais grossos da fácies aluvial que deram origem ao leque aluvial, tendo se iniciado no Pleistoceno superior, mas se processado no Holoceno.

#### Razão de isótopos estáveis de carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ )

Os resultados do  $\delta^{13}\text{C}$  são apresentados ao lado da estratigrafia do depósito do leque aluvial (Figura 5).

Para isso, as unidades estratigráficas foram empilhadas e classificadas em fácies (Ghibaudo, 1992). Enfatiza-se que o depósito apresenta fácies coluvial (unidades 1-13) e aluvial (unidades 14-28).

A vegetação  $\text{C}_3$  ou  $\text{C}_4$  está relacionada ao tipo de fotossíntese. Valores menores do que -20‰ representam vegetação com padrão fotossintético  $\text{C}_3$  (árvores e arbustos), enquanto valores maiores do que -17‰ estão associados à vegetação com padrão tipo  $\text{C}_4$  (gramíneas) (Pessenda *et al.*, 1996, 2005).

Em fácies aluvial, ocorrem clastos maiores em relação a fácies coluvial, bem como estruturas de corte e preenchimento. Nesse sentido, a sedimentação destas unidades aluviais pode ter ocorrido de duas maneiras: 1) a mudança da vegetação lenhosa para gramíneas desprotegeu a formação superficial e desencadeou intenso processo morfogenético; 2) precipitação torrencial ainda mais pronunciada em comparação aos eventos catastróficos que geraram a fácies coluvial, provocando intenso processo morfogenético neste local; ou, ainda, pode ter ocorrido a combinação de ambas. Devido às estruturas de corte e de preenchimento (paleocanal), igual ao da unidade estratigráfica 23, com até 1,20 m de profundidade, acredita-se que ambas as maneiras tenham atuado na gênese da fácies aluvial.

Nesse sentido, nota-se, na Figura 5, que o valor representa o predomínio de vegetação  $\text{C}_3$  (árvores/arbustos) até a unidade estratigráfica 19. A partir da unidade 20, observa-se uma transição de vegetação  $\text{C}_3$  para  $\text{C}_4$  e também predomínio da vegetação do tipo  $\text{C}_4$  (gramíneas) até o momento presente. Observa-se que essa transição da vegetação  $\text{C}_3$  para  $\text{C}_4$  ocorreu na passagem do estágio isotópico 3 para o 2, no Pleistoceno superior. Embora os materiais tenham se formado neste período (Pleistoceno superior), eles se depositaram posteriormente à sua formação, considerando-se que são depósitos. Nesse sentido, é inferido que, de fato, a transição da vegetação  $\text{C}_3$  para  $\text{C}_4$  ocorre na passagem para o estágio isotópico 1, no Holoceno. Assim, o depósito do leque aluvial se processou no Holoceno.

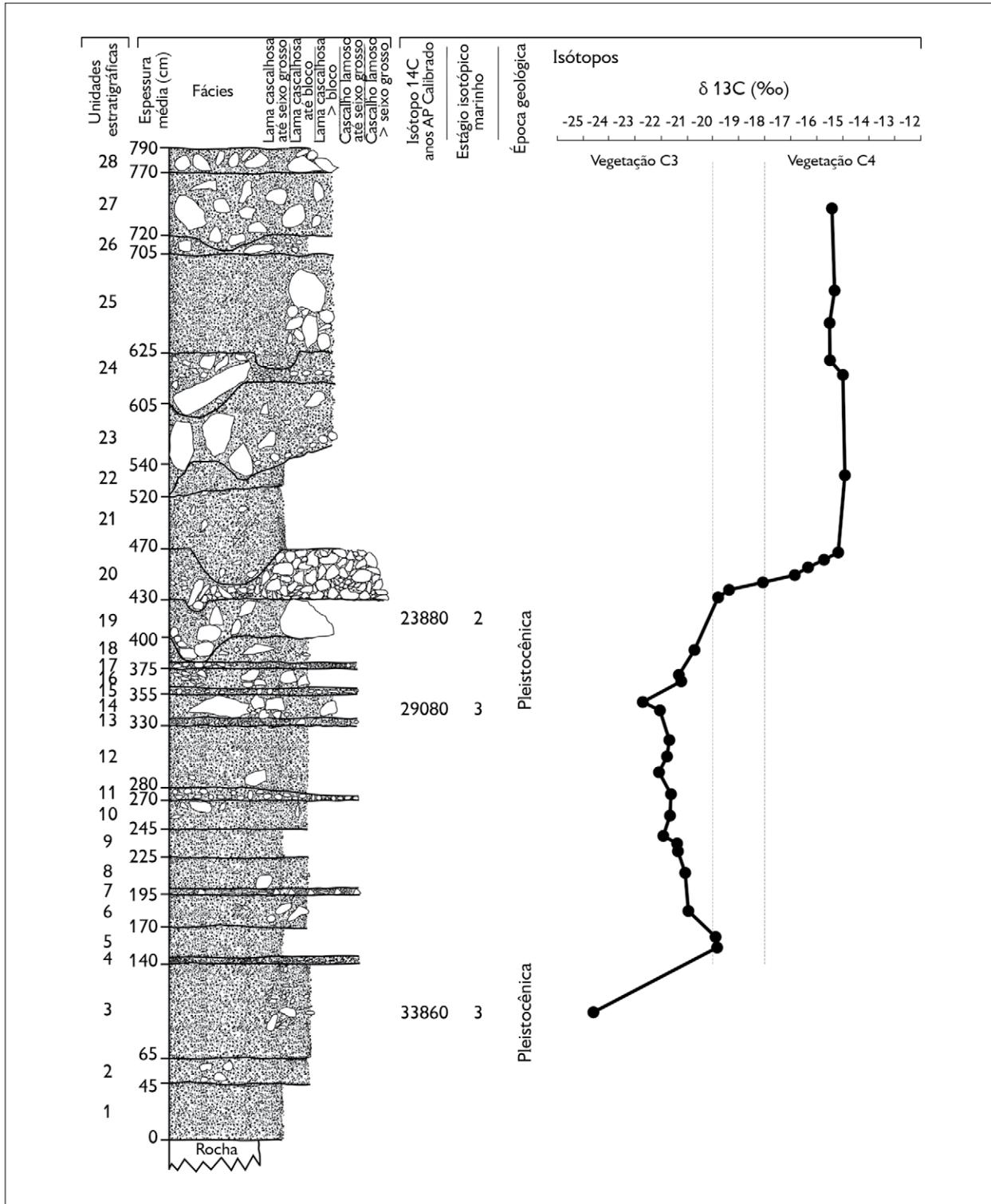


Figura 5. Apresentação do  $\delta^{13}C$  ao lado da estratigrafia do depósito do leque aluvial. Gráfico: Leandro Oliveira (2017).



### Evolução do leque aluvial e correlação com eventos paleoclimáticos

É possível apresentar modelo conceitual evolutivo para a área estudada e estabelecer correlações com eventos paleoclimáticos regionais e globais. As idades da matéria orgânica registradas até 29.080 anos AP (Figura 6) tratam-se de uma fase cronocorrelata ao período paleoclimático global conhecido como último interestádio, ou EIM 3 (Long & Stoy, 2013; Rabassa & Ponce, 2013), em que houve aumento das temperaturas e da umidade durante o Último Glacial na região Sul do Brasil (Behling *et al.*, 2004; Cruz Jr. *et al.*, 2006). Até esse período, o depósito da área de estudo foi gerado pela alternância entre etapas de pedogênese e morfogênese, resultando em paleossolo e rampa de colúvio (Meis & Monteiro, 1979). Predominava vegetação lenhosa do tipo arbórea e arbustiva. O clima sob regime úmido e quente propiciava a pedogênese e o aprofundamento do horizonte A do solo, o qual apresenta correlação pedológica e cronológica com outros horizontes A identificados na superfície geomórfica de Palmas/Água Doce, remontando cerca de 41.000 anos AP (Paisani *et al.*, 2013, 2016).

Entre 29.080 a 23.880 anos AP, ocorreram mudanças na área de estudo, sobretudo na vegetação que, nesse período, apresenta transição entre vegetação lenhosa e campo (Figura 6). Trata-se de uma fase de mudança da vegetação, que acompanha a alteração climática, cujo último interestádio está em transição para o Último Máximo Glacial. Nesse período, na área de estudo, a formação superficial desprotegida pela falta de vegetação lenhosa, bem como a ação da erosão laminar promovem o surgimento do canal de 1ª ordem, sugerindo o reordenamento da rede de drenagem da superfície de Palmas/Água Doce (Paisani *et al.*, 2012). Posterior a essa fase, tem-se o início da deposição aluvial na área de estudo, surgindo o depósito do leque aluvial.

A partir de 23.880 anos AP, estabelece-se o Último Máximo Glacial, ou EIM 2, quando a temperatura e a umidade foram se reduzindo ao máximo (Petit *et al.*, 1999),

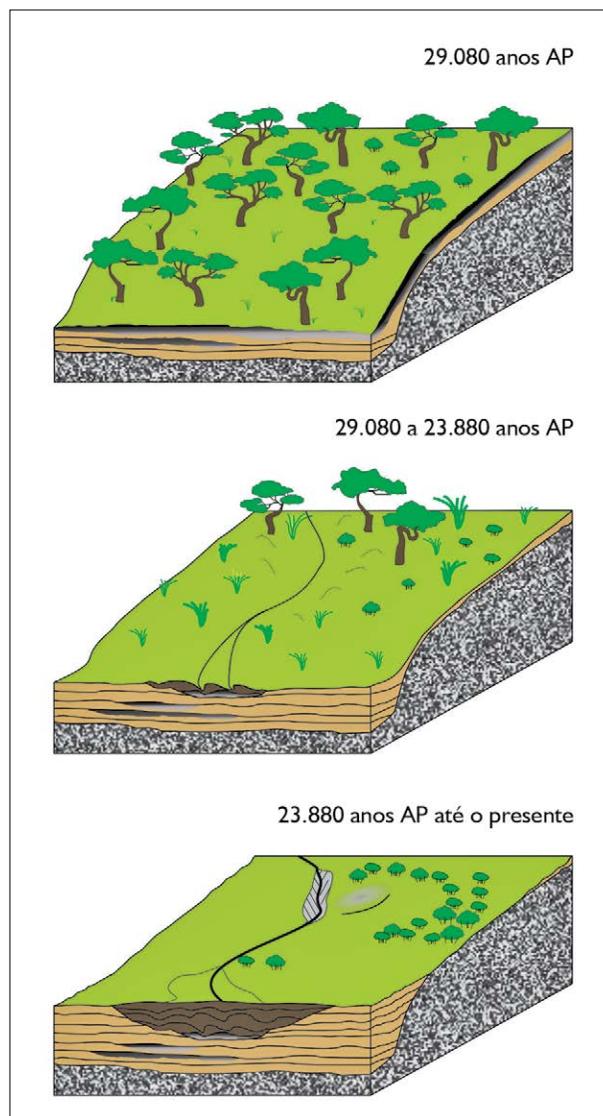


Figura 6. Representação de modelo evolutivo de leque aluvial situado em canal de 1ª ordem da bacia do rio Chopim (Sul do Brasil). Legendas: AP = antes do presente (entendido como 1950 - Pessenda *et al.*, 2005). Gráfico: Leandro Oliveira (2017).

completando a mudança da vegetação para campo (C3) (Figura 6). Dados palinológicos analisados em escala regional sugerem que as áreas planálticas do Sul do Brasil tinham um longo período seco anual, cujo regime hídrico se estendeu do Último Máximo Glacial até o Holoceno médio (Behling *et al.*, 2004). Durante o Último Máximo Glacial, o depósito do leque aluvial sofre incisão erosiva

mediante fluxos de alta energia, derivada da bacia de 1ª ordem hierárquica. Tal fato sugere que o Último Máximo Glacial representou um clima mais seco, com precipitações concentradas, justificando os canais e os clastos mais grossos das fácies aluviais, que deram origem ao depósito do leque aluvial iniciado no Último Máximo Glacial, mas que se processou no Holoceno.

## CONCLUSÃO

Em virtude do exposto, verifica-se que leques aluviais são bons indicadores de mudanças ambientais, uma vez que este estudo constatou que o leque aluvial estudado do Planalto de Palmas, Paraná, e de Água Doce, Santa Catarina, possui informações de relevante interesse para as Geociências, bem como referentes a mudanças ambientais ocorridas no Quaternário no Sul do Brasil.

Além disso, o canal de 1ª ordem do leque aluvial apresentou mudanças que o tornaram menos encaixado e mais raso, adquirindo padrão distributário diferente do sistema fluvial típico, que apresenta padrão de drenagem predominantemente tributário. Assim, houve a perda de competência do fluxo de transporte dos sedimentos, originando o depósito em forma de leque aberto ao longo dos canais. Essa forma, originada pela deposição, foi desencadeada por mudanças que afetaram o sistema ambiental anterior à gênese do leque aluvial, sobretudo no Holoceno e no final do Pleistoceno.

Pelo fato exposto sobre o canal de 1ª ordem, infere-se que houve influência sobre tal canal e seu depósito tanto pela mudança do paleoclima quanto pelo efeito da tectônica. A propósito, será necessário aprofundar as informações sobre a correlação da tectônica sobre esse canal e o depósito. Supomos que, com esta contribuição, abre-se possibilidade para a continuidade de trabalhos e mais averiguações, especialmente sobre a região no entorno do leque aluvial.

Quanto à gênese do depósito, verificou-se forte influência decorrente da mudança paleoclimática. A esse respeito, ocorreram dois eventos distintos na gênese do depósito, sendo um caracterizado como fácies coluvial

e outro como fácies aluvial. Enquanto a gênese da fácies coluvial está associada a movimentos de massa, como deslizamento em superfície plana e fluxo do tipo lâmina de água (*sheetwash*), a fácies aluvial apresenta depósito resultante extremamente mal selecionado, com clastos de grandes dimensões, como matações, ausência de gradação e estruturas de corte e de preenchimento. Essas evidências indicam que a gênese da fácies aluvial está associada a movimentos de massa, como fluxos de detritos. Portanto, houve mudança ambiental deposicional de rampa de colúvio para leque aluvial, documentada por meio da fácies coluvial e da fácies aluvial. Assim, por meio de mudanças paleoclimáticas, afetando o regime hídrico e a relação água-sedimento, há a origem do leque aluvial.

Em relação à geocronologia dos materiais, obteve-se, por meio da idade do C<sup>14</sup> de carvão (28.880 AP), matéria orgânica (23.800 AP) e matriz organomineral enterrada (19.840 AP). Improvisavelmente, essas idades foram obtidas apenas da fácies coluvial. Embora os materiais tenham se formado no Pleistoceno superior, eles se depositaram em período posterior à sua formação, considerando que são depósitos. Nesse sentido, é inferido que o depósito do leque aluvial se depositou no Holoceno.

Também por meio do depósito, verificou-se vegetação C3 (árvores/arbustos), predominando durante o Pleistoceno superior, no estágio isotópico marinho 3. No entanto, observa-se a transição dessa vegetação C3 para C4 na passagem para o EIM 2, a partir de 23.800 AP. Após essa transição, há o predomínio da vegetação do tipo C4 (gramíneas), até o momento presente. A essa transição da vegetação atribuiu-se a mudança no regime hídrico, o que a afeta e, por sua vez, facilita o desencadeamento posterior de processos morfológicos.

Em suma, infere-se que a gênese e a evolução do leque aluvial decorrem, sobretudo, de mudança paleoclimática a partir de 23.880 anos AP, no Último Máximo Glacial ou EIM 2, quando a temperatura e a umidade reduziram-se ao máximo, completando a mudança da vegetação para campo (C3). Posteriormente, a gênese e a evolução do leque

aluvial ocorreram por meio de mudanças no regime hídrico no Holoceno e no Pleistoceno superior, desencadeando processos morfogenéticos do tipo fluxo de detritos.

## AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo auxílio financeiro; à Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) e a todos que contribuíram com as discussões deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N., 1966. Revisão dos conhecimentos sobre o horizonte subsuperficial de cascalhos inhumados do Brasil oriental. **Notícia Geomorfológica** 6(11): 59-80.

BEHLING, H., 1997. Late Quaternary vegetation, climate and fire history in the *Araucaria* forest and campos region from Serra Campos Gerais, Paraná State (South Brazil). **Review of Palaeobotany and Palynology** 97(1-2): 109-121. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0034-6667\(96\)00065-6](https://doi.org/10.1016/S0034-6667(96)00065-6).

BEHLING, H., V. D. PILLAR, L. ORLÓCI & S. G. BAUERMANN, 2004. Late Quaternary *Araucaria* forest, grassland (Campos), fire and climate dynamics, studied by high-resolution pollen, charcoal and multivariate analysis of the Camabará do Sul core in southern Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology** 203(3-4): 277-297. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(03\)00687-4](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(03)00687-4).

BETA ANALYTIC INC., [s. d.]. **Introduction to radiocarbon determination by the accelerator mass spectrometry method.** Beta Analytic, Miami. Disponível em: <http://www.radiocarbon.com/portugues/acelerador-massa-espectrometria.htm>. Acesso em: 15 julho 2013.

BLIKRA, L. H. & W. NEMEC, 1998. Postglacial colluvium in western Norway: depositional processes, facies and palaeoclimatic Record. **Sedimentology** (45): 909-959.

CATT, J. A., 1991. Soils as indicators of Quaternary climatic change in mid-latitude regions. **Geoderma** 51(1-4): 176-187. DOI: [https://doi.org/10.1016/0016-7061\(91\)90070-A](https://doi.org/10.1016/0016-7061(91)90070-A).

CHERKINSKY, A., R. A. CULP, D. K. DVORACEK & J. E. NOAKES, 2010. Status of the MAS facility at the University of Georgia. **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms** 268(7-8): 867-870. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2009.10.051>.

CHMYZ, L., 2013. **Aspectos vulcanogênicos das rochas ácidas do tipo Palmas da Província Magmática do Paraná aflorantes no sudoeste paranaense:** 1-132. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

CHRISTOFOLETTI, A., 1980. **Geomorfologia.** 2. ed. Edgard Blücher, São Paulo.

CORTESE, G. & A. ABELMANN, 2002. Radiolarian-based paleotemperatures during the last 160 kyr at ODP Site 1089 (Southern Ocean, Atlantic Sector). **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology** 182(3-4): 259-286. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(01\)00499-0](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(01)00499-0).

CRUZ JR., F. W., S. J. BURNS, I. KARMANN, W. D. SHARP, M. VUILLE & J. A. FERRARI, 2006. A stalagmite record of changes in atmospheric circulation and soil process in the Brazilian subtropics during the Late Pleistocene. **Quaternary Science Reviews** 25(21-22): 2749-2761. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2006.02.019>.

GANI, M. R., 2004. From turbid to lucid: a straightforward approach to sediment gravity flows and their deposits. **The Sedimentary Record** 2(3): 4-8. DOI: <https://doi.org/10.2110/sedred.2004.3.4>.

GHIBAUDO, G., 1992. Subaqueous sediment gravity flow deposits: practical criteria for their field description and classification. **Sedimentology** 39(3): 423-454. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.1992.tb02126.x>.

GUERRA, S., 2012. **Abrangência espacial e temporal da morfogênese e pedogênese no Planalto de Palmas (PR) e Água Doce (SC):** subsídio ao estudo da evolução da paisagem quaternária: 1-102. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão.

HAUGHTON, P., C. DAVIS, W. MCCAFFREY & S. BARKER, 2009. Hybrid sediment gravity flow deposits – classification, origin and significance. **Marine and Petroleum Geology** 26(10): 1900-1918. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2009.02.012>.

HIRUMA, S. T., 2007. Revisão dos conhecimentos sobre o significado das linhas de seixos. **Revista do Instituto Geológico** 27-28(1-2): 53-64.

HUGHES, P. D., 2010. Geomorphology and Quaternary stratigraphy: the roles of morpho-, litho-, and allostratigraphy. **Geomorphology** 123(3-4): 189-199. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.07.025>.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR), [s. d.]. **Médias de precipitação e de temperatura de 1979 a 2012 da estação meteorológica de Palmas - Cód. 02651043.** Disponível em: [http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias\\_Historicas/Palmas.htm](http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Palmas.htm). Acesso em: 13 janeiro 2013.

INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS (ITCG), 2008. **Clima - estado do Paraná:** 1 mapa, escala 1:2.000.000. ITCG, Curitiba. Disponível em: <http://www.itcg.pr.gov.br>. Acesso em: 15 julho 2013.

LIMA, J. G. G., 2013. **Ocorrência e gênese de derrame alterado sob rocha sã no Planalto de Palmas (PR)/Água Doce (SC):** 1-170. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão.

- LONG, J. A. & P. C. STOEY, 2013. Quantifying the periodicity of Heinrich and Dansgaard-Oeschger events during Marine Oxygen Isotope Stage 3. **Quaternary Research** 79(3): 413-423. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2013.02.003>.
- MAACK, R., 1948. Notas preliminares sobre clima, solos e vegetação do estado do Paraná. **Arquivos de Biologia e Tecnologia** 2: 102-200.
- MAACK, R., 1949. Notas complementares à apresentação preliminar do mapa fitogeográfico do estado do Paraná (Brasil). **Arquivos do Museu Paranaense** (7): 351-361.
- MEIS, M. R. M. & A. M. F. MONTEIRO, 1979. Upper quaternary "rampas": Doce river valley, southeastern Brazilian plateau. **Zeitschrift für Geomorphologie** 23(2): 132-151.
- MIALL, A. D., 1990. **Principles of sedimentary basin analysis**. Springer, New York.
- PAISANI, J. C., M. E. PONTELLI & J. ANDRES, 2008. Superfícies aplainadas em zona morfoclimática subtropical úmida no Planalto Basáltico da Bacia do Paraná (SW Paraná/NW Santa Catarina): primeira aproximação. **Geociências** 27(4): 541-553.
- PAISANI, J. C., M. E. PONTELLI & M. R. CALEGARI, 2012. Evolução de bacias de baixa ordem nos 41.000 anos AP – Brasil Meridional. **Mercator** 11(26): 131-148. DOI: <http://dx.doi.org/10.4215/RM2012.1126.0009>.
- PAISANI, J. C., M. E. PONTELLI, A. C. B. CORRÊA & R. A. R. RODRIGUES, 2013. Pedogeochemistry and micromorphology of oxisols – a basis for understanding etchplanation in the Araucárias Plateau (Southern Brazil) in the Late Quaternary. **Journal of South American Earth Sciences** 48: 1-12. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2013.07.011>.
- PAISANI, J. C., M. E. PONTELLI, M. L. OSTERRIETH, S. D. L. PAISANI, A. FACHIN, S. GUERRA & L. OLIVEIRA, 2014. Paleosols in low-order streams and valley heads in the Araucária Plateau – record of continental environmental conditions in Southern Brazil at the end of MIS 3. **Journal of South American Earth Sciences** 54: 57-70. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2014.04.005>.
- PAISANI, J. C., A. FACHIN, M. E. PONTELLI, M. L. OSTERRIETH, S. D. L. PAISANI & R. H. FUJITA, 2016. Evolução de paleocabeceira de drenagem do rio Chopinzinho (Sul do Brasil) durante o Quaternário Superior. **Revista Brasileira de Geomorfologia** 17(1): 43-59. DOI: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v17i1.735>.
- PESSENDA, L. C. R., R. ARAVENA, A. J. MELFI, E. C. C. TELLES, R. BOULET, E. P. E. VALENCIA & M. TOMAZELLO, 1996. The use of carbon isotopes ( $^{13}\text{C}$ ,  $^{14}\text{C}$ ) in soil to evaluate vegetation changes during the Holocene in central Brazil. **Radiocarbon** 38(2): 191-201. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0033822200017562>.
- PESSENDA, L. C. R., S. E. M. GOUVEIA, H. A. FREITAS, A. S. RIBEIRO, R. ARAVENA, J. A. BENDASSOLLI, M. P. LEDRU, A. F. SIEFEDDINE & R. SCHEEL-YBERT, 2005. Isótopos do carbono e suas aplicações em estudos paleoambientais. In: P. E. OLIVEIRA, C. R. G. SOUZA, K. SUGUIO & A. M. S. OLIVEIRA (ed.): **Quaternário do Brasil**: 75-93. Holos, Ribeirão Preto.
- PETIT, J. R., J. JOUZEL, D. RAYNAUD, N. I. BARKOV, J. M. BARNOLA, I. BASILE, M. BENDER, J. CHAPPELLAZ, M. DAVIS, G. DELAYGUE, M. DELMOTTE, V. M. KOTLYAKOV, M. LEGRAND, V. Y. LIPENKOV, C. LORJUS, C. RITZ, E. SALTZMAN & M. STIEVENARD, 1999. Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. **Nature** 399: 429-436. DOI: <https://doi.org/10.1038/20859>.
- PONTELLI, M. E., 2005. **Pedomorfoestratigrafia de depósitos de leques aluviais**: bacia do rio Itoupava, sul do estado de Santa Catarina: 1-220. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- PONTELLI, M. E., 2009. **Leques aluviais**: complexidade das formas e dos modelos associados. Edunioeste, Cascavel.
- RABASSA, J. & J. F. PONCE, 2013. The Heinrich and Dansgaard-Oeschger climatic events during Marine Isotopic Stage 3: searching for appropriate times for human colonization of the Americas. **Quaternary International** 299(19): 94-105. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.04.023>.
- ROSS, J. L. S. & M. S. M. FIERZ, 2009. Algumas técnicas de pesquisa em geomorfologia. In: L. A. B. VENTURI (org.): **Praticando Geografia**: técnicas de campo e laboratório: 69-84. Oficina de Textos, São Paulo.
- SCHAETZL, R. & S. ANDERSON, 2005. **Soils genesis and geomorphology**. Cambridge University Press, Cambridge.
- THOMAS, M. F., 2008. Understanding the impacts of Late Quaternary climate change in tropical and sub-tropical regions. **Geomorphology** 101(1-2): 146-158. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.05.026>.

# BOLETIM DO MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI. CIÊNCIAS NATURAIS

## INSTRUÇÕES AOS AUTORES

### Objetivos e política editorial

O **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** tem como missão publicar trabalhos originais em biologia (zoologia, botânica, biogeografia, ecologia, taxonomia, anatomia, biodiversidade, vegetação, conservação da natureza) e geologia. A revista aceita colaborações em português, espanhol e inglês (Inglaterra) para as seguintes seções:

**Artigos Científicos** – textos analíticos originais, resultantes de estudos e pesquisas com contribuição efetiva para o avanço do conhecimento.

**Notas de Pesquisa** – relato preliminar sobre observações de campo, dificuldades e progressos de pesquisa em andamento, ou em fase inicial, enfatizando hipóteses, comentando fontes, resultados parciais, métodos e técnicas utilizados.

**Memória** – seção que se destina à divulgação de acervos ou seus componentes que tenham relevância para a pesquisa científica; de documentos transcritos parcial ou integralmente, acompanhados de texto introdutório; e de ensaios biográficos, incluindo obituário ou memórias pessoais.

**Resenhas Bibliográficas** – texto descritivo e/ou crítico de obras publicadas na forma impressa ou eletrônica.

### Apresentação de originais

O Boletim recebe contribuições somente em formato digital. Os arquivos digitais dos artigos devem ser submetidos online na plataforma via o site da revista (<https://boletimcn.museu-goeldi.br/ojs/?journal=bcnaturais&page=login>), fornecendo obrigatoriamente as informações solicitadas pela plataforma.

### Cadastramento

O(s) autor(es) deve(m) realizar o cadastro, criando uma conta pessoal na plataforma online, na seção “Cadastro” (<https://boletimcn.museu-goeldi.br/ojs/?journal=bcnaturais&page=user&op=register>), e preencher corretamente o perfil. O cadastramento/criação de uma conta precisa ser feito somente uma vez. Após isso, a conta deve ser usada para todas as submissões de trabalhos, revisões e pareceres.

### Encaminhamento

1. Faça seu cadastro como Autor ou, caso já possua cadastro, clique em Acesso (<https://boletimcn.museu-goeldi.br/ojs/?journal=bcnaturais&page=login>), para iniciar a Submissão de seu trabalho;
2. Para acessar seu perfil, clique em login, na parte superior da tela;
3. Para fazer a Submissão do seu trabalho, clique no botão “Nova Submissão”, no canto esquerdo da tela; Abrirá uma tela com as normas da revista e condições para submissão. Lembre-se de marcar os itens obrigatórios, destacados com asterisco;
4. Escolha a seção e confirme todos os requisitos para a submissão. Caso haja algum comentário para o Editor (possíveis conflitos de interesses ou outras questões que o autor julgar relevantes), é possível informar nesta etapa. Após isso, é necessário clicar em “Salvar e continuar”;
5. Na opção “Carregar arquivo de submissão”, selecione os itens “Folha de Rosto”, “Texto do artigo” e “Lista de avaliadores” e faça o upload dos respectivos arquivos. Caso haja imagens, elas devem ser carregadas também neste momento. Em seguida, em “Metadados”, o autor deve editar o nome do arquivo, a fim de garantir o sigilo necessário à etapa de avaliação por pares. Após isso, clique em “Concluir”;

6. Cada um dos arquivos aparecerá em “Arquivos da Submissão”. Salve e continue;
7. Em “Dados de submissão”, todas as informações sobre os autores do trabalho deverão ser inseridas. Para informar os dados dos coautores, é necessário clicar em “Incluir contribuidor”. Não esqueça de atribuir o papel de cada autor. Salve ao final;
8. Insira o título nos idiomas solicitados – o símbolo do planeta Terra ficará verde após a inserção do título nos idiomas selecionados. O resumo também deverá constar nos idiomas solicitados;
9. No próximo passo, o sistema irá confirmar se seu arquivo está pronto para ser enviado. Se estiver tudo correto, clique em OK.

A revista possui um Conselho Científico. Os trabalhos submetidos são primeiramente avaliados pelo Editor ou por um dos Editores Associados. O Editor reserva-se o direito de sugerir alterações nos trabalhos recebidos ou devolvê-los, caso não estejam de acordo com os critérios exigidos para publicação.

Uma vez aceitos, os artigos seguem para avaliação por pares (peer-review). Os artigos são analisados por dois especialistas, no mínimo, que não integram a Comissão Editorial. Caso haja discordância entre os pareceres, o trabalho é submetido a outro(s) especialista(s). Caso mudanças ou correções sejam recomendadas, o trabalho é devolvido ao(s) autor(es), que terá(ão) um prazo de trinta dias para elaborar nova versão.

A publicação implica cessão integral dos direitos autorais do trabalho à revista. A declaração para a cessão de direitos autorais é enviada juntamente com a notificação de aceite do artigo. Deve ser devolvida assinada via e-mail. Todos os autores devem assinar uma declaração.

Aos Editores, ao Conselho Científico e aos consultores científicos *ad hoc* cabe a responsabilidade ética do sigilo e da colaboração voluntária para garantir a qualidade científica das publicações e da revista. Aos autores cabe a responsabilidade da veracidade das informações prestadas, do depósito dos materiais estudados em instituições legais, quando couber, e o cumprimento das leis locais que regem a coleta, o estudo e a publicação dos dados.

## **Preparação de originais**

Todas as submissões devem ser enviadas por meio da plataforma de submissão online. Os originais devem ser enviados em Word, com fonte Times New Roman, tamanho 12, entrelinha 1,5, em laudas sequencialmente numeradas.

No momento da submissão, os arquivos mencionados abaixo devem ser carregados na plataforma de submissão:

O primeiro arquivo (Folha de rosto) deve conter somente: título (no idioma do texto e em inglês); resumo; abstract; palavras-chave e keywords. Este arquivo deve ser carregado como arquivo do Word.

O segundo arquivo (Texto do artigo) deve conter: título (no idioma do texto e em inglês), resumo, abstract, palavras-chave e keywords, introdução, material e métodos, resultados, discussão (a qual pode ser apresentada junto com os resultados), conclusão, agradecimentos, referências, legendas das figuras e tabelas (se for o caso). Tabelas devem ser digitadas em Word, sequencialmente numeradas, com claro enunciado. Este arquivo deve ser enviado como arquivo do Word.

Um terceiro arquivo (Lista de avaliadores), contendo o nome, titulação e e-mail de seis possíveis revisores deve ser enviado como arquivo do Word. Nesse arquivo, também podem ser especificados os revisores que devem ser evitados.

Todas as figuras (ilustrações, gráficos, imagens, diagramas etc.) (PDF com imagens) devem ser apresentadas em páginas separadas e numeradas, com as respectivas legendas, e submetidas na plataforma online como PDF. As imagens também devem ser submetidas separadamente (em arquivos individuais) e ter resolução mínima de 300 dpi e tamanho mínimo de 1.500 pixels, em formato JPEG ou TIFF, obedecendo, se possível, as proporções do formato de página do Boletim, nos limites de 16,5 cm de largura e 20 cm de altura (para uso em duas colunas) ou 8 cm de largura e 20 cm de altura (para uso em uma coluna). As informações de texto presentes nas figuras, caso possuam, devem estar em fonte Arial, com tamanho entre 7 e 10 pts. O texto deve, obrigatoriamente, fazer referência a todas as tabelas, gráficos e ilustrações.

Chaves devem ser apresentadas no seguinte formato:

1. Lagarto com 4 patas minúsculas .....	2
Lagarto com 4 patas bem desenvolvidas .....	3
2. Dígito geralmente sem unhas, dorsais lisas .....	<i>Bachia flavescens</i>
Dígito com unhas, dorsais quilhadas.....	<i>Bachia panoplia</i>
3. Mãos com apenas 4 dedos .....	4
Mãos com 5 dedos.....	5
4. Escamas dorsais lisas.....	<i>Gymnophthalmus underwoodii</i>
Escamas dorsais quilhadas.....	<i>Amapasaurus tetradactylus</i>
5. Cabeça com grandes placas .....	6
Cabeça com escamas pequenas.....	7
6. Placas posteriores da cabeça formam uma linha redonda.....	<i>Alopoglossus angulatus</i>
Placas posteriores da cabeça formam uma linha reta .....	<i>Arthrosaura kockii</i>
7. Etc.	
Etc.	

Pede-se destacar termos ou expressões por meio de aspas simples. Apenas termos científicos latinizados ou em língua estrangeira devem constar em itálico. Observar cuidadosamente as regras de nomenclatura científica, assim como abreviaturas e convenções adotadas em disciplinas especializadas. Citações e referências a autores no decorrer do texto devem subordinar-se à seguinte forma: sobrenome do autor (apenas com inicial maiúscula), ano e número(s) da(s) página(s) (exemplo: Weaver, 1989, p. 800). Em trabalhos com dois autores, os nomes devem ser separados por "&". No caso de mais de dois autores, menciona-se somente o nome do primeiro autor seguido por "*et al.*". Todas as obras citadas ao longo do texto devem estar corretamente referenciadas ao final do artigo.

## Estrutura básica dos trabalhos

**Título** – No idioma do texto e em inglês (quando este não for o idioma do texto). Deve ser escrito em caixa baixa, em negrito, centralizado na página.

**Resumo e Abstract** – Texto em um único parágrafo, ressaltando os objetivos, métodos e conclusões do trabalho, com, no máximo, duzentas palavras, no idioma do texto (Resumo) e em inglês (Abstract). A versão para o inglês é de responsabilidade do(s) autor(es).

**Palavras-chave e Keywords** – Três a seis palavras que identifiquem os temas do trabalho, para fins de indexação em bases de dados.

**Introdução** – Deve conter uma visão clara e concisa de conhecimentos atualizados sobre o tema do artigo, oferecendo citações pertinentes e declarando o objetivo do estudo.

**Material e métodos** – Exposição clara dos métodos e procedimentos de pesquisa e de análise de dados. Técnicas já publicadas devem ser apenas citadas e não descritas. Termos científicos, incluindo espécies animais e vegetais, devem ser indicados de maneira correta e completa (nome, autor e ano de descrição).

**Resultados e discussão** – Podem ser comparativos ou analíticos, ou enfatizar novos e importantes aspectos do estudo. Podem ser apresentados em um mesmo item ou em separado, em sequência lógica no texto, usando tabelas, gráficos e figuras, dependendo da estrutura do trabalho.

**Conclusão** – Deve ser clara, concisa e responder aos objetivos do estudo.

**Agradecimentos** – Devem ser sucintos: créditos de financiamento; vinculação do artigo a programas de pós-graduação e/ou projetos de pesquisa; agradecimentos pessoais e institucionais. Nomes de instituições devem ser por extenso, de pessoas pelas iniciais e sobrenome, explicando o motivo do agradecimento.

**Referências** – Devem ser listadas ao final do trabalho, em ordem alfabética, de acordo com o sobrenome do primeiro autor. No caso de mais de uma referência de um mesmo autor, usar ordem cronológica, do trabalho mais antigo ao mais recente. No caso de mais de uma publicação do mesmo autor com o mesmo ano, utilizar letras após o ano para diferenciá-las. Nomes de periódicos devem ser por extenso. Teses e dissertações acadêmicas devem preferencialmente estar publicadas. Estruturar as referências segundo os modelos a seguir:

**Livro:** WEAVER, C. E., 1989. **Clays, muds and shales:** 1-819. Elsevier, Amsterdam.

**Capítulo de livro:** ARANHA, L. G., H. P. LIMA, R. K. MAKINO & J. M. SOUZA, 1990. Origem e evolução das bacias de Bragança – Viseu, S. Luís e Ilha Nova. In: E. J. MILANI & G. P. RAJA-GABAGLIA (Ed.): **Origem e evolução das bacias sedimentares:** 221-234. PETROBRÁS, Rio de Janeiro.

**Artigo de periódico:** GANS, C., 1974. New records of small amphisbaenians from northern South America. **Journal of Herpetology** 8(3): 273-276. DOI: <http://dx.doi.org/10.2307/1563187>.

**Série/Coleção:** CAMARGO, C. E. D., 1987. **Mandioca, o “pão caboclo”:** de alimento a combustível: 1-66. Icone (Coleção Brasil Agrícola), São Paulo.

**Documento eletrônico:** INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 2011. Censo Demográfico 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 23 jan. 2012.

## Provas

Os trabalhos, depois de formatados, são encaminhados em PDF para a revisão final dos autores, que devem devolvê-los com a maior brevidade possível. Os pedidos de alterações ou ajustes no texto devem ser feitos por escrito. Nessa etapa, não serão aceitas modificações no conteúdo do trabalho ou que impliquem alteração na paginação. Caso o autor não responda ao prazo, a versão formatada será considerada aprovada. Os artigos são divulgados integralmente no formato PDF na página eletrônica do Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais (<https://boletimcn.museu-goeldi.br>), com acesso aberto.

## Endereço para correspondência

Museu Paraense Emílio Goeldi

Editor do Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais

Av. Perimetral, 1901 - Terra Firme

CEP 66077-530

Belém - PA - Brasil

Telefone: 55-91-3075-6186

E-mail: [boletim.naturais@museu-goeldi.br](mailto:boletim.naturais@museu-goeldi.br)

## Lembre-se:

- 1- Antes de enviar seu trabalho, verifique se foram cumpridas as normas acima. Disso depende o início do processo editorial.
- 2- Após a aprovação, os trabalhos são publicados por ordem de chegada. O Editor Científico também pode determinar o momento mais oportuno.
- 3- É de responsabilidade do(s) autor(es) o conteúdo científico do artigo, o cuidado com o idioma em que ele foi concebido, bem como a coerência da versão para o inglês do título, do resumo (abstract) e das palavras-chave (keywords). Quando o idioma não estiver corretamente utilizado, o trabalho pode ser recusado.

# BOLETIM DO MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI. CIÊNCIAS NATURAIS

## INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

### Goals and editorial policy

The mission of the **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** is to publish original works on Biology (zoology, botany, biogeography, ecology, taxonomy, anatomy, biodiversity, vegetation, nature conservation) and Geology. The journal accepts contributions in Portuguese, Spanish, and English (UK) for the following sections:

**Articles** – Scientific and original analytical papers stemming from studies and research, which effectively contribute to building knowledge in the field. Maximum length: 50 pages.

**Short Communications** – Preliminary reports on field observations, problems and progress of current research, emphasizing hypotheses, mentioning sources, partial results, methods and techniques used. Maximum length: 15 pages.

**Memory** – Section intended to report on museum collections, that are relevant for scientific issues; and biographical essays, including obituaries or personal memories. Maximum length: 15 pages.

**Book Reviews** – Text discussing recently published books in the field of natural sciences, in print or electronically. Maximum length: 5 pages.

### Article proposals

The Boletim only accepts original contributions in digital format. Digital manuscripts should be submitted via the online platform (<https://boletimcn.museu-goeldi.br/ojs/?journal=bcnaturais&page=login>), providing additional information requested during the various steps of the submission process.

### Registration

Authors must register in order to create a password-protected personal account on the online platform in the section “Register” (<https://boletimcn.museu-goeldi.br/ojs/?journal=bcnaturais&page=user&op=register>), and correctly fill in the profile. Registration and the creation of an account need be done only once. Thereafter, the account should be used for current and future submissions to the Boletim.

### Submission

- 1- Register as an Author or, if you already are registered, click “Access” to begin manuscript submission.
- 2- To access your profile, click “Login” at the top of the screen.
- 3- To submit your manuscript, click “New Submission” in the left corner of the screen. This will open a screen with norms and conditions for submission to the journal. Remember to include the required items that are marked with an asterisk.
- 4- Choose the section and confirm all the requirements for submission. If you have comments for the Editor (possible conflicts of interest or other relevant issues), you can communicate them at this stage. After that, click “Save and continue”.
- 5- In the “Upload Submission File” option, select “Title Page”, “Article Text” and “Referee List” and upload the respective files. Images should be uploaded at this time. In “Review Details”, the author should edit the file name in order to guarantee privacy for peer review of the manuscript. Then click “Complete”.

- 6- Each file will appear in "Submission Files". Click "Save and continue".
- 7- In "Enter Metadata", all author information should be included. To enter data on co-authors, click "Add Contributor". Do not forget to assign the role of each author. Click "Save and continue" to continue the submission process.
- 8- Enter the manuscript title in the requested languages. The Planet Earth symbol will turn green after the title is inserted in the selected language. The manuscript's abstract should also appear in the requested languages.
- 9- In the final step, the system will confirm that your file is ready to be sent. If everything is correct, click "OK".

The journal has a Scientific Board. The manuscripts are first examined by the Editor or by one of the Associate Editors. The Editor has the right to recommend alterations be made to the papers submitted or to return them when they fail to comply with the journal's editorial policy.

Upon acceptance, the manuscripts are submitted to peer-review and are reviewed by two specialists who are not members of the Editorial Commission. In the event of disagreement, the manuscript is submitted to other(s) referee(s). If changes or corrections need to be made, the manuscript is returned to the authors who will have thirty days to send a new version.

Publication means fully assigning and transferring all copyrights of the manuscript to the journal. The Liability Statement and Assignment of Copyrights will be enclosed with the notice of acceptance. All the authors must sign the document and return it to the journal.

The editors, the Advisory Body and ad hoc scientific advisors are responsible for the ethical duty of confidentiality and their voluntary collaboration to ensure the scientific quality of papers published in the journal. Authors are responsible for the veracity of the information provided, the deposition of the materials studied in recognized institutions (where applicable) and compliance with local laws that govern the collection, study and publication of data.

## Preparing manuscripts

The manuscripts should be sent in Word for Windows formats, in Times New Roman, font 12, 1.5 spacing between lines, and pages must be sequentially numbered.

At the time of manuscript submission, the three files specified below must be uploaded to the submission platform:

The first file (Title page) should contain only: title (in the language of the text and in English), abstract, *resumo*, keywords, and *palavras-chave*. This file should be uploaded as Word file.

The second file (Article Text) should contain: title (in the language of the text and in English), abstract, *resumo* (abstract in Portuguese), keywords, and *palavras-chave* (keywords in Portuguese), introduction, material and methods, results, discussion (discussion and results can be presented together), conclusions, acknowledgments, references, figure legends, and tables. Tables should be in Word format, sequentially numbered, and with clear captions. This file should be uploaded as Word file.

A third file (Referee list) containing the name, title and e-mail of six possible reviewers should be submitted as Word file. In this file you can also specify reviewers who should be avoided.

All figures (illustrations, graphs, pictures, diagrams, etc.) (PDF with images) should be presented on separate, numbered pages with their respective captions, and submitted separately on the online platform. Images require minimum resolution of 300 dpi and minimum size of 1,500 pixels, in JPEG or TIFF format. If possible, respect the page sizes of the Bulletin, namely 16.5 cm wide and 20 cm tall (for images occupying two columns) or 8 cm wide and 20 cm tall (for images occupying one column). When text is contained in images, the font used should be Arial, 7 to 10 pt. All tables, graphs and images must be necessarily mentioned in the text body.

Keys have to be presented in the following format:

1. Lizard with 4 small limbs .....	2
Lizard with 4 well developed limbs.....	3
2. Fingers and toes generally without nails, dorsals smooth .....	<i>Bachia flavescens</i>
Fingers and toes with nails, dorsals keeled.....	<i>Bachia panoplia</i>
3. Hands with only 4 fingers .....	4
Hands with 5 fingers.....	5
4. Dorsal scales smooth .....	<i>Gymnophthalmus underwoodii</i>
Dorsal scales keeled.....	<i>Amapasaurus tetradactylus</i>
5. Head with large scales.....	6
Head with small scales .....	7
6. Posterior scales of head forming a rounded line .....	<i>Alopoglossus angulatus</i>
Posterior scales of head forming a straight line.....	<i>Arthrosaura kockii</i>
7. Etc.	
Etc.	

To highlight terms or phrases, please use single quotation marks. Only foreign language words and phrases, and Latinized scientific names should be in italics. Texts must fully comply with naming rules, abbreviations and conventions adopted in specific fields. To quoting or mentioning authors throughout the text, please use the following format: author's last name (capitalize only the first letter), year and page(s) (example: Weaver, 1989, p. 800). Publications with two authors are cited with an "&" between the names. In cases where there are more than two authors only the name of the first author is mentioned followed by "*et al.*". All quotations in the text body must be accurate and listed at the end of the paper.

### Basic text structure

**Title** – The title must appear both in the original language of the text and in English (when English is not the original language). Title must be centralized and in bold. Do not use capitals.

**Abstract** – This section should be one paragraph long and highlight the goals, methods, and results of the study. Maximum length: 200 words. The abstract should be presented both in Portuguese/Spanish and in English. The authors are responsible for the English translation.

**Keywords** – Three to six words that identify the topics addressed, for the purpose of indexing the paper in databases.

**Introduction** – The introduction should contain a clear and concise description based on state-of-the-art knowledge on the topic addressed. It should provide relevant quotations, and express the goals of the study clearly.

**Materials and Methods** – This section contains clear information on methods, procedures and data analysis. Previously published studies should not be described, only mentioned. Scientific terms, including the names of plants and animals, should be provided correctly and accurately (name, author, year of description).

**Results and Discussion** – The results and discussion can be comparative or analytical, or emphasize new and important aspects of the study. They can be addressed together under the same topic, or separately according to the logical order of the paper by using tables, graphics and pictures depending on the structure of the text.

**Conclusion** – The conclusion should be clear and concise, and should mirror the goals of the study.

**Acknowledgements** – Acknowledgements are brief and can mention: support and funding; connections to graduate programs and/or research projects; acknowledgement to individuals and institutions. The names of institutions should be written in full, those of individuals with initials and family name, indicating what motivated the acknowledgement.

**References** – References should appear at the end of the text in alphabetical order according to the last name of the first author. In the event of two or more references to the same author, please use chronological order starting with the earliest work. In case there are several publications by the same author in the same year, use lower case letters behind the year to differentiate them. Theses and academic dissertations preferably must have been published. References should follow the examples below:

**Book:** WEAVER, C. E., 1989. **Clays, muds and shales:** 1-819. Elsevier, Amsterdam.

**Chapter in book:** ARANHA, L. G., H. P. LIMA, R. K. MAKINO & J. M. SOUZA, 1990. Origem e evolução das bacias de Bragança – Viseu, S. Luís e Ilha Nova. In: E. J. MILANI & G. P. RAJA-GABAGLIA (Ed.): **Origem e evolução das bacias sedimentares:** 221-234. PETROBRÁS, Rio de Janeiro.

**Article in journal:** GANS, C., 1974. New records of small amphisbaenians from northern South America. **Journal of Herpetology** 8(3): 273-276. DOI: <http://dx.doi.org/10.2307/1563187>.

**Series/Collection:** CAMARGO, C. E. D., 1987. **Mandioca, o “pão caboclo”:** de alimento a combustível: 1-66. Ícone (Coleção Brasil Agrícola), São Paulo.

**Electronic document:** INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 2011. **Censo Demográfico 2010.** Available at: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Accessed on: 23 jan. 2012.

## Proofs

Authors will receive their paper in PDF format for final approval, and must return the file as soon as possible. Authors must inform the Editors in writing of any changes in the text and/or approval issues. At this stage, changes concerning content or changes resulting in an increase or decrease in the number of pages will not be accepted. In the event the author does not meet the deadline, the formatted paper will be considered approved by the author. The papers will be disclosed in full, in PDF format in the journal website (<https://boletimcn.museu-goeldi.br>).

## Mailing address

Museu Paraense Emílio Goeldi

Editor do Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais

Av. Perimetral, 1901 - Terra Firme

CEP 66077-530

Belém - PA - Brazil

Phone: 55-91-3075-6186

E-mail: [boletim.naturais@museu-goeldi.br](mailto:boletim.naturais@museu-goeldi.br)

## Please note:

1- Before submitting your manuscript to the journal, please check whether you have complied with the norms above. For the editorial process to begin, submitters must comply with the policy.

2- After acceptance, the papers will be published according to order of arrival. The Scientific Editor may also decide on the most convenient time for publication.

3- The authors are fully responsible for the scientific content of their manuscripts, language quality, in addition to accuracy between the original and the English version of the title, abstract and keywords. When language is not correct a manuscript can be refused.







Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi  
Formato: 50P0 x 59P6  
Tipografia: MPEG



## Conteúdo

<b>Composição e mudanças espaciais e temporais da diversidade e densidade do mesozooplâncton em um estuário amazônico (Emboráí Velho, Pará, Brasil)</b> Composition and spatio-temporal changes in mesozooplankton diversity and density in an Amazonian estuary (Emboráí Velho, Pará, Brazil) Francisco Alex Lima Barros   Marcela Pimentel de Andrade   Thaynara Raelly da Costa Silva   Luci Cajueiro Carneiro Pereira   Rauquírio Marinho da Costa .....	307
<b>Bosque como refúgio para as briófitas: o caso do parque Ibirapuera, em São Paulo, Brasil</b> City parks as refuges for bryophytes: the case of Ibirapuera Park, in São Paulo, Brazil Sandra Regina Visnadi .....	331
<b>Estudo taxonômico das angiospermas epífitas de Belém, Pará, Brasil</b> Taxonomic study of the angiosperm epiphytes of Belém, Pará, Brazil Evellyn Garcia Brito   Julio dos Santos de Sousa   Wendell Vilhena de Carvalho   Ely Simone Cajueiro Gurgel .....	363
<b>Cyperaceae aquáticas e palustres na Floresta Nacional de Caxiuanã, Pará, Amazônia, Brasil</b> Cyperaceae aquatic and palustris in the Caxiuanã National Forest, Pará, Amazon, Brazil Juliene de Fátima Maciel-Silva   Clebiana de Sá Nunes   Leandro Valle Ferreira   André dos Santos Bragança Gil .....	391
<b>Leaf structural characters of <i>Leandra</i> and <i>Miconia</i> (Miconieae: Melastomataceae): taxonomic and ecological significance</b> Caracteres estruturais foliares de <i>Leandra</i> e <i>Miconia</i> (Miconieae: Melastomataceae): importância taxonômica e ecológica Raísa Gonçalves-Silva   Odair José Garcia de Almeida   Luiz Antonio de Souza.....	425
<b>Extração e caracterização de amido de espécies de <i>Dioscorea</i> cultivadas na Amazônia</b> Extraction and characterization of starch from <i>Dioscorea</i> species cultivated in the Amazon Larissa Svetlana Cavalcante Silva   Salomão Rocha Martim   Raiane Aila Teixeira de Souza   Ana Rita Gaia Machado   Lorisa Simas Teixeira   Leilane Bentes de Sousa   Marne Carvalho de Vasconcellos   Maria Francisca Simas Teixeira .....	439
<b>Produção e caracterização de enzimas proteolíticas de <i>Lentinus crinitus</i> (L.) Fr. 1825 DPUA 1693 do bioma amazônico (Polyporaceae)</b> Production and characterization of proteolytic enzymes of <i>Lentinus crinitus</i> (L.) Fr. 1825 DPUA 1693 from the Amazonian biome (Polyporaceae) Alessandra Alves da Silva Magalhães   Taciana de Amorim Silva   Maria Francisca Simas Teixeira   Raimundo Felipe Cruz Filho   Suelen Dias da Silva   Dib Mady Diniz Gomes   José Odair Pereira .....	453
<b>Produção e caracterização parcial de proteases aspárticas sintetizadas por <i>Lentinus crinitus</i> (L.) Fr. 1825 DPUA 1693 (Polyporaceae)</b> Production and partial characterization of aspartic proteases synthesized by <i>Lentinus crinitus</i> (L.) Fr. 1825 DPUA 1693 (Polyporaceae) Erica Caroline de Matos Brito   Rodrigo da Silva Braga   Maria Francisca Simas Teixeira   Salomão Rocha Martim.....	463
<b>Mudanças ambientais quaternárias verificadas por meio de depósito de leque aluvial no Planalto de Palmas, Paraná e Água Doce, Santa Catarina, no Sul do Brasil</b> Quaternary environmental changes verified by means of alluvial fan deposits at Palmas Plateau in Paraná and Água Doce in Santa Catarina in the South of Brazil Leandro Oliveira .....	473