

BOLETIM MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI

CIÊNCIAS NATURAIS

v. 14 n. 1 janeiro/abril de 2019



Celeus obrieni

Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi

Ciências Naturais



v. 14, n. 1
janeiro-abril
2019

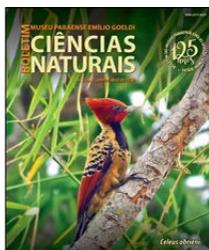


IMAGEM DA CAPA
Celeus obrieni.
Foto: Túlio Doma.

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 Emilio 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. 1	p. 11-132	janeiro-abril 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

SUBMISSÃO DE TRABALHOS:
boletim.naturais@museu-goeldi.br

AQUISIÇÃO:
Permuta: mgdoc@museu-goeldi.br
Venda: 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. 1., 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. Botânica. 2. Zoologia. 3. Biotecnologia. 4. Conservação. 5. Geodiversidade. 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

Não é novidade que o planeta Terra esteja passando por mudanças drásticas devido à ação antrópica. Muitos ambientes naturais já foram perdidos e outros, radicalmente transformados, havendo várias espécies em vias de extinção e outras já desaparecidas. Apesar disso, muitas pessoas relutam em aceitar essas evidências, entre as quais algumas têm papel fundamental nas tomadas de decisões. Dessa forma, cabe aos pesquisadores, por meio de seus estudos, demonstrar que isso vem ocorrendo, buscando soluções para os problemas decorrentes desse contexto. Eles também devem mostrar quais são os benefícios e a importância de preservar o meio ambiente e os seres vivos.

Nesta edição do **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, são publicados textos que contribuem de alguma forma para a preservação da biodiversidade e para a conservação dos ambientes. Inclusive, a ave que ilustra a capa deste número, o pica-pau-do-parnaíba (*Celeus obrieni*), é um símbolo da luta pela conservação, pois trata-se de uma espécie exclusiva do Brasil e que corre risco de extinção.

Quando se fala em conservação, a atenção é voltada principalmente para as frondosas floretas amazônicas. No entanto, a região amazônica também possui outros tipos de ambientes, como as restingas, que correspondem à vegetação formada sobre o solo arenoso na zona litorânea. Essas áreas são ainda pouco estudadas na região amazônica, não havendo muitas informações sobre os tipos de organismos que nelas habitam. No artigo de Silva e colaboradores, são apresentados aspectos sobre a diversidade, bem como são fornecidas chaves de identificação e informações sobre a distribuição das espécies de plantas da família Leguminosae nas restingas do Pará. Como enfatizam os autores, tratam-se de dados que poderão servir de base para os planos de conservação das áreas de restinga, as quais, por estarem localizadas próximo de praias, sofrem com a ocupação ilegal para a construção de residências.

A ocupação ilegal não é a única ameaça enfrentada pelos ambientes amazônicos. A transformação dos ambientes naturais em áreas destinadas à agricultura tem causado vários tipos de desequilíbrios ambientais. No entanto, como destacado nos dois artigos de Santos e colaboradores que compõem este sumário, há maneiras de amenizar o impacto das atividades agrícolas, entre as quais menciona-se a implantação de sistemas agroflorestais, que consistem na utilização de espécies arbóreas nas mesmas áreas destinadas à agricultura. No artigo intitulado "Diversidade florística e estoque de carbono de sistemas agroflorestais em dois municípios do nordeste paraense", os autores analisaram a florística e o estoque de carbono em sistemas agroflorestais tradicionais e comerciais. Na outra contribuição, intitulada "O ponto de equilíbrio na assimilação de carbono em sistemas agroflorestais nos municípios de Cameté e Tomé-Açu, no estado do Pará, Brasil", foi avaliado o ponto de equilíbrio entre fatores bióticos e abióticos na assimilação de carbono em sistemas agroflorestais.

As queimadas também são causadoras de danos irreparáveis aos ambientes amazônicos. A utilização do fogo é mais recorrente em algumas áreas do que em outras, e esse é o caso do sul do Pará. No artigo de Sales e colaboradores, foram utilizadas imagens de satélite no estudo das queimadas no município de Paragominas, realizado no período entre 2015 e 2016. Esses dados poderão ser úteis na prevenção e no combate de queimadas em remanescentes de mata neste município, como ressaltado pelos autores.

A conservação dos ambientes não está restrita somente aos componentes bióticos (seres vivos), envolvendo também os abióticos, ou seja, a parte não viva, tal como água, gases atmosféricos, sais minerais, temperatura,

umidade e solo. No artigo de Silva & Nascimento, os resultados da aplicação de um sistema de valoração qualitativa da geodiversidade, denominado de sistema Murran Gray, são apresentados. Geodiversidade é o termo utilizado para nominar a variedade dos elementos abióticos presentes na natureza.

Como se pode observar, esta edição traz estudos com ênfase na importância da conservação do meio ambiente e de seus seres como garantia de nossa sobrevivência no planeta, o que também certamente possibilitará a manutenção da biodiversidade, ainda pouco conhecida. Muitas espécies não foram devidamente estudadas até o presente e algumas delas podem ser fontes de substâncias úteis para os seres humanos. O artigo de Perim e colaboradores é um desses trabalhos que evidencia isso, no qual os autores estudam os extratos retirados de uma espécie de planta (*Kalanchoe pinnata*) e seus efeitos contra várias espécies de bactérias.

Além de artigos, esta edição apresenta também três notas científicas e uma resenha bibliográfica. Na primeira nota, de autoria de Dornas & Georgiadis, também desenvolvida na área da conservação, são publicadas novas informações sobre a distribuição do emblemático e raro pica-pau-do-parnaíba (*Celeus obrieni*) para uma região localizada no município de Tocantins. Os autores sugerem que esta área deve ser incorporada à unidade de conservação de proteção integral do Parque Estadual do Cantão, garantindo, assim, a proteção e a conservação desta espécie de ave e de muitas outras que ocorrem no ecótono Cerrado-Amazônia.

Na nota de Godoy & Gabriel, foi reportado o caso de um híbrido natural resultante do cruzamento de duas espécies de passarinhos do mesmo gênero (*Myiothlypis flaveola* e *Myiothlypis leucophrys*), encontrado no município de Piracicaba, em São Paulo.

Na nota de Gonçalves, são apresentados documentos e propostas de uma pesquisa ainda em andamento sobre a catalogação das espécies mencionadas em relatos de viagens à África e à Ásia feitas por cristãos europeus entre os séculos XIII e XV.

Felipe Faria colaborou com uma resenha muito bem escrita do livro intitulado “El darwinismo de Ameghino: una lectura de Filogenia”, de autoria de Gustavo Caponi, o qual, por sua vez, analisa a obra “Filogenia: principios de clasificación transformista basados sobre leyes naturales y proporciones matemáticas”, de autoria de Florentino Ameghino (1854-1911) e publicada em 1884.

Para finalizar, gostaria de agradecer aos profissionais que dedicaram tempo na leitura e na avaliação dos manuscritos publicados nesta edição. Sou grato também ao Dr. William L. Overall, pela revisão dos textos em inglês, e à Rafaela Silva e à Talita do Vale, pela dedicação no trabalho de edição.

Fernando da Silva Carvalho Filho
Editor Científico

CARTA DO EDITOR
EDITOR'S NOTE

ARTIGOS
ARTICLES

Diversidade de espécies e chaves de identificação das Leguminosae ocorrentes nas restingas do estado do Pará, Brasil

Leguminosae diversity and identification key for species in *restingas* of Pará State, Brazil

Wanderson Luis da Silva e Silva, Mônica Falcão-da-Silva, Ely Simone Cajueiro Gurgel,

Ricardo de S. Secco, Maria de Nazaré do Carmo Bastos, João Ubiratan Moreira dos Santos 11

Diversidade florística e estoque de carbono de sistemas agroflorestais em dois municípios do nordeste paraense, Brasil

Floristic diversity and carbon stock of agroforestry systems in two municipalities of Northeast of State of Pará, Brazil

Silvio Roberto Miranda dos Santos, Osvaldo Ryohei Kato, Manoel Malheiros Tourinho 31

O ponto de equilíbrio na assimilação de carbono em sistemas agroflorestais nos municípios de Cametá e Tomé-Açu, no estado do Pará, Brasil

The balance point on carbon assimilation in agroforestry systems in the municipalities of Cametá and Tomé-Açu, State of Pará, Brazil

Silvio Roberto Miranda dos Santos, Osvaldo Ryohei Kato, Manoel Malheiros Tourinho,

José Felipe Souza de Almeida, Beatriz Lopes Pereira 43

Emprego dos focos de calor na avaliação das áreas queimadas e em incêndios florestais em Paragominas, Pará, Brasil

Employment of heat focuses in the evaluation of burned and a forest fire in Paragominas, State of Pará, Brazil

Gil Mendes Sales, Jorge Luis Gavina Pereira, Marcelo Cordeiro Thalês, René Pocard-Chapuis, Arlete Silva de Almeida 55

O sistema de valoração da geodiversidade, com enfoque nos serviços ecossistêmicos *sensu* Murray Gray

The geodiversity valuation system, with focus on ecosystem services *sensu* Murray Gray

Matheus Lisboa Nobre da Silva, Marcos Antonio Leite do Nascimento 79

Efeito dos extratos das folhas de *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. sobre bactérias resistentes a multidrogas
Effect of leaf extracts of *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. against multidrug resistant bacteria

Michele Cezimbra Perim, Joelma da Costa Borges, Thiago Antônio de Sousa Araújo, Ana Carolina Oliveira da Silva,

Natália Mazzolani Zucchini, Solange Cristina Carreiro, Anderson Ferreira da Cunha, Maria Cristina da Silva Pranchevicius 91

NOTAS DE PESQUISA
SHORT COMMUNICATIONS

Registro de *Celeus obrieni* (Aves: Piciformes: Picidae) no Parque Estadual do Cantão: implicações para conservação da espécie e para consolidação dos limites da primeira unidade de conservação de proteção integral em Tocantins

Record of *Celeus obrieni* (Aves: Piciformes: Picidae) in the Cantão State Park: implications for species conservation and boundary consolidation of the first integral protection conservation unit in Tocantins, Brazil

Túlio Dornas, George Georgiadis..... 103

Provável híbrido entre *Myiothlypis flaveola* (Baird, 1865) e *M. leucophrys* (Pelzeln, 1868) (Passeriformes: Parulidae)

Possible hybrid of *Myiothlypis flaveola* (Baird, 1865) and *M. leucophrys* (Pelzeln, 1868) (Passeriformes: Parulidae)

Fernando Igor de Godoy, Vagner de Araujo Gabriel.....111

A fauna da África e da Ásia descrita pelos viajantes cristãos entre os séculos XIII e XV

The fauna of Africa and Asia described by Christian travelers between the thirteenth and fifteenth centuries

Rafael Afonso Gonçalves 119

RESENHA
BOOK REVIEW

O “Filogenia” de Ameghino: além de uma análise epistemológica

The Ameghino’s “Filogenia”: beyond an epistemological analysis

Felipe Faria..... 129

A black and white photograph of a woodpecker perched on a tree branch. The bird is facing right, with its head slightly turned. It has a prominent crest and a patterned back. The background is filled with long, thin, vertical leaves, likely bamboo, which are out of focus. The word "ARTIGOS" is written in a simple, sans-serif font across the middle of the image, centered over the bird's head and neck area.

ARTIGOS

Diversidade de espécies e chaves de identificação das Leguminosae ocorrentes nas restingas do estado do Pará, Brasil

Leguminosae diversity and identification key for species in restingas of Pará State, Brazil

Wanderson Luis da Silva e Silva^{I, II}, Mônica Falcão-da-Silva^{I, II}, Ely Simone Cajueiro Gurgel^{II}, Ricardo de S. Secco^{II}, Maria de Nazaré do Carmo Bastos^{II}, João Ubiratan Moreira dos Santos^{III}

^IUniversidade Federal do Pará. Belém, Pará, Brasil

^{II}Museu Paraense Emílio Goeldi/MCTIC. Belém, Pará, Brasil

^{III}Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, Pará, Brasil

Resumo: As restingas paraenses possuem diferentes fisionomias de acordo com sua composição vegetacional no sentido mar-continente. Nesse ecossistema, Leguminosae consta como uma das famílias mais ricas e importantes ecologicamente. Contudo, no Pará, estudos existentes contemplam parcialmente a diversidade da família. Dessa forma, este trabalho objetivou listar a diversidade de espécies, fornecendo chaves de identificação e comentando os padrões de distribuição geográfica e de *habitat* das Leguminosae nas restingas do Pará. A listagem florística foi obtida a partir de inventários realizados entre setembro/2014 e setembro/2016 de coleções dos principais herbários do estado (MG, IAN e MFS) e também de literatura especializada, conforme a citação dos materiais examinados em trabalhos taxonômicos realizados com grupos de Leguminosae, distribuídos pelas restingas do estado. Foram registrados 67 táxons, reunidos em 40 gêneros. A subfamília Papilionoideae (43 táxons) foi a mais representativa (64% do total), seguida de Caesalpinioideae (21 táxons). *Inga* Mill. e *Chamaecrista* Moench foram os gêneros mais representativos, com cinco espécies cada. A maior riqueza de Leguminosae ocorre no 'campo de dunas'. O conhecimento da flora de Leguminosae nas restingas do Pará pode subsidiar o plano de manejo desse ecossistema em áreas de Unidade de Conservação, contribuindo para futuros trabalhos e incrementando conhecimento sobre a flora do Pará e da Amazônia.

Palavras-chave: Amazônia. Fabaceae. Vegetação costeira. Composição florística.

Abstract: Coastal dunes in Pará, Brazil, have different physiognomies due to their vegetative composition on a gradient from sea to continent. Leguminosae is one of the most important families in this ecosystem. However, existing studies have only partially addressed legume diversity. Thus, this study aims to list species diversity, provide identification keys, and comment on patterns of geographic distribution and *habitat* of Leguminosae in Pará coastal dunes. The species list was elaborated from floristic inventories made between September/2014 and September/2016, collections of the main regional herbariums (MG, IAN and MFS), and specialized literature, according to the citation of the examined material in taxonomic studies on Leguminosae. A total of 67 taxa were recorded in 40 genera. Papilionoideae (43 taxa) was the most representative subfamily (64% of total species), followed by Caesalpinioideae (21 taxa). *Inga* Mill. and *Chamaecrista* Moench were the most representative genera, with five species each. The greatest species richness of Leguminosae occurred in the 'dune field'. Knowledge of the Leguminosae flora in the Pará dunes can subsidize the Management Plan of this ecosystem in Conservation Units, contributing also to future related work and increasing our knowledge of the flora of Pará and the Amazon.

Keywords: Amazon. Fabaceae. Coastal vegetation. Floristic composition.

SILVA, W. L. S., M. FALCÃO-DA-SILVA, E. S. C. GURGEL, R. S. SECCO, M. N. C. BASTOS & J. U. M. SANTOS, 2019. Diversidade de espécies e chaves de identificação das Leguminosae ocorrentes nas restingas do estado do Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 14(1): 11-30.

Autor para correspondência: Wanderson Luis da Silva e Silva. Museu Paraense Emílio Goeldi/MCTIC. Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia – Bionorte. Coordenação de Botânica. Av. Perimetral, 1901 – Terra Firme. Belém, PA, Brasil. CEP 66077-530 (wl.silvasilva@gmail.com).

Recebido em 30/06/2018

Aprovado em 09/10/2018

Responsabilidade editorial: Fernando da Silva Carvalho Filho



INTRODUÇÃO

A costa brasileira possui cerca de 70% de território ocupado por formações de dunas e restingas, variando descontinuamente, de acordo com as distintas características edáficas e topográficas (Rizzini, 1979; Guedes *et al.*, 2006). Suguio & Tessler (1984) e Araújo, D. S. & Henriques (1984) definiram 'restinga' como uma vegetação com desenvolvimento sobre depósitos litorâneos que formam extensas planícies arenosas quaternárias, ocorrendo em dunas e até em planícies costeiras.

Na Amazônia, trechos de restinga ocorrem em mais de 1.500 km de extensão, entre os estados do Pará, do Amapá e do Maranhão (Suguio & Tessler, 1984). No Pará, as restingas possuem diferentes fisionomias, que variam em composição vegetal no sentido mar-continente (Bastos, 1996). Tais fisionomias são encontradas principalmente na região nordeste do estado, caracterizada por apresentar ilhas, penínsulas e baías, situadas nas desembocaduras amplas de rios de curto percurso, com formações de falésias, praias arenosas e/ou silto-argilosas e manguezais (Farias *et al.*, 1987; Franzinelli, 1992). Floristicamente, Pires (1973) classificou as restingas do Pará como pobres.

Desde a década de 70, as restingas do Pará são objetos de estudos, principalmente em relação à composição florística, à fitossociologia, à caracterização da vegetação (Santos & Rosário, 1988; Bastos, 1996; Costa-Neto *et al.*, 1996, 2001; Santos *et al.*, 2003; Amaral *et al.*, 2008), à anatomia vegetal (Alvarez *et al.*, 2001; Alvarez & Potiguara, 2002), à etnobotânica (Coelho-Ferreira, 2001; Coelho-Ferreira & Jardim, 2005; Coelho-Ferreira & Silva, 2005) e à taxonomia (Rocha, 2000; Amaral *et al.*, 2001; Rocha & Bastos, 2004; Rocha & Secco, 2004; Rosário *et al.*, 2005; Sousa *et al.*, 2009; Furtado *et al.*, 2012; Mesquita *et al.*, 2013; Barbosa *et al.*, 2013; Lima *et al.*, 2014; Abreu *et al.*, 2014; Falcão-da-Silva *et al.*, 2015a, 2015b; Oliveira, T. *et al.*, 2015; Schneider *et al.*, 2017). Nos estudos florísticos-fitosociológicos, Leguminosae vem aparecendo como umas das mais ricas famílias (Amaral *et al.*, 2008; Santos *et al.*, 2003; Silva, R. *et al.*, 2010).

Leguminosae é a terceira maior família entre as angiospermas (19.500 espécies e 770 gêneros), tradicionalmente dividida em três subfamílias morfológicamente distintas: Caesalpinioideae DC., Mimosoideae DC. e Papilionoideae DC. (Lewis *et al.*, 2005; LPWG, 2013). No entanto, com os avanços nos estudos filogenéticos sobre a família e uma nova circunscrição do grupo parafilético Caesalpinioideae, o número de subfamílias reconhecidas foi elevado para seis: Caesalpinioideae DC., Cercidoideae LPWG, Detarioideae Burmeist., Dialioideae LPWG, Duparquetioideae LPWG e Papilionoideae DC., com as antigas Mimosoideae agora recebendo o nome informal de 'Clado Mimosoide' e fazendo parte das atuais Caesalpinioideae (LPWG, 2017). Os representantes de Leguminosae ocorrem como árvores, lianas, arbustos e ervas de distribuição cosmopolita, com maior representatividade nas regiões tropicais, subtropicais e temperadas (Schrire *et al.*, 2005; LPWG, 2013, 2017).

No Pará, Leguminosae é representada por 728 espécies em 138 gêneros (JBRJ, 2018). Sousa *et al.* (2009) e Falcão-da-Silva *et al.* (2015a, 2015b) realizaram, respectivamente, o levantamento florístico taxonômico da então subfamília Mimosoideae e das tribos Phaseoleae DC. e Dalbergieae Bronn ex DC. (Papilionoideae) no litoral amazônico. Contudo, esses estudos não contemplaram a diversidade da família como um todo nessas áreas. Dessa forma, o presente artigo tem como objetivos listar a diversidade, fornecer chaves de identificação e comentar sobre os padrões de distribuição geográfica e de *habitat* dos táxons de Leguminosae encontrados nas restingas do litoral do Pará.

MATERIAL E MÉTODOS

As áreas de restinga do estado do Pará possuem aproximadamente 598 km, desde a foz do rio Amazonas até a desembocadura do rio Gurupi (Maranhão-Pará) (Costa-Neto *et al.*, 2000). Os sítios estudados estão localizados nas restingas encontradas na Reserva Ecológica

(RESEC) do Bacurizal/Salvaterra/Marajó, ilha Nova/São Caetano de Odivelas, ilha Romana/Curuçá, praia do Crispim/Marapanim, ilhas de Algodual/Maiandeuá/Maracanã, praia do Atalaia e ilhas do Marco/Marieta/Salinópolis, ilha Canela/Bragança, Área de Proteção Ambiental (APA) do Urumajó/Augusto Corrêa e APA Jabotitua/Jatium/Viséu (Amaral *et al.*, 2008; Silva, R. *et al.*, 2010). A vegetação cobre grande parte da planície arenosa da costa amazônica, apresentando seis complexos fisionômicos: halófila, psamófila reptante, brejo herbáceo, campo de dunas, formação aberta de moitas e floresta de restinga, de acordo com Bastos *et al.* (2001). O clima é do tipo 'Am', segundo classificação de Köpen, com precipitação pluviométrica anual de 2.500-3.100 mm, temperatura média anual de 27 °C e umidade relativa do ar de cerca de 80-85% (SUDAM, 1984; Martorano *et al.*, 1993; Alvares *et al.*, 2013).

A listagem dos táxons de Leguminosae nas restingas do Pará foi construída com base em: (i) inventários florísticos realizados entre setembro de 2014 e setembro de 2016, por meio do método de caminhamento aleatório, conforme descrito por Filgueiras *et al.* (1994), visando a abranger a maior parte das fitofisionomias de restinga; (ii) coleções de Leguminosae dos principais herbários que concentram os registros do estado, MG, do Museu Paraense Emílio Goeldi, IAN, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Amazônia Oriental, e MFS, da Universidade do Estado do Pará (acrônimos conforme Thiers, 2015); e (iii) literatura especializada, de acordo com a citação do material examinado em que se baseiam revisões taxonômicas de grupos de Leguminosae com ocorrência nas restingas do litoral paraense. Os exemplares coletados foram incorporados ao herbário João Murça Pires (MG), do Museu Paraense Emílio Goeldi. Amostras oriundas de coletas e outros materiais indeterminados foram identificados com base em revisões taxonômicas e comparações com coleções certificadas por especialistas. Na listagem de espécies, citou-se apenas um material-testemunho (*voucher*) confirmado por táxon.

As formas de vida foram classificadas de acordo com IBGE (2012), considerando as informações obtidas de observações em campo, etiquetas de exsicatas e literatura, exceto para espécies trepadeiras, que estão de acordo com as definições de Queiroz (2009). A partir de então, a elaboração das chaves de identificação das subfamílias e de espécies por subfamília foi possível com base nos materiais confirmados para cada táxon, considerando-se a amplitude morfológica dos espécimes analisados.

A classificação da família utilizada foi a estabelecida por LPWG (2017). Verificações nomenclaturais foram feitas com uso de sítios eletrônicos específicos, como a "Lista de espécies da Flora do Brasil" (JBRJ, s. d.) e a base Tropicos (Missouri Botanical Garden, s. d.), as quais também foram utilizadas, juntamente com revisões taxonômicas, para compilação das informações sobre as áreas de abrangência e os domínios fitogeográficos brasileiros de cada táxon registrado.

Os padrões de distribuição geográfica foram definidos conforme Queiroz (2006), seguindo os critérios: (1) distribuição pantropical, táxons com ocorrência nas regiões tropicais da América, da África e da Ásia; (2) distribuição neotropical, táxons com distribuição nos trópicos sul-americanos e que se estendem para a América Central e para o México; (3) anfiatlântico, táxons com distribuição na América do Sul e na região do oeste da África; (4) América do Sul amplo, táxons com distribuição em toda a América do Sul tropical e subtropical; (5) América do Sul Norte, táxons com distribuição na Venezuela, na Guiana Francesa, no Suriname, na Colômbia e nas regiões Norte e Nordeste do Brasil; (6) Brasil amplo, táxons endêmicos do Brasil com ocorrência em grande parte do território; (7) Brasil Norte, táxons endêmicos do Brasil com ocorrência restrita à região Norte. A classificação das fitofisionomias das restingas seguiu Bastos *et al.* (2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Leguminosae foi representada na área de estudo por 67 táxons, pertencentes a 40 gêneros (Apêndice e Figuras 1 a 3).



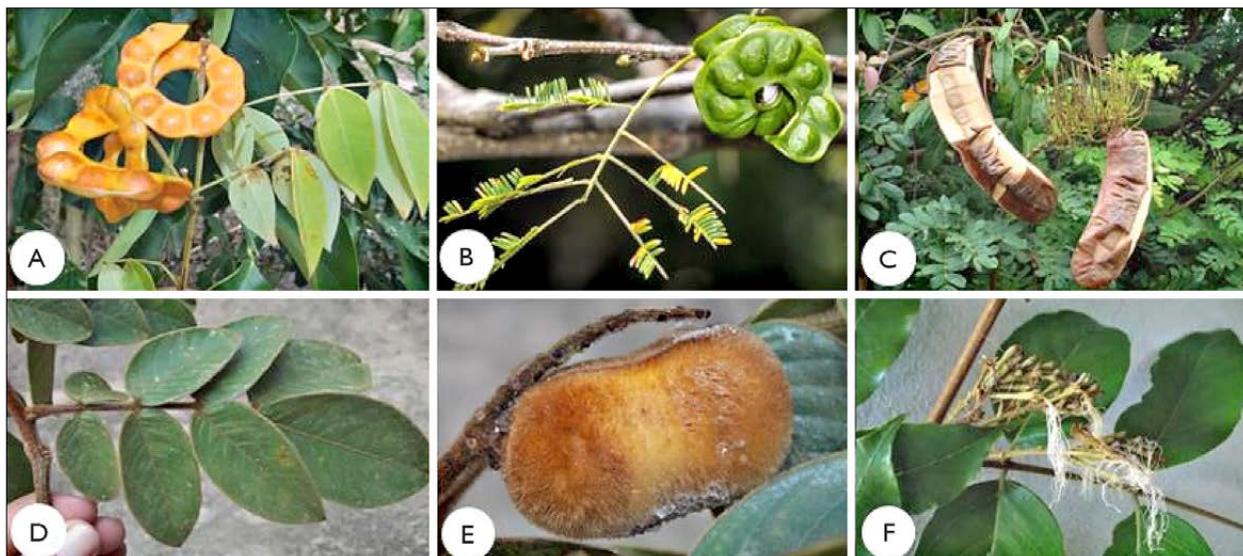


Figura 1. Leguminosae ocorrentes nas restingas do litoral do Pará, Brasil: A) *Abarema cochleata* (Willd.) Barneby & Grimes var. *cochleata*; B) *Chloroleucon acacioides* (Ducke) Barneby & J.W. Grimes; C) *Entada polystachya* (L.) DC. var. *polystachya*; D) *Inga cayennensis* Sagot ex Benth. (folha); E) *I. cayennensis* (fruto); F) *I. thibaudiana* DC. Fotos: Wanderson Silva (B e C) e Marcos Soares (A, D a F).

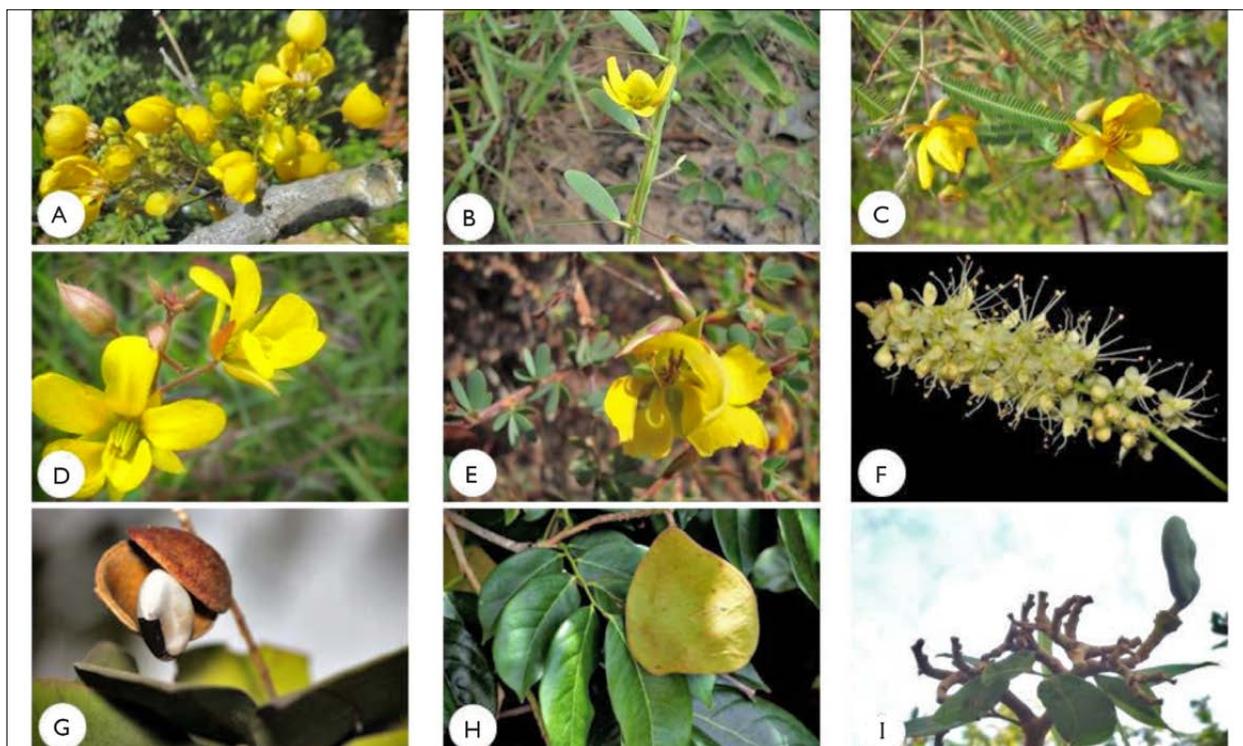


Figura 2. Leguminosae ocorrentes nas restingas do litoral do Pará, Brasil: A) *Chamaecrista bahiae* (H.S. Irwin) H.S. Irwin & Barneby; B) *Chamaecrista diphylla* (L.) Greene; C) *Chamaecrista flexuosa* (L.) Greene; D) *Chamaecrista hispidula* (Vahl) H.S. Irwin & Barneby; E) *Chamaecrista ramosa* (Vogel) H.S. Irwin & Barneby var. *ramosa*; F) *Copaifera martii* Hayne (inflorescência); G) *C. martii* (fruto e semente); H) *Crudia tomentosa* (Aubl.) J.F. Macbr.; I) *Hymenaea parvifolia* Huber. Fotos: Wanderson Silva.



Figura 3. Leguminosae ocorrentes nas restingas do litoral do Pará, Brasil: A) *Abrus precatorius* L.; B) *Aeschynomene brevipes* Benth.; C) *Aeschynomene evenia* C. Wright & Sauvalle var. *evenia*; D) *Ancistrotropis peduncularis* (Kunth) A. Delgado; E) *Sesbania exasperata* Kunth; F) *Canavalia rosea* (Sw.) DC.; G) *Centrosema brasilianum* (L.) Benth.; H) *Clitoria falcata* Lam. var. *falcata*; I) *Crotalaria retusa* L.; J) *Desmodium barbatum* (L.) Benth.; K) *Dioclea sclerocarpa* Ducke; L) *Erythrina fusca* Lour.; M) *Galactia jussiaeana* Kunth; N) *Hymenolobium petraeum* Ducke; O) *Indigofera microcarpa* Desv.; P) *Machaerium lunatum* (L. f.) Ducke.; Q) *Macroptilium gracile* (Poepp. ex Benth.) Urb.; R) *Stylosanthes angustifolia* Vogel; S) *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw.; T) *Vigna luteola* (Jacq.) Benth.; U) *Zornia latifolia* Sm. Fotos: Wanderson Silva.

Esses valores representam cerca de 9% das espécies citadas para o estado do Pará (JBRJ, 2018). Contudo, os números são superiores aos 11 táxons pertencentes à então subfamília Mimosoideae citados por Sousa *et al.* (2009), com 12 e dez representantes das tribos Dalbergieae Bronn ex DC. e Phaseoleae DC. encontrados por Falcão-da-Silva *et al.* (2015a, 2015b) e 43 componentes totais da família registrados anteriormente por Amaral *et al.* (2008) para o litoral do estado. Esses números, entretanto, são inferiores aos encontrados em restingas do Nordeste brasileiro por Santos-Filho *et al.* (2011), no Ceará (130 táxons), Oliveira, E. *et al.* (2014), em Sergipe (99 spp.), e Santos-Filho *et al.* (2015), no Piauí (108 spp.), exceto por Serra *et al.* (2016), no Maranhão (18 spp.). As discrepâncias entre a riqueza de espécies de restingas paraenses e a de outros estados próximos geograficamente sugerem lacunas de conhecimento

sobre a diversidade da família nesses *habitats* no estado, provavelmente favorecidas pela topografia da costa paraense, que demanda altos custos relacionados à logística das expedições a sítios de restinga, distribuídos pelas penínsulas e ilhas ao longo do litoral, dificultando a catalogação das espécies. Isso fica mais evidenciado com as 16 novas ocorrências (28,8% dos registros) para as restingas do Pará (Apêndice), a partir de novas campanhas de coletas às áreas realizadas durante este estudo. Entretanto, o baixo endemismo de espécies nos sítios estudados pode ser atribuído à origem recente das restingas amazônicas (cerca de dois milhões de anos; Cerqueira, 2000), a qual não teria fornecido tempo suficiente para o estabelecimento de uma flora exclusiva, sendo, assim, composta por elementos capazes de suportar condições rígidas e originários da vegetação de *habitats* vizinhos (Scarano, 2002; Silva, K., 2016).

Chaves de identificação para as subfamílias e táxons de Leguminosae ocorrentes nas restingas do litoral do Pará, Brasil

1. Folhas geralmente trifolioladas, ausência de glândulas foliares; prefloração vexilar, carenas soldadas, sépalas fusionadas na base em um cálice tubular; sementes sem pleurograma; domínio de representantes herbáceos e de hábito trepadorPapilionoideae
Folhas pinadas, bipinadas ou bifolioladas, presença de glândulas foliares; prefloração valvar ou carenal, carenas livres, sépalas livres ou fundidas; sementes com pleurograma; domínio de representantes arbóreos e arbustivos..... 2
2. Folhas geralmente bipinadas (exceto *Inga*); prefloração valvar, flores actinomorfas; sépalas fundidas; inflorescências geralmente em umbelas, fascículos capituliformes, espiciformes ou glomérulos; sementes geralmente com pleurograma aberto ou fechado de cada lado.....Caesalpinioideae (clado Mimosoide)
Folhas geralmente pinadas ou bifolioladas; prefloração carenal, flores zigomorfas; sépalas livres; inflorescências geralmente em racemos ou panículas; sementes com pleurograma que não se abre ou fechado em ambos os lados 3
3. Folhas sem pontuações translúcidas; estípulas laterais e livres; glândulas extraflorais e outras estruturas glandulares presentes no pecíolo; sementes geralmente com pleurograma aberto ou fechado de cada lado.....Caesalpinioideae
Folhas com pontuações translúcidas; estípulas geralmente intrapeciolares; glândulas extraflorais e outras estruturas glandulares na superfície abaxial ou margem dos folíolos, sementes com pleurograma fechado em ambos os ladosDetarioideae



Chave de identificação das espécies da subfamília Caesalpinioideae (incluindo clado Mimosoide) ocorrentes nas restingas do litoral do Pará, Brasil

1. Inflorescências geralmente em racemos ou panículas; flores zigomorfas, relativamente grandes, com a corola constituindo a parte atrativa da flor2
 Inflorescências geralmente em umbelas, fascículos capituliformes, espiciformes ou glomérulos, raros racemos; flores valvares, actinomorfas; diminutas, estames são a parte atrativa da flor (clado Mimosoide).....8
2. Ervas, arbustos ou subarbustos.....3
 Árvores6
3. Glândula peciolar ausente*Chamaecrista hispidula*
 Glândula peciolar presente4
4. Folha com 20-65 pares de folíolos; estípula amplexicaule ou cordada na base em ambos os lados; flores caulifloras, isoladas ou em inflorescências*Chamaecrista flexuosa*
 Folha com um ou dois pares de folíolos; estípula não amplexicaule; flor axilar única.....5
5. Folha com um par de folíolos; pedicelo sem brácteas *Chamaecrista diphylla*
 Folha com dois pares de folíolos; pedicelo com um par de brácteas.....*Chamaecrista ramosa* var. *ramosa*
6. Glândula peciolar presente; inflorescências caulifloras*Chamaecrista bahiae*
 Glândula peciolar ausente; inflorescências axilares7
7. Estípulas ausentes; pecíolo glabro, sem acúleo; fruto oblongo, não aculeado *Libidibia ferrea*
 Estípulas presentes; pecíolo piloso, aculeado; fruto ovalado densamente aculeado *Guilandina bonduc*
8. Folhas bipinadas.....9
 Folhas pinadas 17
9. Glândula peciolar presente 10
 Glândula peciolar ausente 13
10. Ramos espinescentes; folhas com 5-7 pares de folíolos; fruto do tipo legume nucoide, helicoidal.....
*Chloroleucon acacioides*
 Ramos inermes, folhas com 1-4 pares de folíolos; fruto do tipo legume, curvado, plano linear ou compresso....11
11. Erva prostrada; 3-4 pares de folíolos, 20-30 pares de foliólulos por pina; flores amarelas*Neptunia plena*
 Árvore ou arbusto; apenas um par de folíolos, 1-3 pares de foliólulos por pina; flores alvas 12
12. Folhas com apenas 3 foliólulos por pina; frutos lineares*Zygia cataractae*
 Folhas com 4-6 foliólulos por pina; frutos recurvados.....*Abarema cochleata* var. *cochleata*
13. Ramos aculeados; folíolos sensitivos 14
 Ramos inermes; folíolos não sensitivos 16
14. Ramos tetragonais; pecíolo com acúleos; corola com 5 lóbulos, flores com 10 estames; fruto craspédio linear-tetragonal, sem divisão em artículos.....*Mimosa candollei*
 Ramos cilíndricos; pecíolos inermes; corola com 4 lóbulos, flores com 4 ou 8 estames; fruto craspédio oblongo ou linear, dividido em artículos 15
15. Folhas com 6-14 pares de folíolos; acúleos curvados; flores com 8 estames.....*Mimosa pigra*
 Folhas com até 1-2 pares de folíolos; acúleos retos; flores com 4 estames*Mimosa pudica* var. *unijuga*



16. Liana; folhas com 3-4 jugas, foliólulos oblongos; inflorescências terminais espiciformes, 10 estames; fruto do tipo craspédio *Entada polystachya* var. *polystachya*
 Árvore; folhas unijugadas, foliólulos romboide-oblongos a subfalcados; inflorescências axilares capituliformes, 15-20 estames; fruto do tipo legume *Calliandra surinamensis*
17. Raque não alada 18
 Raque alada 19
18. Folíolos 4-6 jugas, coriáceos; inflorescências espiciformes; brácteas ovadas; legume velutino
 *Inga thibaudiana* subsp. *thibaudiana*
 Folíolos 1-3 jugas, cartáceos; inflorescências em umbelas; brácteas linear-espataladas a elípticas; legume glabro *Inga heterophylla*
19. Folíolos obovados, com ápice obtuso a arredondado; brácteas espataladas; ovário pubescente..... *Inga splendens*
 Folíolos elípticos, ovados a lanceolados, com ápice agudo a atenuado; brácteas ovadas, lineares ou lanceoladas; ovário glabro 20
20. Folíolos com 3-6 jugas; pecíolo não alado; estípulas ovadas ou deltoides, caducas; glândulas cupulares; inflorescências em racemos; legume viloso e ferrugíneo *Inga cayennensis*
 Folíolos com apenas duas jugas; pecíolo alado; estípulas lanceoladas a elípticas, persistentes; glândulas pateliformes; inflorescências espiciformes; legume glabro castanho-escuro..... *Inga pilosula*

Chave de identificação das espécies da subfamília Detarioideae ocorrentes nas restingas do litoral do Pará, Brasil

1. Folhas bifolioladas *Hymenaea parvifolia*
 Folhas plurifolioladas 2
2. Folhas paripenadas, 6-8 folíolos, opostos, coriáceos, oblongo-ovados, orbiculares a subfalcados; flores sésseis; sementes com arilo branco *Copaifera martii*
 Folhas imparipenadas, 3-5 folíolos, alternos, membranáceos, elípticos; flores pediceladas; sementes sem arilo *Crudia tomentosa*

Chave de identificação das espécies da subfamília Papilionoideae ocorrentes nas restingas do litoral do Pará, Brasil

1. Folhas uni, bi ou trifolioladas 2
 Folhas com mais de quatro folíolos 29
2. Folhas bifolioladas *Zornia latifolia*
 Folhas uni ou trifolioladas 3
3. Folhas unifolioladas 4
 Folhas trifolioladas 6
4. Flores com apenas uma pétala *Swartzia brachyrachis* var. *snethlageae*
 Flores com cinco pétalas 5
5. Arbusto; flores alvas; fruto sâmara *Dalbergia ecastaphyllum*
 Erva; flores amarelas; fruto legume inflado *Crotalaria retusa*



6. Estípulas amplexicaules	7
Estípulas axilares	9
7. Estípulas lanceoladas, ápice 2-dentado; estandarte obcordado; estilete residual com 5 mm de comprimento; glândulas capitadas ausentes.....	<i>Stylosanthes angustifolia</i>
Estípulas largo-ovaladas, ápice aristado; estandarte oblongo ou orbicular; estilete residual com cerca de 1 mm de comprimento; glândulas capitadas presentes no ápice do artícolo.....	8
8. Caule com ramos decumbente; inflorescências com até três espigas; lomento elipsoide com apenas um artícolo.....	<i>Stylosanthes guianensis</i>
Caule com ramos eretos; inflorescências com 3-7 espigas; lomento subgloboide com dois artículos.....	<i>Stylosanthes grandifolia</i>
9. Fruto lomento	10
Fruto legume ou sâmara	11
10. Ramos hirsutos; estípulas deltoides; folíolos obovalados a elípticos.....	<i>Desmodium barbatum</i>
Ramos tomentosos; estípulas ovaladas; folíolos largo-ovalados a obcordados.....	<i>Desmodium triflorum</i>
11. Árvores ou arbustos	12
Ervas, subarbustos, trepadeiras herbáceas ou lianas.....	15
12. Corola alva; fruto sâmara.....	<i>Dalbergia monetaria</i>
Corola vermelha, amarela ou alaranjada; fruto legume.....	13
13. Frutos moniliformes.....	14
Frutos não moniliformes.....	<i>Cajanus cajan</i>
14. Árvore; corola amarela ou alaranjada.....	<i>Erythrina fusca</i>
Arbusto; corola vermelha	<i>Erythrina amazonica</i>
15. Ervas ou subarbustos.....	16
Trepadeiras herbáceas ou lianas	21
16. Flores com pétalas amarelas	17
Flores com pétalas lilás ou azuis	18
17. Subarbusto; fruto legume inflado	<i>Crotalaria pallida</i>
Erva; fruto legume não inflado	<i>Vigna luteola</i>
18. Cálice campanulado	19
Cálice tubuloso	20
19. Flores púrpuras, fruto com ápice e base curvados, com cerca de 4 sementes.....	<i>Mucuna pruriens</i>
Flores amarelas a verdes, fruto com ápice e base não curvados, com cerca de 2 sementes....	<i>Mucuna sloanei</i>
20. Folíolos oblongos; bractéolas oblongo-lanceoladas; inflorescências em racemos típicos.....	<i>Clitoria laurifolia</i>
Folíolos ovais a elípticos ou obovais a orbiculares; bractéolas ausentes; inflorescências em pseudoracemos.....	21
21. Folíolos obovais a orbiculares, ápice emarginado.....	<i>Canavalia rosea</i>
Folíolos ovais a elípticos, ápice agudo.....	<i>Canavalia brasiliensis</i>
22. Trepadeiras herbáceas	23
Trepadeira lenhosa	26
23. Flores com pétalas vermelhas.....	<i>Macroptilium gracile</i>



Flores com pétalas lilás ou azuis	24
24. Inflorescências em pseudorracemos com glândulas nas regiões nodais	<i>Ancistrotropis peduncularis</i>
Inflorescências em racemos típicos, glândulas ausentes.....	25
25. Bractéolas ovaladas a elíptico-oblongas, cálice campanulado.....	<i>Centrosema brasilianum</i>
Bractéolas oblongo-lanceoladas, cálice tubuloso	<i>Clitoria falcata</i> var. <i>falcata</i>
26. Flores amarelo-claras; gineceu e androceu espiralados.....	<i>Leptospron adenanthum</i>
Flores roxas ou lilás; gineceu e androceu não espiralados.....	27
27. Inflorescências em racemos típicos	<i>Galactia jussiaeana</i>
Inflorescências em pseudorracemos	28
28. Folíolos com até 9 cm de comprimento, lanceolados.....	<i>Dioclea guianensis</i>
Folíolos com até 15 cm de comprimento, orbiculares ou elíptico-ovados	<i>Dioclea sclerocarpa</i>
29. Flores com apenas uma pétala.....	<i>Swartzia laurifolia</i>
Flores com cinco pétalas.....	30
30. Fruto lomento	31
Fruto legume, drupa ou sâmara	34
31. Folhas com até 5 folíolos; frutos moliniformes.....	<i>Muelleria monilis</i>
Folhas com mais de 10 folíolos; frutos não moliniformes.....	32
32. Estípulas não peltadas; lomento com artículos unidos por istmos.....	<i>Aeschynomene brevipes</i>
Estípulas peltadas; lomento com artículos unidos por septos transversais	33
33. Estípulas com margens ciliadas; artículos 4-9, estípite do fruto com 2-5 mm de comprimento	<i>Aeschynomene evenia</i> var. <i>evenia</i>
Estípulas com margens inteiras; artículos 2, estípite do fruto com 8-10 mm de comprimento	<i>Aeschynomene filosa</i>
34. Fruto drupa	<i>Andira surinamensis</i>
Fruto legume ou sâmara.....	35
35. Fruto sâmara	36
Fruto legume.....	38
36. Corola lilás.....	<i>Machaerium inundatum</i>
Corola amarela	37
37. Folíolos somente com nervura central conspícua; inflorescência terminal; brácteas e bractéolas ovaladas; ovário estipitado.....	<i>Hymenolobium petraeum</i>
Folíolos com todas as nervuras conspícuas; inflorescência axilar; brácteas lineares e bractéolas lanceoladas; ovário séssil.....	<i>Pterocarpus rohrii</i>
38. Ramos armados com estípulas modificadas em espinhos; corola lilás	<i>Machaerium lunatum</i>
Ramos inermes	39
39. Ervas ou trepadeiras herbáceas.....	40
Árvores ou arbustos	41
40. Erva trepadeira; folhas paripinadas, folíolos oblongos; fruto oblongo-truncado; sementes de 0,6-0,7 cm de diâmetro, vermelhas e pretas	<i>Abrus precatorius</i>



- Erva ereta; folhas imparipinadas, folíolos obovados ou obovalados; fruto linear; sementes com até 0,2 cm de diâmetro, marrons *Indigofera microcarpa*
41. Arbusto; folhas paripinadas com 20-50 pares de folíolos; inflorescências em racemos típicos
..... *Sesbania exasperata*
- Árvore; folhas imparipinadas com 5-11 folíolos; inflorescências em panículas 42
42. Fruto deiscente, com 4-5 cm de comprimento; semente orbicular.....*Ormosia paraensis*
- Fruto indeiscente, com 10-13 cm de comprimento; semente discoide.....*Ormosia coutinhoi*

Entre as subfamílias, Papilionoideae foi a mais representativa, com 43 táxons específicos e infraespecíficos, em 26 gêneros (64% do total de táxons). *Stylosanthes* Sw. e *Aeschynomene* L. destacaram-se com três táxons cada. Caesalpinioideae ocorreu com 11 gêneros e 21 táxons, sendo *Inga* Mill e *Chamaecrista* Moench os mais ricos, com cinco espécies cada. Por fim, Detarioideae apresentou apenas três gêneros e três espécies.

Em relação ao hábito, as Leguminosae ocorrem principalmente como árvores (21 espécies, 31,3%), ervas (11 espécies, 16,4%), arbustos e trepadeiras herbáceas (nove espécies cada, 13,4%), lianas (quatro espécies, 5,9%) e subarbustos (duas espécies, 2,9%). A combinação de hábitos ocorreu em 11 espécies (16,4% do total), como ervas ou subarbustos (sete espécies) e árvores ou arbustos (quatro espécies). Essas combinações possivelmente ocorrem em razão da alta plasticidade de adaptação entre diferentes fitofisionomias de restinga, principalmente entre os gêneros *Aeschynomene* e *Chamaecrista*, como registrado por Silva, W. et al. (2013) para diferentes formações do complexo fisionômico do arquipélago do Marajó. Todos os representantes da subfamília Detarioideae são arbóreos ou subarbustivos.

Os gêneros *Inga* Mill. (cinco espécies), *Chamaecrista* (cinco espécies), *Stylosanthes* e *Aeschynomene* (cada um com três espécies) apresentaram quase um quarto da riqueza em relação ao número total de espécies. Os representantes de *Inga* predominaram em formações florestais com *habitat* preferencialmente sujeito à inundação, como também registrado por Bastos (1987), Almeida et al. (2004), Amaral et al. (2007) e Carim et al. (2008).

Os gêneros *Stylosanthes* e *Chamaecrista* predominaram em formações de campo entre dunas, ambientes arenosos e bem drenados, assim como registrado por Miranda & Absy (2000), Bove et al. (2003), Flores & Rodrigues (2010) e Moreira et al. (2011). Já em relação a *Aeschynomene*, o domínio de indivíduos ocorreu na formação de brejo herbáceo, ambiente pouco drenado e de comum ocorrência para representantes deste gênero, que são hidrófitos em sua grande maioria (Rudd, 1955; Souza et al., 2012). Curiosamente, oito das espécies encontradas são conhecidas como plantas daninhas – ou invasoras de áreas cultivadas – no nordeste paraense: *Centrosema brasilianum* (L.) Benth.; *Chamaecrista flexuosa* (L.) Greene; *Crotalaria retusa* L.; *Desmodium barbatum* (L.) Benth.; *Dioclea guianensis* Benth.; *Mimosa pudica* L.; *Stylosanthes angustifolia* Vogel; e *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw. (Falcão-da-Silva et al., 2013).

Chamaecrista bahiae (H.S. Irwin) H.S. Irwin & Barneby, apesar de citada como não endêmica na “Flora do Brasil 2020” (JBRJ, 2018), possui registros confirmados apenas para o país, nos estados de Amapá, Amazonas, Bahia, Espírito Santo, Maranhão, Pará e Rio Grande do Norte, sempre associada a ambientes costeiros ou ripários. Na área de estudo, a espécie apresentou registros exclusivos para a formação floresta de restinga da região conhecida como Fortalezinha, na ilha de Maiandeuá, no Pará.

Apenas quatro táxons apresentaram distribuição restrita às regiões Norte e Nordeste do Brasil: *Abarema cochleata* (Willd.) Barneby & Grimes var. *cochleata*, *Swartzia brachyrachis* var. *snethlageae* (Ducke) Ducke, *Swartzia*

laurifolia Benth. – registradas apenas no Norte, ocorrendo principalmente em formações de floresta de restinga – e *Dioclea sclerocarpa* Ducke, esta última foi a única espécie com distribuição restrita às regiões Norte e Nordeste, sendo que, na área de estudo, ocorre em floresta de restinga e é a única espécie endêmica do Brasil que ocorre também em áreas de Caatinga (Araújo, D. A., 2014).

Ormosia paraensis Ducke, embora citada como endêmica do Brasil (Cardoso & Meireles, 2015), possui registros confirmados em outros países do neotrópico, conforme mencionado por Funk *et al.* (2007) na região do Escudo das Guianas, na Venezuela, na Guiana, na Guiana Francesa e no Suriname, além de Colômbia, Costa Rica, Equador e Peru (Rudd, 1965). Nas restingas do Pará, a espécie é encontrada de forma restrita em floresta de restinga, na ilha de Maiandeuá (Macaranã).

Quanto à distribuição das espécies entre as fitofisionomias de restinga (Figura 4), a maior riqueza foi registrada em 'campo de dunas', com 35 táxons citados, sendo nove exclusivos desses ambientes; e 'floresta de restinga', com 28 táxons, entre os quais 17 são exclusivos dessa formação. Amaral *et al.* (2008) citaram essas formações como as de maior riqueza da flora de restingas do litoral amazônico. Em contrapartida, a formação 'halófila' apresentou menor riqueza, com apenas quatro táxons, sugerindo que as condições ambientais de áreas mais próximas ao mar são mais severas ao estabelecimento e à reprodução para a grande maioria das espécies de Leguminosae registradas nas restingas, em comparação com as fitofisionomias situadas na direção do interior do continente. Apenas *Chloroleucon acacioides* (Ducke) Barneby & J.W. Grimes e *Entada polystachya* (L.) DC. var. *polystachya* foram melhor distribuídas pelas formações vegetais das restingas, desde o 'brejo herbáceo' à 'floresta de restinga', como também observado por Sousa *et al.* (2009).

A distribuição geográfica dos táxons registrados abrange cinco macrorregiões: 1) anfiatlântico, uma espécie (1,5%); 2) América do Sul (amplo), com seis espécies (8,9%); 3) América do Sul (norte), com 16 espécies (23,9%); 4) Brasil

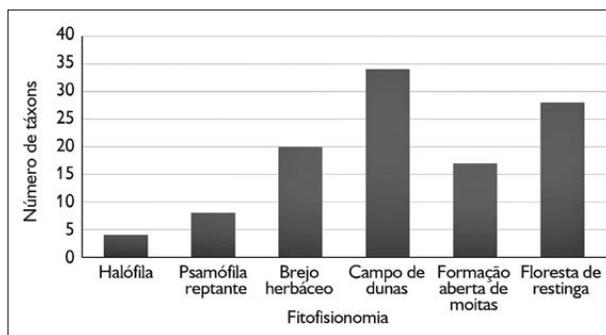


Figura 4. Distribuição dos táxons de Leguminosae por fitofisionomia nas restingas do litoral do estado do Pará, Brasil.

(amplo), com quatro espécies (6%); 5) Brasil (Norte), com três espécies (4,5%); 6) Brasil (Norte-Nordeste), com uma espécie (1,5%); 7) neotropical, com 22 espécies (32,8%); e 8) pantropical, com 14 espécies (20,9%).

Em relação à distribuição fitogeográfica no Brasil, do total de espécies registradas, 17 (25,4%) são exclusivas do domínio da Amazônia, com ocorrência principal em formações florestais. Segundo a "Lista de espécies da flora do Brasil", *Guilandina bonduc* L., *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz e *Indigofera microcarpa* Desv. não possuem ocorrência associada ao domínio amazônico, contudo as duas primeiras são amplamente cultivadas e a última possui registros sempre referentes a áreas de restinga da Mata Atlântica e da Caatinga, além de ambientes antropizados (JBRJ, 2018). Apenas cinco espécies são citadas para os seis domínios brasileiros, *Abrus precatorius* L., *Cajanus cajan* (L.) Huth, *Desmodium barbatum* (L.) Benth., *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw., *Zornia latifolia* Sm., sendo estas cosmopolitas e sempre relacionadas a diversos ambientes naturais ou antropizados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo apresentou novos elementos para o conhecimento da composição florística das restingas no litoral do Pará, demonstrando a importância da família no contexto do complexo de ambientes amazônicos. Atualizações quanto à identificação taxonômica foram realizadas no acervo dos herbários consultados, além do incremento à lista de

espécies com as novas ocorrências registradas nas áreas de estudo, evidenciando, assim, o conhecimento ainda incipiente sobre os elementos constituintes da vegetação litorânea paraense.

Além dos aspectos do hábito, da filotaxia e da inflorescência servirem para separar grupos na família, outros mais específicos à morfologia externa mostraram ter valor taxonômico para distinguir espécies, como presença ou ausência de glândulas e de espinhos, bem como características do fruto.

A flora de Leguminosae das restingas do Pará é composta, em parte, por elementos exclusivos da flora sul-americana e por elementos de ampla distribuição, que, juntos, contribuem em uma proporção quase igualitária para a formação das comunidades de Leguminosae na região estudada. No entanto, o baixo endemismo de espécies pode ser reflexo da formação geológica recente desses ecossistemas na Amazônia.

Em relação às fitofisionomias de restinga, 'campo de dunas' e 'florestas de restinga' são aquelas que possuem exigências ambientais mais favoráveis ao estabelecimento e à reprodução dos indivíduos da família no litoral paraense, contrapondo as formações vegetais de 'halófitas', com características ecológicas mais limitantes à ocorrência de espécies.

O conhecimento aqui sintetizado sobre as Leguminosae nas restingas do Pará poderá contribuir para futuros trabalhos a serem realizados nas áreas estudadas, trazendo informações em relação à lacuna ainda existente sobre a flora paraense e amazônica, além de servir de subsídio para a elaboração de plano de manejo referente a esses ambientes em áreas de unidade de conservação no litoral da Amazônia.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro e por concessão de bolsa de pós-graduação ao primeiro e ao segundo autores, sob o projeto Pró-Amazônia

(3268/2013); aos curadores dos herbários visitados, MG, IAN e MFS; aos técnicos do Herbário MG, Sr. Carlos Alberto Santos da Silva e Sr. Mário Rosa; e ao Grupo de Estudos de Mamíferos Aquáticos da Amazônia (GEMAM), do projeto Bicho D'Água, pelo apoio em campo.

REFERÊNCIAS

ABREU, J. L. L., J. U. M. SANTOS, A. S. S. PEREIRA & C. V. O. BARBOSA, 2014. Estudo taxonômico de *Ouratea* Aubl. (Ochnaceae) ocorrentes na restinga da vila José Bonifácio, Bragança-PA. **Enciclopédia Biosfera** 10(19): 2259-2267.

ALMEIDA, S. S., D. D. AMARAL & A. S. SILVA, 2004. Análise florística e estrutura de florestas de várzea no estuário amazônico. **Acta Amazonica** 34(4): 513-524. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672004000400005>.

ALVARES, C. A., J. L. STAPE, P. C. SENTELHAS, J. L. M. GONÇALVES & G. SPAROVEK, 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift** 22(6): 711-728. DOI: <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

ALVAREZ, A., R. V. POTIGUARA & J. U. M. SANTOS, 2001. Arquitetura dos folíolos de *Swartzia brachyrachis* Harms var. *snethlageae* (Ducke) Ducke e *Swartzia laurifolia* Benth (Leguminosae-Papilionoideae), ocorrentes na restinga de Algodual/Maiandeuá-Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Botânica** 7(1): 93-106.

ALVAREZ, A. & R. V. POTIGUARA, 2002. Padrão de venação foliar de espécies do gênero *Myrcia* DC. (Aulomyrcia) Berg. (Myrtaceae) da restinga de Algodual/Maiandeuá-Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Botânica** 18(2): 205-218.

AMARAL, D. D., J. U. M. SANTOS, M. N. C. BASTOS & S. V. COSTA-NETO, 2001. Aspectos taxonômicos de espécies arbustivas e arbóreas ocorrentes em moitas (restinga do Crispim), município de Marapanim, Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Botânica** 17(1): 21-73.

AMARAL, D. D., I. C. G. VIEIRA, R. P. SALOMÃO, S. S. ALMEIDA, J. B. F. SILVA, S. V. COSTA NETO, J. U. M. SANTOS, L. M. M. CARREIRA & M. N. C. BASTOS, 2007. **Campos e florestas das bacias dos rios Atua e Anajás, ilha de Marajó**: 1-111. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém.

AMARAL, D. D., T. M. PROST, M. N. C. BASTOS, S. V. COSTA-NETO & J. U. M. SANTOS, 2008. Restingas do litoral amazônico, estados do Amapá e Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 3(1): 35-67.

ARAÚJO, D. S. D. & R. P. B. HENRIQUES, 1984. Análise florística das restingas do estado do Rio de Janeiro. In: L. D. LACERDA, D. S. D. ARAÚJO, R. CERQUEIRA & B. TURCQ (Org.): **Restingas: origem, estruturas e processos**: 159-194. CEUFF, Niterói.



- ARAÚJO, D. A., 2014. Trepadeiras do bioma Caatinga. In: B. L. P. VILLAGRA, M. M. R. F. MELO, S. R. N. BARBOSA & L. MAURO (Org.): **Diversidade e conservação de trepadeiras**: contribuição para a restauração de ecossistemas brasileiros: 34-57. Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo.
- BARBOSA, C. V. O., M. N. C. BASTOS, J. S. SOUSA & A. P. O. CRUZ, 2013. Estudo taxonômico de Sapindaceae do litoral paraense. **Rodriguésia** 64(4): 807-815.
- BASTOS, M. N. C., 1987. Contribuição ao estudo de algumas espécies do gênero *Machaerium* Persoon (Leguminosae-Papilionoideae), ocorrentes na Amazônia brasileira. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Botânica** 3(2): 183-278.
- BASTOS, M. N. C., 1996. **Caracterização das formações vegetais da restinga da Princesa, ilha de Algodão, Pará**. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal do Pará/Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém.
- BASTOS, M. N. C., J. U. M. SANTOS, D. D. AMARAL & S. V. COSTA-NETO, 2001. **Estudos botânicos para subsidiar o plano de manejo da APA da costa do Urumajó, Pará-Brasil**: 1-200. Relatório técnico final. BASA/MPEG/UFPA, Belém.
- BOVE, C. P., A. S. B. GIL, C. B. MOREIRA & R. F. B. ANJOS, 2003. Hidrófitas fanerogâmicas de ecossistemas aquáticos temporários da planície costeira do estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 17(1): 119-135. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062003000100009>.
- CARDOSO, D. B. O. S. & J. E. MEIRELES, 2015. *Ormosia*. In: JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO (JBRJ). **Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/FichaPublicaTaxonUC/FichaPublicaTaxonUC.do?id=FB23102>>. Acesso em: 28 junho 2018.
- CARIM, M. J. V., M. A. G. JARDIM & T. D. S. MEDEIROS, 2008. Composição florística e estrutura de floresta de várzea no município de Mazagão, estado do Amapá, Brasil. **Scientiae Forestalis** 36(79): 191-201.
- CERQUEIRA, R., 2000. Biogeografia das restingas. In: F. A. ESTEVES & L. D. LACERDA (Org.): **Ecologia de restingas e lagoas costeiras**: 65-75. NUPEM/UF RJ, Macaé.
- COELHO-FERREIRA, M. R., 2001. Saberes tradicionais: uso e manejo de recursos medicinais em uma vila pesqueira. In: M. T. PROST & A. MENDES (Org.): **Ecossistemas costeiros**: impactos e gestão ambiental: 201-214. MPEG/MCT, Belém.
- COELHO-FERREIRA, M. R. & M. A. G. JARDIM, 2005. Algumas espécies medicinais usadas pelos moradores da ilha de Algodão, Maianeua, município de Maracanã, Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Ciências Naturais** 1(2): 23-31.
- COELHO-FERREIRA, M. R. & M. F. F. SILVA, 2005. A fitofarmacopeia da comunidade pesqueira de Marudá, litoral paraense. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Botânica** 1(2): 33-45.
- COSTA-NETO, S. V., C. S. BASTOS & L. C. B. LOBATO, 1996. Caracterização fitofisionômica da restinga do Crispim, município de Marapanim/PA, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Botânica** 12(2): 237-249.
- COSTA-NETO, S. V., O. J. P. PEREIRA, J. U. M. SANTOS, M. N. C. BASTOS & D. D. AMARAL, 2000. Composição florística das formações herbáceas da restinga do Crispim, Marapanim-Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Botânica** 16(2): 163-209.
- COSTA-NETO, S. V., J. O. PEREIRA, M. N. C. BASTOS, J. U. M. SANTOS & D. D. AMARAL, 2001. Fitossociologia das formações herbáceas da restinga do Crispim, Marapanim, Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Botânica** 17(1): 161-186.
- FALCÃO-DA-SILVA, M., E. S. C. GURGEL, A. P. S. SOUZA FILHO & M. N. C. BASTOS, 2013. Leguminosae invasoras de áreas cultivadas no nordeste do Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais** 8(1): 63-74.
- FALCÃO-DA-SILVA, M., M. N. C. BASTOS & E. S. C. GURGEL, 2015a. Dalbergieae (Leguminosae-Papilionoideae) nas restingas amazônicas. **Pesquisas, Botânica** 68: 83-10.
- FALCÃO-DA-SILVA, M., M. N. C. BASTOS & E. S. C. GURGEL, 2015b. Phaseoleae (Leguminosae - Papilionoideae) nas restingas do estado do Pará, Brasil. **Biota Amazônia** 5(3): 14-22. DOI: <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v5n3p14-22>.
- FARIAS, L. E. C., M. S. MARÇAL & R. V. L. PINHEIRO, 1987. A dinâmica sedimentar da praia de Maçarico e sua importância para a geologia costeira do estado do Pará. **Anais do Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário** 1: 343-356.
- FILGUEIRAS, T.S., A. L. BROCHADO, P. E. NOGUEIRA & G. F. GUALA II, 1994. Caminhamento: um método expedito para levantamentos florísticos qualitativos. **Cadernos de Geociências** (12): 39-43.
- FLORES, A. S. & R. S. RODRIGUES, 2010. Diversidade de Leguminosae em uma área de savana do estado de Roraima, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 24(1): 175-183. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062010000100017>.
- FRANZINELLI, E., 1992. Evolution of the geomorphology of the coast of the state of Para, Brazil. In: M. T. PROST (Org.): **Évolution des littoraux de Guyane et de la Zone Caraïbe Méridionale pendant le Quaternaire**: n. 1: 203-217. ORSTOM, Cayenne.
- FUNK, V., T. HOLLOWELL, P. BERRY, C. KELLOFF & N. S. ALEXANDER, 2007. Checklist of the plants of the Guiana Shield (Venezuela: Amazonas, Bolivar, Delta Amacuro; Guyana, Surinam, French Guiana). **Contributions from the United States National Herbarium** 55: 1-584.

- FURTADO, M. N. R., R. S. SECCO & A. E. S. ROCHA, 2012. Sinopse das espécies de Lamiales Bromhead ocorrentes nas restingas do estado do Pará, Brasil. *Hoehnea* 39(4): 529-547. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S2236-89062012000400002>.
- GUEDES, D., L. M. BARBOSA & S. E. MARTINS, 2006. Composição florística e estrutura fitossociológica de dois fragmentos de floresta de restinga no município de Bertiooga, SP, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 20(2): 299-311. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062006000200006>.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 2012. **Manual técnico da vegetação brasileira**: 2. ed. IBGE (Série Manuais Técnicos em Geociências, 1), Rio de Janeiro.
- JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO (JBRJ), 2018. *Fabaceae*. In: JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO (JBRJ). **Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB115>>. Acesso em: 17 janeiro 2018.
- JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO (JBRJ), [s. d.]. **Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/PrincipalUC/PrincipalUC.do#CondicaoTaxonCP>>. Acesso em: 17 de janeiro de 2018.
- LEWIS, G. P., B. MACKINDER & M. LOCK, 2005. **Legumes of the world**. Royal Botanic Gardens, Kew.
- LIMA, L. F. G., J. U. M. MOREIRA, A. S. ROSÁRIO & J. F. A. BAUMGRATZ, 2014. Melastomataceae em formações costeiras de restingas no Pará, Brasil. *Acta Amazonica* 44(1): 45-58. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672014000100005>.
- MARTORANO, L. G., L. C. PEREIRA, E. G. M. CÉSAR, I. C. B. PEREIRA, E. C. R. SANTOS, F. A. C. SANTOS, W. F. M. MORAES, F. A. S. NERY, T. E. RODRIGUES & P. A. M. ROLIM, 1993. **Estudos climáticos do estado do Pará, classificação climática (Köppen) e deficiência hídrica (Thorntwhite, Mather)**. SUDAM/EMBRAPA/SNLCS, Belém.
- MESQUITA, A. S., A. S. ROCHA & J. U. SANTOS, 2013. Polygalaceae nas restingas do estado do Pará, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências* 11(1): 76-87.
- MIRANDA, I. S. & M. L. ABSY, 2000. Fisionomia das savanas de Roraima, Brasil. *Acta Amazonica* 30(3): 423-440. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-43922000303440>.
- MISSOURI BOTANICAL GARDEN, [s. d.]. **Tropicos.org**. Disponível em: <<http://www.tropicos.org>>. Acesso em: 17 de janeiro de 2018.
- MOREIRA, S. N., A. POTT, V. J. POTT & G. A. DAMASCENO-JUNIOR, 2011. Structure of pond vegetation of a vereda in the Brazilian Cerrado. *Rodriguésia* 62(4): 721-729. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S2175-78602011000400002>.
- OLIVEIRA, E. V. S., J. F. LIMA, T. C. SILVA & M. F. LANDIM, 2014. Checklist of the flora of the Restingas of Sergipe State, Northeast Brazil. *Check List* 10(3): 529-549. DOI: <http://dx.doi.org/10.15560/10.3.529>.
- OLIVEIRA, T. T., F. BONADEU, J. U. M. SANTOS, E. S. C. GURGEL & M. N. C. BASTOS, 2015. Clusiaceae Lindl. e Hypericaceae Juss. nas restingas do estado do Pará, Amazônia oriental, Brasil. *Biota Amazônia* 5(4): 15-21. DOI: <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v5n4p15-21>.
- PIRES, J. M., 1973. Tipos de vegetação da Amazônia. In: M. F. SIMÕES (Ed.): **O Museu Goeldi no ano do sesquicentenário**: 179-202. Museu Paraense Emílio Goeldi (Publicação Avulsa, 20), Belém.
- QUEIROZ, L. P., 2006. The Brazilian caatinga: phytogeographical patterns inferred from distribution data of the Leguminosae. In: R. T. PENNINGTON, G. P. LEWIS & J. A. RATTER (Org.): **Neotropical savannas and dry forests**: plant diversity, biogeography, and conservation: 121-157. Taylor & Francis CRC Press, Oxford.
- QUEIROZ, L. P., 2009. **Leguminosas da caatinga**: 1-443. Universidade Estadual de Feira de Santana/Associação Plantas do Nordeste/Royal Botanic Gardens, Feira de Santana/Kew.
- RIZZINI, C. T., 1979. **Tratado de fitogeografia do Brasil**: v. 2: aspectos ecológicos. Hucitec/Edusp, São Paulo.
- ROCHA, A. E., 2000. **Poaceae na restinga da praia da Princesa, APA de Algodual/Maiandeuá, Maracanã-PA**: 1-114. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Faculdade de Ciências Agrárias do Pará/ Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém.
- ROCHA, A. E. & R. S. SECCO, 2004. Contribuição à taxonomia de *Axonopus* P. Beauv. (Poaceae) no estado do Pará, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 18(2): 295-304. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062004000200009>.
- ROCHA, A. E. & M. N. C. BASTOS, 2004. Flora fanerogâmica das restingas do estado do Pará. APA de Algodual/Maiandeuá. II - Eriocaulaceae P. Beauv. ex Desv. *Hoehnea* 31(2): 103-111.
- ROSÁRIO, A. S., R. S. SECCO, D. D. AMARAL, J. U. M. SANTOS & M. N. C. BASTOS, 2005. Flórua fanerogâmica das restingas do estado do Pará. Ilhas de Algodual e Maiandeuá – 2. Myrtaceae A.L. de Jussieu. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Ciências Naturais* 1(3): 31-48.
- RUDD, V. E., 1955. The American species of *Aeschynomene*. *Bulletin of the United States National Herbarium* 32: 1-172.
- RUDD, V. E., 1965. The American species of *Ormosia* (Leguminosae). *Contributions from the United States National Herbarium* 32(5): 279-384.
- SANTOS, J. U. M. & C. S. ROSÁRIO, 1988. Levantamento da vegetação fixadora de dunas de Algodual-PA. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Botânica* 4(1): 133-151.



- SANTOS, J. U. M., D. D. AMARAL, I. S. GORAYEB, M. N. C. BASTOS, R. S. SECCO, S. V. COSTA-NETO & D. C. T. COSTA, 2003. Vegetação da área de proteção ambiental Jabotitua-Jatium, município de Viseu, Pará, Brasil. **Acta Amazonica** 33(3): 431-444. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672003000300009>.
- SANTOS-FILHO, F. S., E. B. ALMEIDA JR., L. F. M. BEZERRA, L. F. LIMA & C. S. ZICKEL, 2011. Magnoliophyta, *restinga* vegetation, state of Ceará, Brazil. **Check List** 7(4): 478-485. DOI: <http://dx.doi.org/10.15560/7.4.478>.
- SANTOS-FILHO, F. S., E. B. ALMEIDA JR., P. B. LIMA & C. J. R. S. SOARES, 2015. Checklist of the flora of the restingas of Piauí state, Northeast Brazil. **Check List** 11(2): 1-10. DOI: <http://dx.doi.org/10.15560/11.2.1598>.
- SCARANO, F., 2002. Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic rainforest. **Annals of Botany** 90(4): 517-524. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/aob/mcf189>.
- 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>.
- SCHRIRE, B. D., G. P. LEWIS & M. LAVIN, 2005. Biogeography of the Leguminosae. In: G. P. LEWIS, B. D. SCHRIRE, B. A. MACKINDER & J. M. LOCK (Ed.): **Legumes of the world**: n. 1: 21-54. Royal Botanic Gardens, Kew.
- SERRA, F. C. V., P. B. LIMA & E. B. ALMEIDA JR., 2016. Species richness in *restinga* vegetation on the eastern Maranhão State, Northeastern Brazil. **Acta Amazonica** 46(3): 271-280. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392201504704>.
- SILVA, K. J. P., 2016. **Biogeografia de restingas**: padrões e determinantes da variação florística no litoral brasileiro: 1-141. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- SILVA, R. M., U. MEHLIG, J. U. M. SANTOS & M. P. M. MENEZES, 2010. The coastal *restinga* vegetation of Pará, Brazilian Amazon: a synthesis. **Brazilian Journal of Botany** 33(4): 563-573. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042010000400005>.
- SILVA, W. L. S., E. S. C. GURGEL, J. U. M. SANTOS & M. FALCÃO-DA-SILVA, 2013. Inventário e distribuição geográfica de Leguminosae no arquipélago de Marajó, PA, Brasil. **Hoehnea** 40(4): 627-647. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S2236-89062013000400006>.
- SOUSA, J. S., M. N. C. BASTOS & A. E. S. ROCHA, 2009. Mimosoideae (Leguminosae) do litoral paraense. **Acta Amazonica** 39(4): 799-812. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672009000400008>.
- SOUZA, M. C., L. F. VIANNA, K. KAZUE & S. T. S. MIOTTO, 2012. O gênero *Aeschynomene* L. (Leguminosae, Faboideae, Dalbergieae) na planície de inundação do alto rio Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências** 10(2): 198-210.
- SUGUIO, K. & M. G. TESSLER, 1984. Planícies de cordões litorâneos do Brasil: origem e nomenclatura. In: L. D. LACERDA, D. S. D. ARAÚJO, R. CERQUEIRA & B. TURCQ (Org.): **Restingas**: origem, estruturas e processos: 195-216. CEUFF, Niterói.
- SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA (SUDAM), 1984. **Atlas climatológico da Amazônia brasileira**. Projeto de Hidrologia e Climatologia da Amazônia. Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia, Belém.
- THE LEGUME PHYLOGENY WORKING GROUP (LPWG), 2013. Legume phylogeny and classification in the 21st century: progress, prospects and lessons for other species-rich clades. **Taxon** 62(2): 217-248. DOI: <http://dx.doi.org/10.5167/uzh-78167>.
- THE LEGUME PHYLOGENY WORKING GROUP (LPWG), 2017. A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny. **Taxon** 66(1): 44-77. DOI: <https://doi.org/10.12705/661.3>.
- THIERS, B., 2015. **Index Herbariorum**: a global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium, New York. Disponível em: <<http://sweetgum.nybg.org/ih/>>. Acesso em: 15 abril 2015.

Apêndice. Lista de táxons, hábito, domínio fitogeográfico, padrão de distribuição, *vouchers* e formação vegetal de espécies de Leguminosae registradas nas restingas do estado do Pará, Brasil. Legendas: hábito - arbusto (ARB), árvore (ARV), erva (ERV), liana (LI), subarbusto (SUB) e trepadeira herbácea (Tr.H); domínio fitogeográfico - Amazônia (AM), Caatinga (CAA), Cerrado (CE), Mata Atlântica (MA), Pampa (PAM) e Pantanal (PAT); formação vegetal de ocorrência - halófila (HL), psamófila reptante (PR), brejo herbáceo (BJ), campo de dunas (CD), formação aberta de moitas (FM), floresta de restinga (FR). Novas ocorrências confirmadas para as restingas do Pará são citadas com asterisco.

(Continua)

Táxons	Hábito	Domínio fitogeográfico	Padrão de distribuição	<i>Vouchers</i>	Formação vegetal
CAESALPINIOIDEAE					
<i>Abarema cochleata</i> (Willd.) Barneby & Grimes var. <i>cochleata</i>	ARV	AM	Brasil-Norte	Sousa, J.S. 03 (MG)	FM, FR
<i>Calliandra surinamensis</i> Benth.	ARV	AM	Neotropical	Sousa, J.S. 11 (MG)	FR
<i>Chamaecrista bahiae</i> (H.S. Irwin) H.S. Irwin & Barneby*	ARV	AM, MA	América do Sul (Norte)	Gurgel, E.S.C. 867 (MG)	FR
<i>Chamaecrista diphylla</i> (L.) Greene	ERV	AM, CAA, CE, MA, PAT	Pantropical	Lobato, L.C.B. 6 (MG)	CD
<i>Chamaecrista flexuosa</i> (L.) Greene	ERV/SUB	AM, CAA, CE, MA, PAT	Neotropical	Gurgel, E.S.C. 826 (MG)	HL, PR
<i>Chamaecrista hispídula</i> (Vahl) H.S. Irwin & Barneby	ERV/SUB	AM, CAA, CE, MA	Neotropical	Bastos, M.N.C. 211 (MG)	CD
<i>Chamaecrista ramosa</i> (Vogel) H.S. Irwin & Barneby var. <i>ramosa</i>	ARB	AM, CAA, CE, MA, PAT	América do Sul (Norte)	Gurgel, E.S.C. 838 (MG)	CD
<i>Chloroleucon acacioides</i> (Ducke) Barneby & J.W. Grimes	ARV	AM, CAA, CE, MA	América do Sul (Norte)	Sousa, J.S. 5 (MG)	BJ, CD, FM, FR
<i>Entada polystachya</i> (L.) DC. var. <i>polystachya</i>	LI	AM	Neotropical	Sousa, J.S. 02 (MG)	BJ, CD, FM, FR
<i>Guilandina bonduc</i> L.	ARB	AM, MA	Neotropical	Bastos, M.N.C. 1334 (MG)	FR
<i>Inga cayennensis</i> Sagot ex Benth.	ARV	AM, CE, MA	América do Sul (Norte)	Sousa, J.S. 09 (MG)	FM, FR
<i>Inga heterophylla</i> Willd.	ARV	AM, CE	América do Sul (Norte)	Sousa, J.S. 18 (MG)	FM, FR
<i>Inga pilosula</i> (Rich.) J. F. Macbr.	ARV	AM, CE	América do Sul (Norte)	Sousa, J.S. 6 (MG)	CD, FM, FR
<i>Inga splendens</i> Willd.	ARV	AM	América do Sul (Norte)	Sousa, J.S. 10 (MG)	CD, FM, FR
<i>Inga thibaudiana</i> DC. subsp. <i>thibaudiana</i>	ARV	AM, CAA, CE, MA	Neotropical	Sousa, J.S. 8 (MG)	CD, FR
<i>Libidibia ferrea</i> (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz	ARV	AM, CAA, CE, MA	Brasil-Amplo	Ducke, A. s.n. (MG)	CD
<i>Mimosa candollei</i> R. Grether	ERV	AM, CAA, CE, MA	Neotropical	Sousa, J.S. 22 (MG)	BJ, CD



Apêndice.

(Continua)

Táxons	Hábito	Domínio fitogeográfico	Padrão de distribuição	Vouchers	Formação vegetal
<i>Mimosa pigra</i> L.*	ARB	AM, CAA, CE, MA, PAT	Pantropical	Falcão-da-Silva, M. 542 (MG)	CD
<i>Mimosa pudica</i> L. var. <i>unijuga</i> (Walp. & Duchass.) Griseb.	ERV/SUB	AM, CE	Neotropical	Sousa, J. 33 (MG)	BJ, CD
<i>Neptunia plena</i> (L.) Benth.*	ERV	AM, CAA, CE, MA, PAT	Pantropical	Falcão-da-Silva, M. 469 (MG)	BJ
<i>Zygia cataractae</i> (Kunth) L. Rico*	ARV/ARB	AM, CE	América do Sul (Norte)	Falcão-da-Silva, M. 421 (MG)	FR
DETARIOIDEAE					
<i>Copaifera martii</i> Hayne	ARV/ARB	AM, CAA, CE	América do Sul (Norte)	Rocha, A.E.S. 691 (MG)	FR
<i>Crudia tomentosa</i> (Aubl.) J.F. Macbr.*	ARV	AM	América do Sul (Norte)	Rosário, C.S. 8502 (MG)	FR
<i>Hymenaea parvifolia</i> Huber	ARB	AM	América do Sul (Norte)	Pinto, R.B. 699 (MG)	FR
PAPILIONOIDEAE					
<i>Abrus precatorius</i> L.	Tr:H	AM, CAA, CE, MA, PAM, PAT	Pantropical	Bastos, M.N.C. 1826 (MG)	FM, FR
<i>Aeschynomene brevipes</i> Benth.	ERV/SUB	AM, CAA, CE	Brasil-Amplo	Falcão-da-Silva, M. 85 (MG)	BJ, CD, FM
<i>Aeschynomene evenia</i> C. Wright & Sauvalle var. <i>evenia</i>	ERV/SUB	AM, CAA, CE, MA, PAT	Brasil-Amplo	Falcão-da-Silva, M. 99 (MG)	BJ, FM
<i>Aeschynomene filosa</i> Mart.	ERV/SUB	AM, CAA, CE, MA	Neotropical	Falcão-da-Silva, M. 92 (MG)	BJ
<i>Ancistrotropis peduncularis</i> (Kunth) A. Delgado*	Tr:H	AM, CAA, CE, MA, PAT	América do Sul (Amplo)	Silva, W.L.S. 259 (MG)	CD
<i>Andira surinamensis</i> (Bondt) Splitg. ex Amshoff	ARV	AM, CAA, CE	América do Sul (Norte)	Bragança, V.A.N. 81 (MG)	FR
<i>Cajanus cajan</i> (L.) Huth*	ARB	AM, CAA, CE, MA, PAM, PAT	Pantropical	Silva, W.L.S. 256 (MG)	FR
<i>Canavalia rosea</i> (Sw.) DC.	ERV	AM, MA	Pantropical	Falcão-da-Silva, M. 144 (MG)	PR
<i>Canavalia brasiliensis</i> Mart. ex Benth.*	Tr:H	AM, CAA, CE, MA	Neotropical	Falcão-da-Silva, M. 414 (MG)	CD, PR
<i>Centrosema brasilianum</i> (L.) Benth.	Tr:H	AM, CE, MA, PAT	Neotropical	Falcão-da-Silva, M. 45 (MG)	CD, FM
<i>Clitoria falcata</i> Lam. var. <i>falcata</i>	Tr:H	AM, CE, MA	Pantropical	Falcão-da-Silva, M. 123 (MG)	BJ, CD
<i>Clitoria laurifolia</i> Poir.	ERV/SUB	AM, CAA, CE, MA	Pantropical	Falcão-da-Silva, M. 1322 (MG)	CD
<i>Crotalaria pallida</i> Aiton*	SUB	AM, CE, MA, PAM	Pantropical	Falcão-da-Silva, M. 388 (MG)	BJ, CD
<i>Crotalaria retusa</i> L.	ERV	AM, CAA, CE, MA, PAM	Pantropical	Falcão-da-Silva, M. 125 (MG)	CD



Apêndice.

(Continua)

Táxons	Hábito	Domínio fitogeográfico	Padrão de distribuição	Vouchers	Formação vegetal
<i>Dalbergia ecastaphyllum</i> (L.) Taub.	ARB	AM, MA	Neotropical	Falcão-da-Silva, M. 148 (MG)	BJ, CD
<i>Dalbergia monetaria</i> L. f.	ARB	AM	Neotropical	Bastos, M.N.C. 1003 (MG)	BJ
<i>Desmodium barbatum</i> (L.) Benth.	ERV	AM, CAA, CE, MA, PAM, PAT	Pantropical	Falcão-da-Silva, M. 88 (MG)	BJ, CD, FM
<i>Desmodium triflorum</i> (L.) DC.	ERV	AM, CAA, CE, MA, PAT	Pantropical	Falcão-da-Silva, M. 189 (MG)	HL, PR
<i>Dioclea guianensis</i> Benth.	LI	AM	Neotropical	Falcão-da-Silva, M. 166 (MG)	CD, FM
<i>Dioclea sclerocarpa</i> Ducke*	LI	AM, CAA	Brasil-Norte-Nordeste	Silva, W.L.S. 260 (MG)	FR
<i>Erythrina amazonica</i> Krukoff	ARB	AM	América do Sul (Norte)	Bastos, M.N.C. 1913 (MG)	FR
<i>Erythrina fusca</i> Lour.*	ARV	AM, CE	América do Sul (Amplo)	Rosa, N.A. 5531 (MG)	FR
<i>Galactia jussiaeana</i> Kunth	LI	AM, CAA, CE	Neotropical	Falcão-da-Silva, M. 172 (MG)	CD, FM
<i>Hymenobium petraeum</i> Ducke	ARV	AM	América do Sul (Norte)	Silva, W.L.S. 257 (MG)	FM, FR
<i>Indigofera microcarpa</i> Desv.	ERV	AM, CAA, MA	Neotropical	Bastos, M.N.C. 1207 (MG)	CD, PR
<i>Leptospron adenanthum</i> (G. Mey.) A. Delgado*	Tr:H	AM, CAA, CE, MA	Neotropical	Oliveira, J. 950 (MG)	BJ
<i>Machaerium inundatum</i> (Mart. ex Benth.) Ducke*	ARV	AM	Neotropical	Silva, W.L.S. 354 (MG)	CD, PR
<i>Machaerium lunatum</i> (L.f.) Ducke	ARV/ARB	AM	Anfiatlântico	Bastos, M.N.C. 1531 (MG)	BJ, HL, PR
<i>Macroptilium gracile</i> (Poepp. ex Benth.) Urb.	Tr:H	AM, CAA, CE, MA	Brasil-Amplo	Falcão-da-Silva, M. 61 (MG)	BJ, CD, FM
<i>Mucuna pruriens</i> (L.) DC.	Tr:H	AM, CAA, CE, MA	Pantropical	Rocha, A.E.S. 841 (MG)	CD
<i>Mucuna sloanei</i> Fawc. & Rendle*	Tr:H	AM, CE, MA	Neotropical	Falcão-da-Silva, M. 442 (MG)	CD, FR
<i>Muellera monilis</i> (L.) M.J. Silva & A.M.G. Azevedo	ARV/ARB	AM	Neotropical	Falcão-da-Silva, M. 1578 (MG)	HL, PR
<i>Ormosia coutinhoi</i> Ducke*	ARV	AM	América do Sul (Norte)	Gurgel, E.S.C. 888 (MG)	FR
<i>Ormosia paraensis</i> Ducke	ARV	AM	Neotropical	Bastos, M.N.C. 499 (MG)	FR
<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl	ARV	AM, CAA, CE, MA	Neotropical	Santos, L.O. 547 (MG)	FR
<i>Sesbania exasperata</i> Kunth	ARB	AM, CAA, CE, MA, PAM	América do Sul (Amplo)	Rosa-Junior, W.O. 09 (MG)	BJ, CD
<i>Stylosanthes angustifolia</i> Vogel	ERV	AM, CAA, CE, MA	América do Sul (Norte)	Falcão-da-Silva, M. 105 (MG)	BJ, CD, FM
<i>Stylosanthes grandifolia</i> M.B. Ferreira & Sousa Costa*	ERV/SUB	AM, CE, MA	América do Sul (Amplo)	Bonadeu, F. 216 (MG)	BJ, CD
<i>Stylosanthes guianensis</i> (Aubl.) Sw.	SUB	AM, CAA, CE, MA, PAM, PAT	América do Sul (Amplo)	Falcão-da-Silva, M. 77 (MG)	BJ, CD



Apêndice.

(Conclusão)

Táxons	Hábito	Domínio fitogeográfico	Padrão de distribuição	Vouchers	Formação vegetal
<i>Swartzia brachyrachis</i> var. <i>snethlageae</i> (Ducke) Ducke	ARV	AM	Brasil-Norte	Rocha, A.E.S. 734 (MG)	FR
<i>Swartzia laurifolia</i> Benth.	ARV	AM	Brasil-Norte	Falcão-da-Silva, M. 73 (MG)	FR
<i>Vigna luteola</i> (Jacq.) Benth.	ERV	AM, CAA, CE, MA	Pantropical	Falcão-da-Silva, M. 154 (MG)	BJ, CD
<i>Zornia latifolia</i> Sm.	SUB	AM, CAA, CE, MA, PAM, PAT	América do Sul (Ampla)	Falcão-da-Silva, M. 57 (MG)	BJ, CD



Diversidade florística e estoque de carbono de sistemas agroflorestais em dois municípios do nordeste paraense, Brasil

Floristic diversity and carbon stock of agroforestry systems in two municipalities of Northeast of State of Pará, Brazil

Silvio Roberto Miranda dos Santos¹, Osvaldo Ryohei Kato¹, Manoel Malheiros Tourinho¹

¹Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Belém, Pará, Brasil

Resumo: Objetivou-se analisar a florística e o estoque de carbono (EC) de dois tipos de sistemas agroflorestais (SAF): tradicional, em Cametá, Pará (SAF-CM), e comercial, em Tomé-Açu, Pará (SAF-TA). Utilizaram-se parcelas de 50 m x 50 m, onde foram medidos o diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura de todos os indivíduos (n_i) com DAP \geq 5 cm. A biomassa seca dos SAF foi determinada pelo método indireto. Foram inventariados, em média, nos SAF-CM, 2.458 n_i ha⁻¹, pertencentes a 12 famílias, 19 gêneros e 19 espécies, enquanto que, nos SAF-TA, 1.249 n_i ha⁻¹, pertencentes a nove famílias, 13 gêneros e 13 espécies. *Euterpe oleracea* (açai) e *Theobroma cacao* (cacau) foram as espécies mais importantes nos SAF estudados. O EC foi maior nas árvores do que no açai e no cacau. O manejo adotado influenciou na riqueza de espécies e no EC. Os SAF-CM mostraram maior resiliência e os SAF-TA, maior antropia. Outras espécies destacaram-se em abundância e EC: *Virola surinamensis*, *Hevea brasiliensis* e *Carapa guianensis*, nos SAF-CM, e *Spondias lutea*, *Bertholletia excelsa* e *Swietenia macrophylla*, nos SAF-TA. Os resultados obtidos põem os SAF como alternativa de produção para consumo, venda e EC, ratificando a viabilidade socioeconômica e ambiental desses agroecossistemas na Amazônia.

Palavras-chave: Biodiversidade. Biomassa. Agroecossistemas. Amazônia.

Abstract: The objective of this study was to analyze the floristic and carbon stock (CS) of two types of agroforestry systems (SAF): traditional, in Cametá, Pará (SAF-CM), and commercial in Tomé-Açu, Pará (SAF-TA). We used plots of 50 m x 50 m, where the diameter at breast height (DBH) and the height of all individuals (n_i) with DBH \geq 5 cm were measured. The biomass of SAF was determined by the indirect method. They were inventoried on average in SAF-CM, 2,458 n_i ha⁻¹, belonging to 12 families, 19 genera and 19 species, while in SAF-TA, 1,249 n_i ha⁻¹, belonging to nine families, 13 genera and 13 species. *Euterpe oleracea* (açai) and *Theobroma cacao* (cacau) were the most important species in the SAF studied. CS was higher in trees than in açai and cacau. The management adopted influenced the species richness and CS. The SAF-CM showed higher resilience and the SAF-TA greater anthropy. Other species were found in abundance and CS: *Virola surinamensis*, *Hevea brasiliensis* and *Carapa guianensis*, in SAF-CM, and *Spondias lutea*, *Bertholletia excelsa* and *Swietenia macrophylla*, in SAF-TA. The results obtained put SAF as an alternative of production for consumption, sale and CS, ratifying the socioeconomic and environmental viability of these agroecosystems in the Amazon.

Keywords: Biodiversity. Biomass. Agroecosystems. Amazon.

SANTOS, S. R. M., O. R. KATO & M. M. TOURINHO, 2019. Diversidade florística e estoque de carbono de sistemas agroflorestais em dois municípios do nordeste paraense, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 14(1): 31-42.

Autor para correspondência: Silvio Roberto Miranda dos Santos. Universidade Federal Rural da Amazônia. Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos (ISARH). Projeto Várzea. Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501 - Terra Firme. Belém, PA, Brasil. CEP 66077-830 (silvio.santos@ufra.edu.br, silviormsantos@gmail.com).

Recebido em 11/05/2017

Aprovado em 16/11/2018

Responsabilidade editorial: Fernando da Silva Carvalho Filho



INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico mundial sempre esteve baseado na premissa da infinita oferta de recursos naturais e na suposição da capacidade do homem de manejar a natureza sem comprometê-la (Santos *et al.*, 2004). Porém, diante dessas suposições, vem acontecendo o desequilíbrio ambiental, atingindo a vida, em amplo sentido, assim como as atividades econômicas, tornando-se imperiosa a análise dos ônus ambientais, ecológicos e sociais decorrentes do uso inadequado desses recursos (Sougata & Shibu, 2012).

Nesse contexto de ofertas de alternativas de uso e de recuperação dos solos, por exemplo, colocam-se os sistemas agroflorestais (SAF), que são uma forma de uso da terra que combina o cultivo de espécies arbóreas, arbustivas, agrícolas e pastagens, em função do tempo e do espaço, visando à produção e ao desenvolvimento de forma sustentável (Fassbender, 1993). Eles favorecem a resiliência e a estabilidade ambiental (Porro *et al.*, 2012), como também estimulam o incremento em biomassa (Osterrooht, 2002), colocando-se, assim, como um dos sistemas de uso da terra capaz de contribuir para a produção, a renda e a estocagem de carbono, reduzindo, via fotossíntese, os danos provocados pelo gás carbônico (CO₂), um dos principais causadores de efeito estufa (Dias *et al.*, 2015; Villa *et al.*, 2015).

Segundo Homma *et al.* (1995), os SAF geram estabilidade econômica, produzindo bens para consumo e para venda, razão pela qual, com seu uso, haveria uma tendência de reduzir a fronteira agrícola e o avanço em áreas de florestas, contribuindo para a melhoria da qualidade ambiental. Eles também se constituem em uma das alternativas de sistemas assimiladores e acumuladores de carbono na biomassa vegetal e no solo (Kato *et al.*, 2006).

A quantificação de biomassa de um ecossistema é comumente referida como essencial aos estudos de carbono. A riqueza florística impacta diretamente nessa biomassa, podendo ser determinada pelos métodos direto (destrutivo) e indireto (não destrutivo). O primeiro é mais acurado, sendo, contudo, difícil cortar e pesar todas as árvores em uma área, enquanto o segundo é mais rápido, pois

utiliza variáveis facilmente obtidas nas pesquisas de campo, como o diâmetro e a altura (Higuchi *et al.*, 1998; Hairiah *et al.*, 2001). Todavia, a biomassa deve ser gerada de forma fidedigna para que haja consistência nas suas quantificação e avaliação (Hairiah *et al.*, 2001; Dallagnol *et al.*, 2011).

Estudos mostram que é crescente o número de plantios em SAF na Amazônia, os quais podem apresentar várias classificações e tipos, podendo variar mais, devido à dinâmica de sucessão e à diversidade vegetal. Smith *et al.* (1998) classificaram os SAF em tradicional e comercial. O SAF-tradicional caracteriza-se por apresentar alta diversidade de espécies, maior uso de regeneração natural, mais espécies para consumo, menor uso de insumos e de mão de obra, sendo aquele praticado por comunidades indígenas e tradicionais; já o SAF-comercial caracteriza-se pela baixa diversidade de espécies, menor uso da regeneração natural, mais espécies para venda, maior uso de insumos e de mão de obra, sendo praticado sob orientação e assistência técnica.

Considerando-se que os SAF desempenham importante papel no manejo dos recursos naturais, contribuindo para a redução de agravos ambientais causados por desmatamentos e queimadas, sendo, ainda, meio eficaz para estocar carbono, este artigo teve como objetivos analisar os padrões de riqueza florística e determinar o estoque de carbono (EC) de SAF com diferentes práticas de manejo nos municípios de Cametá e de Tomé-Açu, no estado do Pará, Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado nos municípios de Cametá e Tomé-Açu, ambos pertencentes à mesorregião do nordeste paraense (Figura 1). O clima, conforme a classificação de Köppen, nos dois municípios, é do tipo Ami, tropical, quente e úmido. Cametá situa-se a 184 km a sudoeste de Belém (02° 14' 40" S e 49° 29' 45" W), com área de 3.122,9 km². A temperatura média anual é de 26,5 °C, com mínima de 22 °C e máxima de 31 °C; a umidade relativa do ar é de 85%; a pluviosidade anual é elevada, entre 2.250 mm a 2.500 mm, com média de 2.375 mm, maior entre janeiro

a maio e menor entre junho a dezembro. Tomé-Açu, por sua vez, situa-se a 208 km ao sul de Belém (02° 40' 54" S e 48° 16' 11" W), com área de 5.145,4 km². A temperatura média anual é de 26,8 °C, com mínima de 21 °C e máxima de 33 °C; a umidade relativa do ar é de 85%; a pluviosidade anual é elevada, entre 2.144 mm a 2.581 mm, com média de 2.362 mm, maior entre dezembro a maio e menor entre junho a novembro (IBGE, 2012).

O SAF-tradicional é o que melhor caracteriza o que foi verificado em Cametá, uma vez que esses sistemas são originados de capoeiras (enriquecidas com espécies frutíferas), sendo submetidos a manejo moderado e

esporádico, que visa minimizar impactos no ambiente e na área de produção. Ele consiste no desbaste de açazeiros (corte das palmeiras mais velhas cuja produção de frutos está reduzindo, as quais, no entanto, são aproveitadas na produção de palmito), cortes de cipós e de espécies indesejáveis e invasoras, coletas de sementes, frutos, óleos, casca e ervas medicinais e eventual extração de madeira para uso na propriedade. Esses SAF têm aparência de uma agrofloresta, em razão de apresentarem povoamento vegetal permanente, cuja criação está quase sempre ligada às atividades agrícolas e/ou extrativistas, evidenciando composição diversificada que reúne em uma mesma área

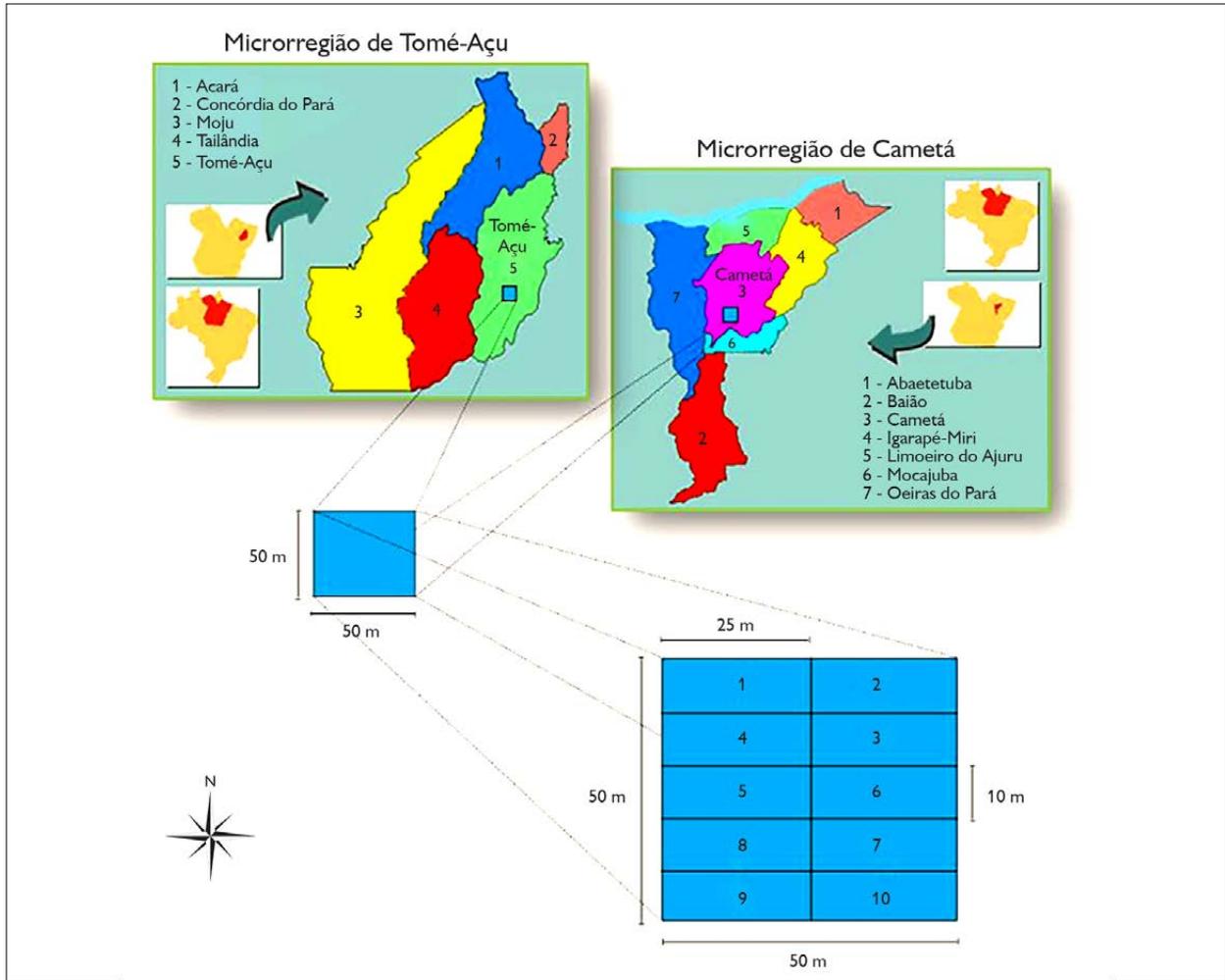


Figura 1. Áreas dos estudos nos municípios de Cametá e de Tomé-Açu, estado do Pará, Brasil. Mapa: S. R. M. Santos (2018).

espécies arbóreas, arbustivas e frutíferas, formando pelo menos três níveis de copas e sub-bosque (Dubois, 1996).

O SAF-comercial, por sua vez, é o que melhor caracteriza o estudado em Tomé-Açu. Esses sistemas são os mais cultivados entre os agricultores nipo-brasileiros da região, sendo vistos como referência de eficiência técnica, produtividade e viabilidade econômica, submetidos a manejo intenso, a fim de se obter raleamento da área para incremento de espécies como cacau e açaí, importantes para a venda. Começaram a ser implantados em substituição aos pimentais, praticamente dizimados pela fusariose, doença causada pelo fungo *Fusarium solani* f. sp. *piperis*, após o colapso na produção ocorrido entre os anos de 1950 e 1970 (Homma, 2006). Apresentam algumas particularidades na sua origem e/ou implantação, como a sequência de plantio: pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) >>> maracujá (*Passiflora edulis* Sims) >>> frutíferas arbustivas >>> frutíferas palmeiras >>> frutíferas arbóreas >>> espécies florestais.

Foram selecionados oito SAF, quatro em Cameté (SAF-CM) - SAF:1-CM, SAF:2-CM, SAF:3-CM e SAF:4-CM - e quatro em Tomé-Açu (SAF-TA) - SAF:1-TA, SAF:2-TA, SAF:3-TA e SAF:4-TA (Figura 1). A média de idade desses SAF nas duas áreas de estudo foi de 12 anos. Nessas unidades, foram inventariadas três parcelas amostrais de 50 m x 50 m (0,25 ha), em um total de doze parcelas, divididas em dez subparcelas de 10 m x 25 m (para orientar o sentido de medição), onde foram medidos, com fita diamétrica a 1,30 m do solo e com vara de altura, respectivamente, o diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura total (H) de todos os indivíduos com DAP \geq 5 cm. Todos os dados foram anotados em planilha de campo.

A análise florística foi realizada por meio da identificação de espécies, nos SAF, pelos nomes comuns conferidos por parataxonomistas. Em relação às não identificadas, coletou-se material botânico para que fossem identificadas no herbário da Universidade Federal Rural da Amazônia. A análise estrutural seguiu as recomendações de Brower *et al.* (1998), avaliada pela

abundância ($N = n_i$, onde: n_i é o número de indivíduos da espécie), calculada em indivíduo (n_i) por unidade de área (hectare = ha). Então, temos: indivíduo por hectare ($n_i \text{ ha}^{-1}$).

Para determinar a biomassa seca (BS) acima do solo, a vegetação dos SAF foi dividida em três componentes principais: açaí, cacau e árvores. A BS foi calculada pelo método indireto, utilizando as equações alométricas de Bartelt *et al.* (2000): as equações 1, 3 e 5 determinam BS de folhas, 2 determina BS de estipes e 4 e 6 determinam BS do lenho, sendo que o termo lenho engloba as partes aéreas da planta – fuste, galhos e cascas (Tabela 1). A BS foi calculada em unidade de peso (megagrama = Mg) por unidade de área (hectare = ha), para depois, assim, determinar o carbono (C) contido na BS (Mg C ha⁻¹). O EC contido na BS, em áreas naturais ou antrópicas, tem sido obtido pela multiplicação da BS total (BS contida em cada parte da planta) por um fator igual a 0,45, pois, em média, a BS contém, aproximadamente, 45% de carbono, entre 0,43 a 0,48 (Murillo, 1997; Higuchi *et al.*, 1998; Thibau, 2000; Montagnini & Nair, 2004). Neste estudo, optou-se pelo fator 0,45, por ter sido observado em pesquisas com espécies nativas da Amazônia (Higuchi & Carvalho Jr., 1994; Higuchi *et al.*, 1998).

Como é imperativo comparar os resultados de um estudo com os de outros já realizados, no caso do presente artigo, os resumos de resultados estão contidos na Tabela 2. Assim, visando minorar distorções na aferição dos estudos, elaborou-se três categorias de uso da terra, onde os ecossistemas foram agrupados conforme os níveis de antropia e de manejo: a) ecossistemas antrópicos: aqueles que foram plantados e têm manejo constante e intensivo, como os SAF-TA; b) ecossistemas antropizados: aqueles que já foram explorados e/ou alterados, têm manejo moderado e esporádico, com vistas à recuperação ambiental e à viabilidade comercial, como os SAF-CM; e c) ecossistemas naturais: aqueles que não foram explorados e/ou alterados, têm pequenas intervenções e uso eventual, apresentam extrativismo de produtos não madeireiros, mas, mesmo assim, mantêm sua fisionomia e características naturais.

Tabela 1. Equações utilizadas para determinar a biomassa seca (BS) acima do solo na vegetação em sistemas agroflorestais (SAF), estudados em Cametá e em Tomé-Açu, Pará. Legendas: coeficiente de determinação = R²; diâmetro à altura do peito = DAP. São apresentadas, respectivamente, as equações 1 e 2 (BS-folhas e BS-estipes de açaí), 3 e 4 (BS-folhas e BS-lenho de cacau) e 5 e 6 (BS-folhas e BS-lenho de árvores). Nas equações 4 e 6, o termo lenho engloba as partes aéreas da planta: fuste, galhos, casca. Fonte: Bartelt *et al.* (2000).

	Equações alométricas	R ²	Nível da amostra (cm)
Açaí			
1	$BS = \exp(-0,0550 + 0,0451 \times DAP)$	0,92	DAP ≥ 5
2	$BS = \exp(-0,0470 + 0,0750 \times DAP)$	0,99	DAP ≥ 5
Cacau			
3	$BS = \exp(-1,3200 + 0,0566 \times DAP)$	0,96	DAP ≥ 5
4	$BS = \exp(0,0320 + 0,0810 \times DAP)$	0,99	DAP ≥ 5
Árvores			
5	$BS = \exp(-0,7600 + 0,1242 \times DAP)$	0,77	DAP ≥ 5
6	$BS = \exp(0,2040 + 0,3129 \times DAP)$	0,99	DAP ≥ 5

Tabela 2. Resumo de médias de estoque de carbono (EC) na biomassa seca (BS) acima do solo encontrado em diversos sistemas de uso da terra na Amazônia: sistema agroflorestal (SAF), quintal agroflorestal (QAF), floresta de várzea (FVA), floresta de terra firme (FTF), capoeiras (CAP), capoeiras enriquecidas (CAE), consórcios de árvores (CAR), monocultivos de árvores (MCA) e pastagens (PAS). Legenda: * = valores médios calculados a partir dos dados originais dos referidos estudos utilizando o fator de conversão de carbono (0,45), adaptados pelos autores deste estudo.

-	BS (Mg ha ⁻¹)	EC (Mg C ha ⁻¹)*	Tipos	Local	Fonte
Ecosistemas antrópicos	184,40	82,98	QAF	Arari - Maranhão	Mavisoy (2013)
	57,80	26,01	PAS	Anajatuba - Maranhão	Mavisoy (2013)
	89,10	40,10	SAF	Tomé-Açu - Pará	Bolfe <i>et al.</i> (2012)
	78,00	35,10	CAR	Igarapé-Açu - Pará	Brienza Júnior (2012)
	166,67	75,00	MCA	Manaus - Amazonas	Chaves <i>et al.</i> (2011)
	70,83	31,87	CAR	Porto Velho - Rondônia	Locatelli <i>et al.</i> (2004)
Ecosistemas antropizados	84,80	38,16	CAE	Morros - Maranhão	Mavisoy (2013)
	196,64	88,49	CAP	Nova Ipixuna - Pará	Costa <i>et al.</i> (2012)
	181,31	81,59	CAP	Pacajá - Pará	Costa <i>et al.</i> (2012)
	68,16	30,67	CAP	Parauapebas - Pará	Costa <i>et al.</i> (2012)
	199,00	89,55	CAE	Paragominas - Pará	Pereira (2001)
	106,00	47,70	CAE	Igarapé-Açu - Pará	Brienza Júnior <i>et al.</i> (2001)
Ecosistemas naturais	255,91	115,16	FTF	Nova Ipixuna - Pará	Costa <i>et al.</i> (2012)
	346,06	155,73	FTF	Manaus - Amazonas	Matos & Kirchner (2008)
	246,10	110,74	FVA	Cametá - Pará	Bartelt <i>et al.</i> (2000)
	307,00	138,15	FVA	Abaetetuba - Pará	Tsuchiya & Hiraoka (1999)
	289,00	130,05	FTF	Abaetetuba - Pará	Tsuchiya & Hiraoka (1999)
	428,00	192,60	FTF	Floresta amazônica	Fearnside (1996)



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos SAF estudados em Cameté (SAF-CM), foram inventariados, em média, 2.458 $n_i \text{ ha}^{-1}$, com DAP ≥ 5 cm, pertencentes a 12 famílias, 19 gêneros e 19 espécies; Mimosaceae foi a família com maior número de espécies ($i = 3$). Nos SAF estudados em Tomé-Açu (SAF-TA), foram inventariados, em média, 1.249 $n_i \text{ ha}^{-1}$, com DAP ≥ 5 cm, pertencentes a nove famílias, 13 gêneros e 13 espécies; Anacardiaceae foi a família com maior número de espécies ($i = 3$) (Tabela 3). Nos SAF-CM, cerca de 68,4% das espécies são para consumo e 52,6% para venda; enquanto nos SAF-TA, 46,2% são para consumo e 92,3% para venda (Tabela 3). Os percentuais excedem 100%, haja vista a existência de espécies multiuso. Nos SAF estudados em Igarapé-Açu, no Pará, por Vieira *et al.* (2007), cerca de 25% das espécies foram declaradas para consumo e 93% para venda; essas taxas são inferiores às encontradas nos SAF-CM e SAF-TA para consumo e superiores às encontradas nos SAF-CM, sendo, ainda, compatíveis às encontradas nos SAF-TA para venda.

A riqueza encontrada nos SAF-CM ($i = 19$) foi superior à encontrada nos SAF-TA ($i = 13$), diferença relativa ao percentual (89,5%) de espécies nativas de regeneração espontânea mantidas nos SAF-CM, onde seis espécies (31,6%) foram comuns a todos os SAF: *Euterpe oleracea*, *Theobroma cacao*, *Virola surinamensis*, *Hevea brasiliensis*, *Carapa guianensis* e *Inga paraensis*; enquanto nos SAF-TA, apenas duas (15,4%) foram comuns: *E. oleracea* e *T. cacao*. Nesses SAF, outras espécies se destacaram: *Bertholletia excelsa*, *Swietenia macrophylla* e *Spondias lutea* (Tabela 3). Observou-se, com o passar do tempo e com a maturação dos SAF, redução no número de espécies: 26,7% nos SAF-CM e 50% nos SAF-TA. Porém, a riqueza de espécies em SAF está relacionada ou condicionada ao arranjo, ao objetivo e ao manejo adotados: moderado, priorizando as espécies para consumo na propriedade (segurança alimentar), como nos SAF-CM, ou intenso, visando favorecer as espécies de maior valor comercial, como nos SAF-TA.

A riqueza encontrada neste estudo foi superior à verificada em outras pesquisas, como nos SAF ($i = 9$) na Amazônia oriental (Mavisoy, 2013), nos SAF ($i = 10$) em Tomé-Açu (Brancher, 2010) e nos quintais agroflorestais ($i = 10$) nas várzeas de Bragança (Bentes-Gama *et al.*, 1999); inferior em relação à encontrada nos SAF ($i = 29$ e 54) em Tomé-Açu (Bolfe *et al.*, 2009, 2012) e nos SAF ($i = 23$) das várzeas de Afuá (Queiroz & Mochiutti, 2000); e equidiferente e compatível com a encontrada nos SAF ($i = 16$) em Igarapé-Açu (Vieira *et al.*, 2007). As espécies mais importantes neste estudo, *E. oleracea* e *T. cacao*, também foram as mais destacadas em outros realizados na Amazônia (Mavisoy, 2013; Bolfe *et al.*, 2012; Kato *et al.*, 2012; Brancher, 2010; Oliveira & Kato, 2010).

Para determinar o EC dos SAF, a vegetação foi dividida em açaí, cacau e árvores. Assim, a abundância nos SAF-CM foi estabelecida em açaí (53,0%), cacau (29,8%) e árvores (17,2%) e, nos SAF-TA, em açaí (26,6%), cacau (65,8%) e árvores (7,6%) (Tabela 3).

A média de EC nos SAF-CM foi de 57,45 Mg C ha^{-1} , sendo: 1,95 Mg C ha^{-1} no açaí (42,8% nas folhas e 57,2% nos estipes), 0,72 Mg C ha^{-1} no cacau (17,9% nas folhas e 82,1% no lenho) e 54,77 Mg C ha^{-1} nas árvores (1% nas folhas e 99% no lenho); enquanto, nos SAF-TA, foi de 24,07 Mg C ha^{-1} , sendo: 0,53 Mg C ha^{-1} no açaí (42,2% nas folhas e 57,8% nos estipes), 1,15 Mg C ha^{-1} no cacau (16,2% nas folhas e 83,8% no lenho) e 22,39 Mg C ha^{-1} nas árvores (0,7% nas folhas e 99,3% no lenho) (Tabela 4).

Entre as árvores, algumas se destacaram em EC, como *C. guianensis*, *V. surinamensis* e *H. brasiliensis*, presentes nos quatro SAF-CM. Assim, *V. surinamensis* e *H. brasiliensis* apresentaram EC de, respectivamente, 23,53 Mg C ha^{-1} e 19,19 Mg C ha^{-1} no SAF1-CM e 23,30 Mg C ha^{-1} e 22,93 Mg C ha^{-1} no SAF4-CM. Juntas, essas espécies representaram 52,4% do EC total do SAF1-CM e 72,8% do EC total do SAF4-CM. Além disso, *C. guianensis* manteve o EC estável nos quatro SAF-CM, com média de 10,76 Mg C ha^{-1} (Figura 2).

Tabela 3. Espécies encontradas em sistemas agroflorestais (SAF), estudados em Cametá (SAF-CM) e em Tomé-Açu (SAF-TA), Pará. Legendas: N = abundância; finalidade das plantas - C = consumo e V = venda.

(Continua)

Família/Espécie	Nome vulgar	N (n _i ha ⁻¹)				Finalidade (%)	
		SAF1-CM	SAF2-CM	SAF3-CM	SAF4-CM		
Anacardiaceae							
<i>Anacardium giganteum</i> W. Hancock ex Engl.	Cajuí	-	20	16	-		V
<i>Spondias lutea</i> L.	Taperebá	16	-	-	12	C	V
Arecaceae							
<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	Açaí	1.872	1.484	1.352	504	C	V
<i>Mauritia flexuosa</i> L. f.	Buriti	28	-	16	-	C	
Caesalpiniaceae							
<i>Macrolobium angustifolium</i> (Benth.) R.S. Cowan	Ipê-da-várzea	12	8	-	-		V
<i>Swartzia acuminata</i> Willd. ex Vogel	Pitaíca	16	8	-	-	C	
Clusiaceae							
<i>Symphonia globulifera</i> L. f.	Anani	16	-	-	-		V
Euphorbiaceae							
<i>Hura crepitans</i> L.	Assacu	-	16	-	12		V
<i>Hevea brasiliensis</i> (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg.	Seringueira	104	64	36	120		V
Fabaceae							
<i>Pterocarpus amazonicus</i> Huber	Mututi	44	16	-	16	C	
Meliaceae							
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Andiroba	68	108	72	60	C	V
Mimosaceae							
<i>Pithecellobium acacioides</i> Ducke	Esponjeira	-	-	8	16	C	
<i>Inga paraensis</i> Ducke	Ingá	12	8	16	8	C	
<i>Pentaclethra macroloba</i> (Willd.) Kuntze	Pracaxi	12	16	12	-	C	
Moraceae							
<i>Mora paraensis</i> Ducke	Pracuúba	-	12	12	12	C	
Myristicaceae							
<i>Virola surinamensis</i> (Rol. ex Rottb.) Warb.	Virola	228	124	84	172		V
Sapotaceae							
<i>Sarcaulus brasiliensis</i> (A. DC.) Eyma	Jará-branco	8	8	-	-	C	
Sterculiaceae							
<i>Theobroma cacao</i> L.	Cacau	68	496	984	1.380	C	V
<i>Sterculia speciosa</i> K. Schum.	Capoteiro	8	-	12	-	C	
Total (média = 2.458 n _i ha ⁻¹)		2.512	2.388	2.620	2.312	68,4	52,6
Família/Espécie	Nome vulgar	N (n _i ha ⁻¹)				Finalidade (%)	
		SAF1-TA	SAF2-TA	SAF3-TA	SAF4-TA		
Anacardiaceae							
<i>Astronium lecontei</i> Ducke	Aroeira	16	-	-	-		V
<i>Anacardium giganteum</i> W. Hancock ex Engl.	Cajuí	4	-	-	-		V
<i>Spondias lutea</i> L.	Taperebá	-	-	16	63	C	V
Arecaceae							



Tabela 3.

(Conclusão)

Família/Espécie	Nome vulgar	N (n. ha ⁻¹)				Finalidade (%)	
		SAF1-TA	SAF2-TA	SAF3-TA	SAF4-TA		
<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	Açaí	171	95	543	520	C	V
Bignoniaceae							
<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) G. Nicholson	Ipê-amarelo	13	5	-	-		V
Caesalpiniaceae							
<i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex Ducke	Paricá	11	5	-	-		V
<i>Clitoria fairchildiana</i> R.A. Howard	Palheteira	-	-	-	20		
Lecythidaceae							
<i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl.	Castanha-do-pará	3	40	-	-	C	V
Meliaceae							
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Andiroba	-	32	-	-		V
<i>Swietenia macrophylla</i> King	Mogno	55	-	40	-		V
Musaceae							
<i>Musa sapientum</i> L.	Bananeira	-	-	49	-	C	V
Sapindaceae							
<i>Nephelium lappaceum</i> L.	Rambutã	-	7	-	-	C	V
Sterculiaceae							
<i>Theobroma cacao</i> L.	Cacau	1.044	472	1.123	651	C	V
Total (média = 1.249 n _i ha ⁻¹)		1.316	656	1.771	1.253	46,2	92,3

Tabela 4. Estoque de carbono (EC) acima do solo, encontrado em sistemas agroflorestais (SAF), estudados em Cametá (SAF-CM) e em Tomé-Açu (SAF-TA), Pará. Média anual de EC (MA), médias (M) e erro padrão da média (e). Nas equações (Eq) 4 e 6, o termo lenho engloba as partes aéreas da planta: fuste, galhos, casca.

Equações alométricas	EC (Mg C ha ⁻¹)											
	SAF-CM						SAF-TA					
	1	2	3	4	M	e	1	2	3	4	M	e
Açaí												
Eq-1 (folhas)	1,20	0,96	0,86	0,33	0,84	0,02	0,11	0,06	0,36	0,36	0,22	0,02
Eq-2 (estipes)	1,61	1,28	1,15	0,45	1,12	0,03	0,14	0,08	0,50	0,50	0,30	0,03
Total	2,81	2,24	2,02	0,78	1,96	0,05	0,24	0,14	0,86	0,86	0,53	0,05
Cacau												
Eq-3 (folhas)	0,01	0,09	0,18	0,24	0,13	0,01	0,20	0,13	0,27	0,16	0,19	0,00
Eq-4 (lenho)	0,05	0,40	0,83	1,10	0,59	0,04	0,91	0,73	1,39	0,83	0,97	0,02
Total	0,07	0,48	1,00	1,34	0,72	0,05	1,11	0,85	1,66	0,99	1,15	0,03
Árvores												
Eq-5 (folhas)	0,78	0,45	0,42	0,60	0,56	0,02	0,12	0,17	0,16	0,22	0,17	0,01
Eq-6 (lenho)	77,88	35,71	42,41	60,81	54,20	2,05	10,24	22,75	24,92	30,99	22,22	1,99
Total	78,65	36,17	42,83	61,41	54,77	2,07	10,36	22,91	25,08	31,21	22,39	2,00
Total	81,53	38,89	45,85	63,53	57,45	2,17	11,71	23,91	27,60	33,06	24,07	2,08
MA (Mg C Ha ⁻¹ Ano ⁻¹)	8,15	3,54	3,53	4,54	4,94	0,04	3,90	2,66	1,84	1,57	2,49	0,03



Nos SAF-TA, contudo, destacaram-se em EC: *S. lutea*, *B. excelsa* e *Clitoria fairchildiana*. Especialmente *S. lutea* com EC de 48,96 Mg C ha⁻¹ (66,6%) no SAF.4-TA e 17,55 Mg C ha⁻¹ (63,6%) no SAF.3-TA, que sozinha representou 41,1% do EC total dos quatro SAF-TA. Outras espécies também mereceram destaque: *Schizolobium amazonicum*, com EC de 6,22 Mg C ha⁻¹

(53,1%), e *S. macrophylla*, com EC de 3,56 Mg C ha⁻¹ (14,9%) no SAF.1-TA (Figura 3). Os resultados acima de EC credenciam essas espécies para compor os SAF e/ou outros sistemas produtivos nos referidos municípios, em regiões adjacentes e também em relação à Amazônia, independente de qual seja sua finalidade (se comercial, consumo doméstico ou ambiental).

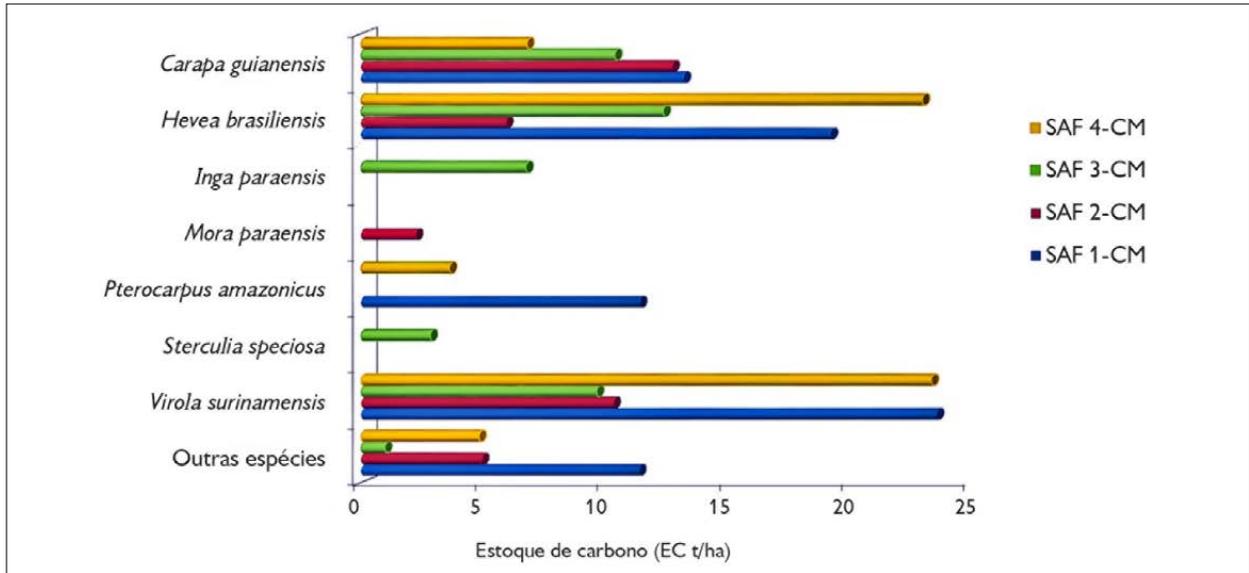


Figura 2. Estoque de carbono (EC) na biomassa seca (BS) acima do solo de espécies florestais cultivadas em quatro sistemas agroflorestais (SAF) em Cametá, Pará.

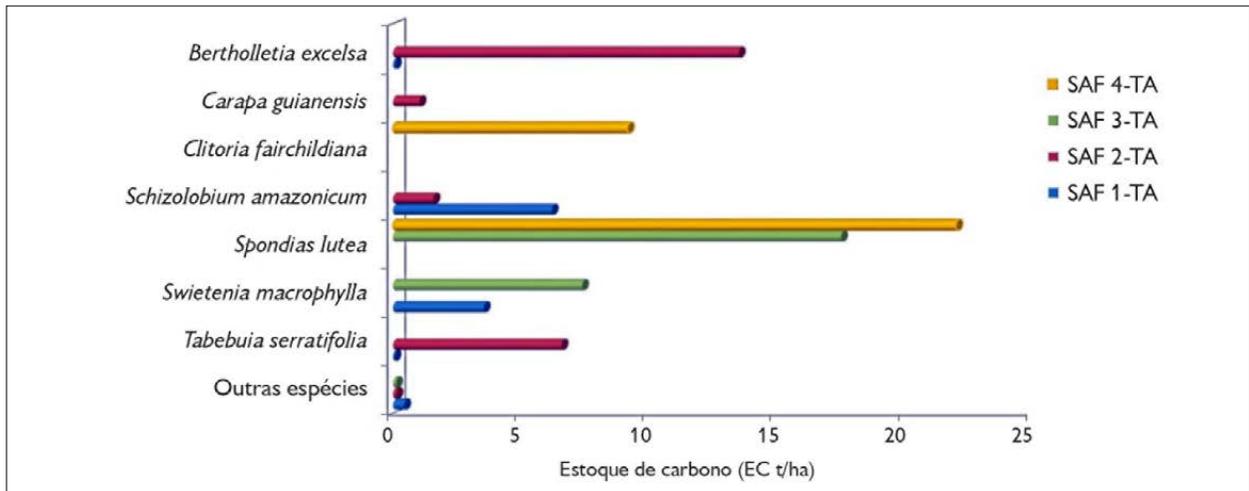


Figura 3. Estoque de carbono (EC) na biomassa seca (BS) acima do solo de espécies florestais cultivadas em quatro sistemas agroflorestais (SAF) em Tomé-Açu, Pará.

A média de EC nos SAF-CM foi mais que o dobro da média encontrada nos SAF-TA. Essa diferença pode estar associada ao regime de manejo adotado, que, no caso dos SAF-CM, é moderado, preservando maior número de árvores, componente que aporta mais biomassa e, logo, estoca mais carbono. Poderíamos dizer também que, além da abundância das árvores, há outras variáveis que podem influenciar o desenvolvimento vegetativo e a produção de biomassa de um ecossistema, como o tamanho (DAP e H) das plantas e o tempo de plantio e/ou de manejo.

Os SAF-CM e SAF-TA estudados estocaram por ano, em média, 4,94 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹ e 2,49 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente, ou seja, a cada ano, no mínimo, 2 a 5 Mg de CO₂ são extraídas da atmosfera (Tabela 4), sem contar o EC na biomassa microbiana, nas raízes e no solo. Em ambos os casos, as maiores médias anuais de EC foram observadas nos SAF mais jovens, onde as atividades fisiológicas são mais intensas, com maior incremento em biomassa.

A média de EC encontrada nos SAF-CM foi superior às médias observadas em quatro ecossistemas antrópicos, mais do que o dobro das pastagens (PAS) de Anajatuba, no Maranhão, e 80,3% a mais do que os consórcios de árvores (CAR) de Porto Velho, em Rondônia. Ela, no entanto, foi inferior ao quintal agroflorestal (QAF) de Arari, no Maranhão, apresentando 69,2% do estocado nesse ambiente e 76,6% do monocultivo de árvores (MCA) de Manaus, Amazonas (Tabela 2).

Em relação aos ecossistemas antropizados, a média de EC nos SAF-CM foi superior em três médias de EC, destaque aos 87,3% a mais do que a média de EC das capoeiras (CAP) de Parauapebas, no Pará. Essa média, contudo, foi inferior a três médias de EC, com 64,2% do EC das capoeiras enriquecidas (CAE) de Paragominas, no Pará. Em relação aos ecossistemas naturais, esse dado foi inferior a todas as médias dos sistemas, estocando 29,8% do EC das florestas de terra firme (FTF) da Amazônia e pouco mais da metade (51,9%) da floresta de várzea (FVA) de Cametá, no Pará (Tabela 2).

A média de EC encontrada nos SAF-TA, por sua vez, foi inferior às médias de todos os estudos nas três

categorias, tendo, entretanto, estocado 92,5% do EC das pastagens (PAS) de Anajatuba, no Maranhão, em ecossistemas antrópicos, 50,5% das capoeiras enriquecidas (CAE) de Igarapé-Açu, no Pará, em ecossistemas antropizados, e 12,5% das florestas de terra firme (FTF) da Amazônia nos ecossistemas naturais (Tabela 2).

Os SAF podem ser considerados como uma alternativa viável do ponto de vista da resiliência ambiental e da segurança alimentar, devido à diversidade registrada entre os sistemas, as estruturas e as espécies componentes, bem como às práticas de manejo adotadas pelos produtores. Isso também é justificável se levarmos em consideração que os SAF, no amadurecimento, atingem EC similar ou até superior ao de outros sistemas de uso da terra, onde poucas culturas agrícolas ou nenhuma apresentam EC e produzem alimentos ao mesmo tempo e no mesmo espaço, como ocorre com os SAF estudados.

CONCLUSÕES

Nos SAF estudados em Cametá (SAF-CM) e Tomé-Açu (SAF-TA), *E. oleracea* e *T. cacao* mereceram destaque, devido à sua importância socioeconômica, em razão de produção voltada para consumo e venda, e ambiental, tendo em vista a produção de biomassa e de carbono, o que as credencia para compor SAF e outros sistemas produtivos nesses municípios e na Amazônia.

O EC foi maior nas árvores tanto nos SAF-CM – com destaque para *C. guianensis*, *V. surinamensis* e *H. brasiliensis* – quanto nos SAF-TA – com destaque para *S. lutea* e *B. excelsa*. Essas espécies podem ser recomendadas para compor SAF na região estudada. O manejo adotado nos SAF influenciou a riqueza de espécies e o EC. Desse modo, os SAF-CM mostraram mais tendências naturais, enquanto os SAF-TA evidenciaram mais antropia.

Os percentuais de espécies que servem para consumo e para venda, bem como a média de EC por ano, nos SAF-CM e SAF-TA, mostraram, ao mesmo tempo, viabilidade socioeconômica e ambiental em ambas as áreas de estudo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus acima de tudo. À confiança e à colaboração dos proprietários das áreas onde foram realizados os estudos: Sr. Bráulio Leão (Zito), Sr. Raimundo Lousada, Sr. Wilson Pinto e Sra. Maria Amélia, e suas famílias, em Cametá, e Sr. Michinori Konagano e Sr. José Maria Mendes, e suas famílias, em Tomé-Açu.

REFERÊNCIAS

- BARTELT, D., J. KOCH & M. M. TOURINHO, 2000. Anbau von Acai (*Euterpe oleracea*) und Kakao (*Theobroma sylvestre*) in Primärwäldern der varzeas am rio Tocantins (Brasilien/Para). **Forstarchiv** 71(6): 250-256.
- BENTES-GAMA, M. M., J. R. V. GAMA & M. M. TOURINHO, 1999. Huertos caseros em la comunidad ribereña de Villa Cuera, em el município de Bragança em el Nordeste Paraense. **Agroforesteria em las Américas** 6(24): 8-12.
- BOLFE, E. L., M. C. FERREIRA & M. BATISTELLA, 2009. Biomassa epígea e estoque de carbono de agroflorestas em Tomé-Açu, PA. **Revista Brasileira de Agroecologia** 4(2): 2171-2175.
- BOLFE, E. L., M. BATISTELLA & M. C. FERREIRA, 2012. Correlação de variáveis espectrais e estoque de carbono da biomassa aérea de sistemas agroflorestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 47(9): 1261-1269. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012000900011>.
- BRANCHER, T., 2010. **Estoque e ciclagem de carbono em sistemas agroflorestais em Tomé-Açu, Amazônia oriental**: 1-58. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Pará, Belém.
- BRIENZA JÚNIOR, S., M. DENICH, H. FOELSTER & P. L. G. VLEK, 2001. Enriquecimiento de barbechos con leguminosas arbóreas como alternativa para la tumba y quema en la Amazonía Oriental Brasileña. **Agroforesteria en las Américas** 8(32): 16-19.
- BRIENZA JÚNIOR, S., 2012. Enriquecimiento de florestas secundárias como tecnologia de produção sustentável para a agricultura familiar. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 7(3): 331-337.
- BROWER, J. E., J. H. ZAR & C. N. ENDE, 1998. **Field and laboratory methods for general ecology**: 1-273. McGraw, New York.
- CHAVES, M. S., A. C. CAETANO, R. L. G. MACEDO & R. C. M. MEIRELES, 2011. Imobilização de carbono em um castanhal no IFAM. **Cadernos de Agroecologia** 6(2): 1-5. Disponível em: <<http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/10690>>. Acesso em: 2 maio 2018.
- COSTA, L. G. S., I. S. MIRANDA, M. GRIMALDI, M. L. SILVA, D. MITJA & T. T. S. LIMA, 2012. Biomass in different types of land use in the Brazil's 'arc of deforestation'. **Forest Ecology and Management** 278: 101-109. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2012.04.007>.
- DALLAGNOL, F. S., F. MOGNON, C. R. SANQUETTA & A. P. D. CORTE, 2011. Teores de carbono de cinco espécies florestais e seus compartimentos. **Floresta e Ambiente** 18(4): 410-416. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2011.060>.
- DIAS, I. P., B. C. COSTA, M. M. TOURINHO & J. F. ALMEIDA, 2015. Avaliação da estimativa de fixação de carbono em sistemas agroflorestais na região amazônica. **Revista Verde** 10(5): 7-10. DOI: <https://doi.org/10.18378/rvads.v10i5.3411>.
- DUBOIS, J. C. L., 1996. **Manual agroflorestal para a Amazônia**: v. 1: 1-228. REBRAE, Rio de Janeiro.
- FASSBENDER, H. W., 1993. **Modelos edafológicos de los sistemas de producción agroforestales**: 2. ed.: 1-29. Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza, Turrialba.
- FEARNSIDE, P. M., 1996. Amazonian deforestation and global warming: carbon stocks in vegetation replacing Brazil's Amazon forest. **Forest Ecology and Management** 80(1-3): 21-34. DOI: [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(95\)03647-4](https://doi.org/10.1016/0378-1127(95)03647-4).
- HAIRIAH, K., S. M. SITOMPULL, M. NOORDWIJK & C. PALM, 2001. Methods for sampling carbon stocks above and below ground. In: M. NOORDWIJK, S. WILLIAMS & B. VERBIST (Ed.): **Towards integrated natural resource management in forest margins of the humid tropics**: local action and global concerns: 1-49. ICRAF, Bogoi.
- HIGUCHI, N. & A. J. CARVALHO JR., 1994. Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. **Anais do Seminário Emissão e Sequestro de CO₂ – uma nova oportunidade de negócios para o Brasil** 125-153.
- HIGUCHI, N., J. SANTOS, R. J. RIBEIRO, L. MINETTE & Y. BIOT, 1998. Biomassa da parte aérea da vegetação de floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira. **Acta Amazonica** 28(2): 153-165. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-43921998282166>.
- HOMMA, A. K. O., R. T. WALKER, R. A. CARVALHO, C. A. P. FERREIRA, A. J. CONTO, A. I. M. SANTOS & F. N. SCATENA, 1995. Dinâmica dos sistemas agroflorestais: o caso dos agricultores nipo-brasileiros em Tomé-Açu-PA. In: J. M. M. COSTA (Org.): **Amazônia**. Desenvolvimento econômico, desenvolvimento sustentável e sustentabilidade de recursos naturais - Pará: 37-56. UFPA-NUMA, Belém.
- HOMMA, A. K. O., 2006. Organização da produção e comercialização de produtos agropecuários: o caso da colônia agrícola nipo-brasileira de Tomé-Açu, Pará. In: L. J. M. VILCAHUAMÁN, J. RIBASKI & A. M. B. MACHADO (Ed.): **Sistemas agroflorestais e desenvolvimento com proteção ambiental**: perspectivas, análise e tendências: 51-77. EMBRAPA Florestas, Colombo.



- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 2012. **Censo demográfico 2010**: 1-211. IBGE, Rio de Janeiro.
- KATO, O. R., M. S. A. KATO, C. J. R. CARVALHO, R. O. FIGUEIREDO, A. CAMARÃO, T. D. A. SÁ, M. DENICH & K. VIELHAUER, 2006. Uso de agroflorestas no manejo de florestas secundárias. **Anais do Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais - CBSAF** 6: 119-138.
- KATO, O. R., M. K. SHIMIZU, A. C. M. R. BORGES, C. M. B. C. AZEVEDO, J. S. L. OLIVEIRA, S. S. VASCONCELOS & T. D. A. SÁ, 2012. Desenvolvimento da produção de frutas em sistemas agroflorestais no estado do Pará. **Congresso Brasileiro de Fruticultura** 22: 1-14.
- LOCATELLI, M., E. P. SILVA, A. H. VIEIRA, V. F. SOUZA & R. S. MACEDO, 2004. Cultivo de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum) consorciado com espécies florestais em Machadinho d'Oeste, Rondônia - característica de solo. **Agrossilvicultura** 1(1): 101-105.
- MATOS, F. D. A. & F. F. KIRCHNER, 2008. Estimativa de biomassa da floresta ombrófila densa de terra firme na Amazônia Central com o satélite Ikonos II. **Floresta** 38(1): 157-171.
- MAVISOY, H. M., 2013. **Estoques de carbono em floretas, capoeiras e sistemas agroflorestais da Amazônia oriental**: 1-64. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís.
- MONTAGNINI, F. & P. K. R. NAIR, 2004. Carbon sequestration: an underexploited environmental benefit of agroforestry systems. **Agroforestry Systems** 61: 281-295. DOI: <https://doi.org/10.1023/B:AGFO.0000029005.92691.79>.
- MURILLO, M. A., 1997. Almacenamiento y fijación de Carbono en ecosistemas forestales. **Revista Forestal Centroamericana** 6(19): 9-12.
- OLIVEIRA, J. S. R. & O. R. KATO, 2010. **Território de exceção**: experiências do agricultor inovador Pedro Araújo e família na comunidade de Monte Sião: 1-19. APEPA, São Domingos do Capim.
- OSTERROOHT, von M., 2002. Manejo de Sistemas Agroflorestais – SAF's. **Agroecologia** 15: 12-13.
- PEREIRA, C. P., 2001. **Avaliação da biomassa acumulada em áreas de vegetação secundária "capoeira" enriquecida com árvores leguminosas, no nordeste do estado do Pará**: 1-36. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém.
- PORRO, R., R. P. MILLER, M. R. TITO, J. A. DONOVAN, J. L. VIVAN, R. TRANCOSO, R. F. VAN KANTEN, J. E. GRIJALVA, B. L. RAMIREZ & A. L. GONÇALVES, 2012. Agroforestry in the Amazon region: a pathway for balancing conservation and development. In: P. K. R. NAIR & D. GARRITY (Ed.): **Agroforestry: the future of global land use**: 391-428. Springer (Advances in Agroforestry, 9), Dordrecht.
- QUEIROZ, J. A. L. & S. MOCHIUTTI, 2000. **Diversidade florestal em sistemas agroflorestais, com açazeiro no estuário amazônico**: 147-149. EMBRAPA Amazônia Ocidental, Manaus.
- SANTOS, S. R. M., I. S. MIRANDA & M. M. TOURINHO, 2004. Estimativa de biomassa de sistemas agroflorestais das várzeas do rio Juba, Cametá, Pará. **Acta Amazonica** 34(1): 1-8. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672004000100001>.
- SMITH, N., J. DUBOIS, D. CURRENT, E. LUTZ & C. CLEMENT, 1998. **Agroforestry experiences in the Brazilian Amazon**: constraints and opportunities: 1-146. Pilot Programme to Conserve the Brazilian Rain Forest/World Bank, Brasília.
- SOUGATA, B. & J. SHIBU, 2012. Agroforestry for biomass production and carbon sequestration: an overview. **Agroforestry Systems** 86(2): 105-111. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-012-9573-x>.
- THIBAU, C. E., 2000. **Produção sustentada em florestas**: conceitos e tecnologias, biomassa energética, pesquisas e constatações: 1-512. CVRD, Belo Horizonte.
- TSUCHIYA, A. & M. HIRAOKA, 1999. Forest biomass and wood consumption in the lower course of the Amazon: a case study of the Urubuera Island. **Acta Amazonica** 29(1): 79-95.
- VIEIRA, T. A., L. S. ROSA, P. C. S. VASCONCELOS, M. M. SANTOS & R. S. MODESTO, 2007. Sistemas agroflorestais em áreas de agricultores familiares em Igarapé-Açu, Pará: caracterização florística, implantação e manejo. **Acta Amazonica** 37(4): 549-557. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672007000400010>.
- VILLA, P. M., S. V. MARTINS, L. MONSANTO, S. N. OLIVEIRANETO & N. M. CANCIO, 2015. La agroforestería como estrategia para la recuperación y conservación de reservas de carbono en bosques de la Amazonía. **Bosque** 36(3): 347-356. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002015000300002>.

O ponto de equilíbrio na assimilação de carbono em sistemas agroflorestais nos municípios de Cametá e Tomé-Açu, no estado do Pará, Brasil

The balance point on carbon assimilation in agroforestry systems in the municipalities of Cametá and Tomé-Açu, State of Pará, Brazil

Silvio Roberto Miranda dos Santos¹, Osvaldo Ryohei Kato^{II}, Manoel Malheiros Tourinho¹,
José Felipe Souza de Almeida¹, Beatriz Lopes Pereira¹

¹Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, Pará, Brasil

^{II}Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Belém, Pará, Brasil

Resumo: O estudo objetivou avaliar o ponto de equilíbrio entre fatores bióticos e abióticos na assimilação de carbono em sistemas agroflorestais (SAF), nos municípios de Cametá (SAF-CM) e de Tomé-Açu (SAF-TA), no estado do Pará. Utilizou-se oito parcelas de 50 m x 50 m, onde foram medidos o diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura (H) de todos os indivíduos (n) com DAP \geq 5 cm. Para determinar o estoque de carbono (EC) contido na biomassa seca, a vegetação dos SAF foi dividida em açaí (*Euterpe oleracea*), cacau (*Theobroma cacao*) e árvores (espécies florestais). Foram inventariados, em média, 2.458 n/ha nos SAF-CM e 1.249 n/ha nos SAF-TA, sendo açaí e cacau as espécies mais importantes. O EC foi maior nas árvores tanto nos SAF-CM quanto nos SAF-TA. A modelagem matemática presa-predador nas populações de carbono e de plantas nos SAF demonstrou elevado número de ponto de equilíbrio, que, na prática, seria o melhor momento para conduzir um plano de manejo. O modelo mostrou-se apto e adequado na avaliação da interação e do ponto de equilíbrio entre as populações (carbono e plantas). Os resultados ratificam os SAF como uma alternativa de produção sustentável do ponto de vista ambiental e socioeconômico para a região e para a Amazônia.

Palavras-chave: Relações sistêmicas. Modelo presa-predador. Biomassa.

Abstract: The objective of this study was to evaluate the equilibrium between biotic and abiotic factors in the assimilation of carbon in agroforestry systems (SAF), in the municipalities of Cametá (SAF-CM) and of Tomé-Açu (SAF-TA), State of Pará. Eight plots of 50 m x 50 m were used, where the diameter at breast height (DBH) and height (H) of all individuals (n) with DBH \geq 5 cm were measured. To determine the Carbon Stock (EC) contained in the dry biomass, the vegetation of the SAF was divided into: açaí (*Euterpe oleracea*), cacao (*Theobroma cacao*) and trees (forest species). In an average of 2,458 n/ha in SAF-CM and 1,249 n/ha in SAF-TA, açaí and cacao were the most important species. In both SAF-CM and SAF-TA, the EC was higher in the trees. Prey-predator mathematical modeling in carbon and plant populations in SAF demonstrated a high number of break-even points, which in practice would be the best time to conduct a management plan. The model proved to be apt and adequate in the evaluation of the interaction and equilibrium point between the populations (carbon and plants). The results confirm the SAF as an alternative of sustainable production from the environmental and socioeconomic point of view for the region and the Amazon.

Keywords: Systemic relations. Prey-predator model. Biomass.

SANTOS, S. R. M., O. R. KATO, M. M. TOURINHO, J. F. S. ALMEIDA & B. L. PEREIRA, 2019. O ponto de equilíbrio na assimilação de carbono em sistemas agroflorestais nos municípios de Cametá e Tomé-Açu, no estado do Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 14(1): 43-54.

Autor para correspondência: Silvio Roberto Miranda dos Santos. Universidade Federal Rural da Amazônia. Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos (ISARH). Projeto Várzea. Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501 – Terra Firme. Belém, PA, Brasil. CEP 66077-830 (silvio.santos@ufra.edu.br, silviormsantos@gmail.com).

Recebido em 08/06/2017

Aprovado em 27/09/2018

Responsabilidade editorial: Fernando da Silva Carvalho Filho



INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, evidenciou-se a mudança climática global e seus efeitos, causados por diversas atividades antrópicas, o que foi ratificado pelo aumento e pela frequência de fenômenos naturais, como secas, tempestades, degelo nos polos etc. (Santos *et al.*, 2004). Diante disso, Sougata & Shibu (2012) afirmam ser urgente a mudança nos atuais paradigmas de consumo e a definição de uma nova matriz de desenvolvimento, comprometida em minorar perdas ambientais e socioeconômicos decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

Perante às discussões em torno da necessidade de adequação das atividades produtivas aos conceitos e princípios de sustentabilidade, os sistemas agroflorestais (SAF) têm sido considerados uma das alternativas de uso do solo e de recuperação ambiental (Fassbender, 1993), exatamente porque favorecem a resiliência e a estabilidade (Santos *et al.*, 2004; Porro *et al.*, 2012), além de apresentarem o maior ativo em biomassa (Osterrooht, 2002), colocando-se como sistemas aptos a contribuir para a produção, a assimilação e o estoque de carbono, reduzindo a ação deste elemento na forma de gás carbônico (CO_2), um dos principais gases de efeito estufa (GEE) presentes na atmosfera (Dias *et al.*, 2015; Villa *et al.*, 2015).

Na região amazônica, devido à dinâmica da sucessão vegetal e à diversidade natural, a classificação dos SAF pode ser muito variada. Smith *et al.* (1998) os classificaram como SAF-tradicional – cultivado por comunidades tradicionais – e SAF-comercial – cultivado com planejamento e praticado sob orientação e assistência técnica.

A biomassa vegetal de um ecossistema, seja natural e/ou antrópico, é um importante indicador para monitorar a exportação de nutrientes da vegetação e do solo, bem como para nortear iniciativas que visam minimizar impactos ambientais de atividades antrópicas com efeitos potencializadores para a produção de GEE (Higuchi *et al.*, 1998; Ketterings *et al.*, 2001). A biomassa pode ser determinada pelos métodos: a) direto (destrutivo), mais acurado e eficaz, onde geralmente são

usadas poucas e pequenas parcelas, e b) indireto (não destrutivo), mais rápido e extensivo, pois utiliza variáveis como o diâmetro e a altura (Higuchi *et al.*, 1998; Hairiah *et al.*, 2001; Dallagnol *et al.*, 2011).

Com o escopo de orientar iniciativas que busquem minimizar impactos ambientais, a teoria geral dos sistemas (TGS) pode ser uma ferramenta relevante a ser mobilizada, pois coloca à disposição da comunidade científica elementos, processos e padrões encontrados na biologia. Entretanto, a TGS não visa resolver problemas e dar soluções imediatas, mas produzir modelos e experiências que possam criar condições aplicáveis à realidade (Bertalanffy, 1968). A TGS conduz à noção de natureza absoluta: biótipo (geográfica ou território) + biocenose (interações entre seres vivos). Tais interações podem ser alteradas pela antropia em ambas as dimensões do ecossistema (Pena-Vega, 2003). Daí a importância das equações diferenciais simultâneas (EDS) para aferição de valores interativos, como nas relações de troca nas quais há incessante conexão entre a parte e o todo (Bertalanffy, 1975).

Dessa forma, o modelo presa-predador de Lotka-Volterra, criado independentemente por Lotka em 1925 e por Volterra em 1926 (Lütz, 2011), é de grande importância para os estudos da modelagem matemática de sistemas ecológicos. Trata-se de uma EDS não linear de primeira ordem, comumente usada para descrever dinâmicas nos sistemas biológicos, como preconiza a TGS (Bertalanffy, 1975), quando duas espécies interagem: uma como presa e outra como predadora, que coexistem com a competição, mesmo explorando uma a outra para sobreviverem (Odum *et al.*, 1987; Lütz, 2011).

Alguns sistemas criam e apresentam repetidas oscilações. A qualquer momento, as quantidades aumentam ou diminuem. Um exemplo simples desse sistema é o modelo presa-predador de Lotka-Volterra (Odum *et al.*, 1987). Quando essas quantidades são iguais em tamanho absoluto ou são igualmente proporcionais, não oscilam, gerando a estabilidade física ou numérica, então ocorre o ponto de equilíbrio. A partir desse ponto, é possível observar

e diferenciar a evolução das populações (presa e predadora). Em um sistema oscilante: quando cresce a presa também cresce a predadora e quando decresce a presa também decresce a predadora (Chase *et al.*, 2014). O modelo estabelece que o número de indivíduos de cada espécie evolui com o passar do tempo e chega ao seu nível 'ótimo' – o qual se traduz graficamente no ponto de equilíbrio, de acordo com o sistema simultâneo e diferencial (Lütz, 2011). Então, o modelo Lotka-Volterra é uma consequência da lei de equilíbrio. Se definirmos $N(t)$ como o número (ou densidade) de presas e $P(t)$ como o número (ou densidade) de predadores, o modelo apresenta uma situação em que existem duas espécies que convivem - uma é presa e outra é predadora -, representada pelo conjunto de equações 1 e 2:

$$\begin{array}{l} (1) \\ \frac{dx}{dt} = ax - bxy \end{array} \qquad \begin{array}{l} (2) \\ \frac{dy}{dt} = -cy + dxy \end{array}$$

Nas equações, x é a população presa e y é a população predadora; a é a taxa de crescimento (ou de natalidade) da população presa; b é a taxa de decrescimento (ou de mortalidade) da população presa; c é a taxa de crescimento (ou de natalidade) da população predadora e d é a taxa de decrescimento (ou de mortalidade) da população predadora. Na equação 1 (presa), o termo ax indica que as presas crescerão de modo exponencial na ausência de predadores e o termo $-bxy$ implica a redução das presas por ação dos predadores. Na equação 2 (predador), o termo $-cy$ indica que a população de predadores decai exponencialmente na ausência de presas, e o termo dxy indica que a perda de presas leva à produção de novos predadores (Lütz, 2011).

No contexto ecológico e dos ecossistemas, o modelo Lotka-Volterra, apesar de ser simples, retrata a dinâmica de presas e de predadores, e capta a existência de oscilações ou de periodicidade. Nesse modelo, a dinâmica aumenta e diminui, descrevendo uma trajetória ou órbita fechada, onde as populações evoluem, percorrendo a

curva no espaço e no tempo, retornando à posição inicial – o sistema é, portanto, periódico (Odum *et al.*, 1987; Chase *et al.*, 2014). Neste estudo, o modelo foi utilizado com pioneirismo e vanguarda metodológica para analisar as interações entre organismo vivo (planta) e elemento químico (carbono), resultantes tanto de atividades naturais (fotossíntese) quanto antrópicas (desmatamento, agricultura, queima de combustíveis fósseis). Assim, o modelo foi adaptado para esta pesquisa: a presa é o carbono e o predador é a planta (cultivada em SAF).

Considerando-se que os SAF podem desempenhar importante papel, por meio da redução de agravos ambientais e utilizando-se o modelo presa-predador de Lotka-Volterra, para a avaliação da evolução de populações, este trabalho teve como objetivos: a) determinar o estoque de carbono (EC) e b) avaliar o ponto de equilíbrio (PE) na assimilação de carbono nos SAF, implantados nos municípios de Cametá e Tomé-Açu, no estado do Pará.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado nos municípios de Cametá e Tomé-Açu, ambos pertencentes à mesorregião do nordeste paraense (Figura 1). Cametá está a 184 km de Belém, ocupa uma área de quase 3.122,9 km² e apresenta as seguintes coordenadas geográficas: 02° 14' 40" S e 49° 29' 45" W. O clima é quente e úmido, do tipo Ami, conforme a classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 26,5 °C, com mínima de 22 °C e máxima de 31 °C. A umidade relativa do ar é de 85%. A pluviosidade média anual é de 2.375 mm, maior entre janeiro a maio e menor entre junho a dezembro (IBGE, 2012). Tomé-Açu, por sua vez, está a 208 km de Belém, ocupa uma área de quase 5.145,4 km², com as seguintes coordenadas geográficas: 02° 40' 54" S e 48° 16' 11" W. O clima é quente e úmido, do tipo Ami, conforme a classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 26,8 °C, com mínima de 21 °C e máxima de 33 °C. A umidade relativa do ar é de 85%. A pluviosidade média anual é de 2.362 mm, maior entre dezembro a maio e menor entre junho a novembro (IBGE, 2012).

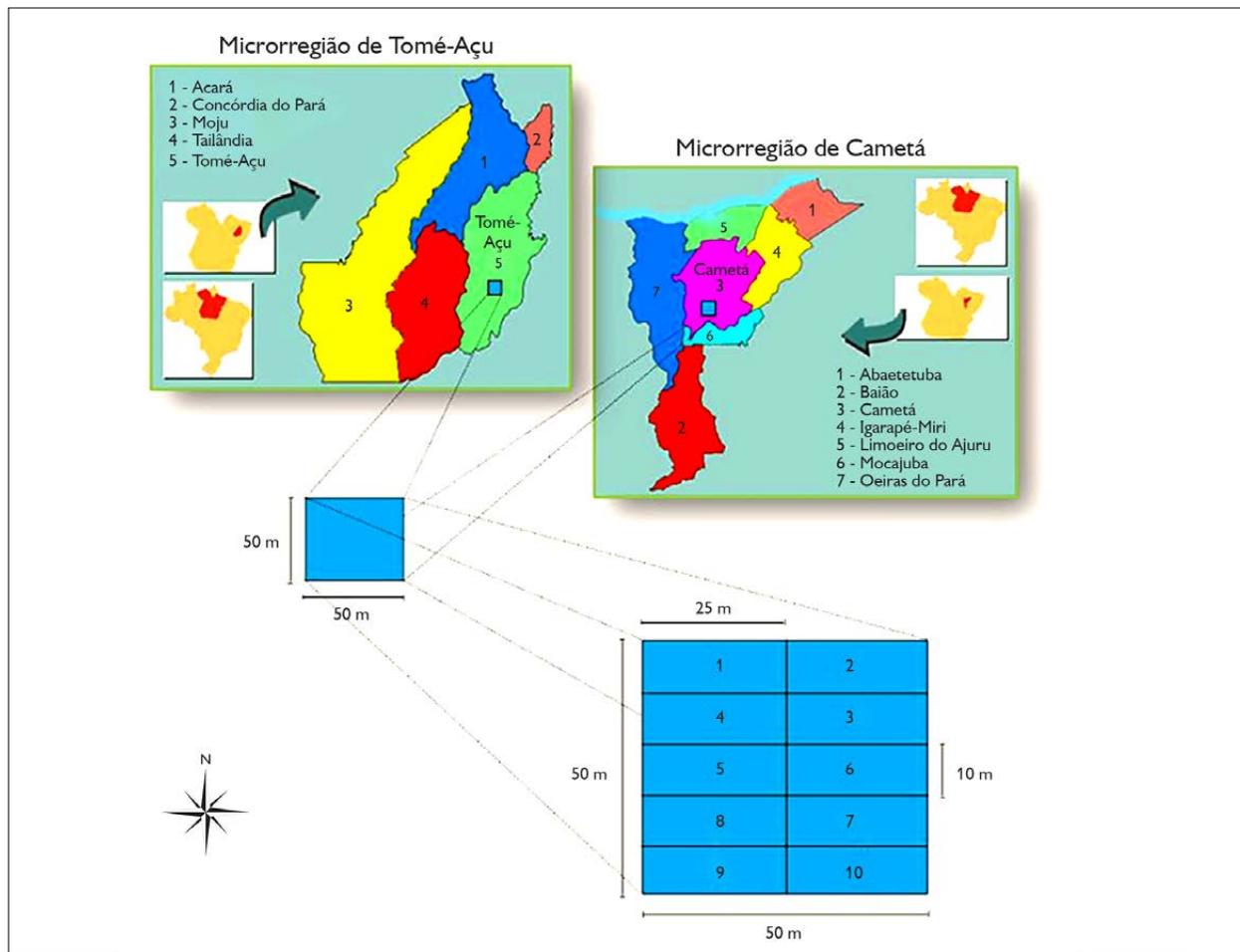


Figura 1. Áreas dos estudos nos municípios de Cametá e de Tomé-Açu, no estado do Pará. Fonte: Santos *et al.* (2019, p. 33).

O SAF-tradicional é o que melhor caracteriza o que verificamos em Cametá, originado a partir do manejo da floresta natural já explorada, que apresenta cobertura vegetal em torno de 50% da área e sub-bosque relativamente aberto, com muitas palmeiras e arbustos, enriquecido com espécies frutíferas (principalmente *Euterpe oleracea* Mart. e *Theobroma cacao* L.). Esses SAF são submetidos a manejo moderado e esporádico, que visa minimizar impactos no meio ambiente e na área de produção, consistindo em desbastes de açaizeiros de indivíduos mais velhos cuja produção de frutos está reduzindo (aproveitados na produção de palmitos), além de corte de cipós e de espécies invasoras indesejáveis, coletas de sementes, frutos, óleos,

cascas e ervas para fins medicinais e uma eventual extração de madeira para uso na propriedade (Santos *et al.*, 2004).

O SAF-comercial, por sua vez, é o que melhor caracteriza o que observamos em Tomé-Açu, sendo o sistema de uso da terra mais comum entre os agricultores nipo-brasileiros da região, uma referência de eficiência técnica, produtividade e viabilidade socioeconômica. Ele começou a ser cultivado em substituição ao monocultivo de pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.), após o colapso na produção dos pimentais, praticamente dizimados pela fusariose, doença causada pelo fungo *Fusarium solani* f. sp. *piperis*, que surgiu na década de 1950 e devastou a região, com ápice na década de 1970 (Homma, 2006).

Os agricultores destacam o apoio da Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-Açu (CAMTA) na implantação e na condução dos SAF, os quais são submetidos a manejo intensivo, que visa condicionar a área para o incremento das espécies mais importantes para comercialização (Barros, 2009). Esses SAF apresentam algumas particularidades na sua implantação, como a sequência de plantio: pimentado-reino, maracujá (*Passiflora edulis* Sims), cultura de ciclo curto, frutíferas arbustivas, frutíferas palmeiras, frutíferas arbóreas e espécies florestais (Homma, 2006).

Foram selecionadas oito propriedades com cultivo em SAF com diferentes idades, sendo quatro localizadas em Cametá – com dez, 11, 13 e 14 anos, respectivamente, SAF.1-CM, SAF.2-CM, SAF.3-CM e SAF.4-CM – e quatro em Tomé-Açu – com três, nove, 15 e 21 anos, respectivamente, SAF.1-TA, SAF.2-TA, SAF.3-TA e SAF.4-TA. A média de idade desses SAF é de 12 anos. Nessas unidades, foram inventariadas três parcelas amostrais de 50 m x 50 m, em um total de doze parcelas, divididas em dez subparcelas de 10 m x 25 m (Figura 1), onde foram medidos, com fita diamétrica, o diâmetro à altura do peito (DAP) e, com vara de altura, a altura total (H) de todos os indivíduos com DAP \geq 5 cm. Todos os dados foram anotados em planilha de campo.

A análise florística foi realizada por meio da identificação de espécies, sendo que a análise da estrutura seguiu as recomendações de Brower *et al.* (1998), avaliada pela abundância ($N = n_i$, onde: n_i é o número de indivíduos da espécie), calculada em indivíduo (n_i) por unidade de área (ha). Então, temos: indivíduo por hectare (n_i/ha).

Para avaliar o EC contido na biomassa seca (BS) acima do solo, a vegetação dos SAF foi dividida em três componentes: açai (*Euterpe oleracea* Mart.), cacau (*Theobroma cacao* L.) e árvores (espécies florestais). A BS foi determinada pelo método indireto, por meio das equações alométricas criadas por Bartelt *et al.* (2000): $BS = \exp(-0,0550 + 0,0451 \times DAP)$ e $BS = \exp(-0,0470 + 0,0750 \times DAP)$, respectivamente, BS de folhas e de estipes de açai; $BS = \exp(-1,3200 + 0,0566 \times DAP)$ e $BS = \exp(0,0320 + 0,0810 \times DAP)$, respectivamente, BS de folhas e do lenho

de cacau e $BS = \exp(-0,7600 + 0,1242 \times DAP)$ e $BS = \exp(0,2040 + 0,3129 \times DAP)$, respectivamente, BS de folhas e do lenho de árvores. O termo lenho engloba as partes aéreas das plantas: fuste, galhos e cascas.

A BS foi calculada em unidade de peso (t) por unidade de área (ha), para, depois, determinar o carbono (C) contido na BS (t C/ha). O EC em diversos estudos realizados em áreas naturais ou antrópicas tem sido obtido pela multiplicação da BS total (BS em cada parte da planta) por um fator igual a 0,45, pois, segundo a literatura especializada, em média, ela contém cerca de 45% de carbono, variando entre 0,43 a 0,48 (Higuchi *et al.*, 1998), sendo possível usar o fator 0,50, pois, conforme estudos do *Intergovernmental Panel On Climate Change* (Penman *et al.*, 2003) e de Montagnini & Nair (2004), esta seria a quantidade de carbono contida na biomassa vegetal. Neste estudo, optou-se pelo fator 0,45, por ter sido observado em pesquisas realizadas com espécies nativas da Amazônia (Higuchi & Carvalho Jr., 1994; Higuchi *et al.*, 1998).

O modelo presa-predador de Lotka-Volterra é frequentemente usado para avaliar a interação entre populações de seres vivos (bióticas), por exemplo: tubarão x peixes. Utilizá-lo para avaliar a interação entre componentes abiótico (carbono) e biótico (planta) foi, a princípio, um desafio. Entretanto, julgamos que a ciência e os métodos avançam assim. Havia, no entanto, algumas incertezas: o modelo produziria resultados coerentes e confiáveis? O carbono não tem eventos naturais de nascimento e de mortalidade. Assim, o 'nascimento' do carbono foi considerado pela produção natural ou por atividades antrópicas e a 'mortalidade', pela assimilação de carbono por plantas, via fotossíntese. A partir dessa conjectura, passamos a considerar o carbono como a 'população presa' e as plantas, a 'população predadora'.

Então, para a aplicação do modelo Lotka-Volterra, a 'presa' foi representada pelo EC e o 'predador' pelo número de plantas (açai, cacau e árvores) encontradas nos SAF-CM e SAF-TA. A análise foi realizada no *Matrix Laboratory* (MATLAB), que é um *software* interativo

direcionado para cálculos numéricos e gráficos científicos, seu ponto forte é a manipulação e o cálculo de autovalores e de autovetores, os cálculos e a fatoração de matrizes, a resolução de sistemas lineares e de equações diferenciais (Farina & Posser, 2015). O modelo ficou assim representado:

$$\begin{matrix} \text{PRESA} \\ \text{(Carbono)} \end{matrix} \quad \times \quad \begin{matrix} \text{PREDADOR} \\ \text{(Plantas)} \end{matrix}$$

$$\frac{\partial \text{Carbono}}{\partial t} = \text{Emissão} \times \text{Carbono} - \text{Absorção} \times \text{Plantas}$$

$$\frac{\partial \text{Plantas}}{\partial t} = - \text{Plantio} \times \text{Plantas} + \text{Desbaste} \times \text{Carbono}$$

Onde:

a) taxa de crescimento da população presa = emissão de carbono atmosférico;

b) taxa de decréscimo da população presa = absorção de carbono atmosférico;

c) taxa de crescimento da população predadora = plantio nos SAF;

d) taxa de decréscimo da população predadora = desbaste (corte, quedas etc.) nos SAF.

Este estudo não teve desígnio comparativo entre os SAF tradicional e comercial, nem buscou mostrar qual sistema seria o melhor ou o pior, mas sim a capacidade produtiva e a sua contribuição ambiental, através do EC e de interação das populações, demonstrada a partir da utilização do modelo presa-predador, configurado na apresentação dos eventos dos pontos de equilíbrio. O artigo, todavia, considerou algumas analogias e particularidades desses SAF, visando contribuir com a condução e o manejo desses importantes sistemas de uso a terra, orientando-os.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos SAF estudados em Cametá – SAF-CM 1, 2, 3 e 4 –, foi inventariado total de 9.832 n_i/ha (média de 2.458 n_i/ha) e, nos de Tomé-Açu – SAF-TA 1, 2, 3 e 4 –, total de 4.996 n_i/ha (média de 1.249 n_i/ha), com DAP ≥ 5 cm (Tabela 1).

Tabela 1. Número de plantas (N) e estoque de carbono (EC) encontrados em sistemas agroflorestais (SAF), estudados nos municípios de Cametá e de Tomé-Açu, no estado do Pará. As variáveis EC (t/ha) e N (n_i/ha) representam, respectivamente, a presa e o predador para análise do ponto de equilíbrio, utilizando-se o modelo presa-predador de Lotka-Volterra entre as populações desses SAF. Legendas: M = médias; e = erro padrão da média.

-	N (n _i /ha)											
	SAF-CM						SAF-TA					
	1	2	3	4	M	e	1	2	3	4	M	e
Açaí	1.872	1.484	1.352	504	1.303	15,97	171	95	543	520	332	12,75
Cacau	68	496	984	1.380	732	21,13	1.044	472	1.123	651	823	10,87
Árvores	572	408	284	428	423	5,74	101	89	105	83	95	1,05
Total	2.512	2.388	2.620	2.312	2.458	42,84	1.316	656	1.771	1.253	1.249	24,67
-	EC (t/ha)											
	SAF-CM						SAF-TA					
	1	2	3	4	M	e	1	2	3	4	M	e
Açaí	2,81	2,24	2,02	0,78	1,96	0,05	0,24	0,14	0,86	0,86	0,53	0,05
Cacau	0,07	0,48	1,00	1,34	0,72	0,05	1,11	0,85	1,66	0,99	1,15	0,03
Árvores	78,65	36,17	42,83	61,41	54,77	2,07	10,36	22,91	25,08	31,21	22,39	2,00
Total	81,53	38,89	45,85	63,53	57,45	2,17	11,71	23,91	27,60	33,06	24,07	2,08



Nos SAF-CM, o açaí representou 53,0% dos indivíduos, o cacau, 29,8% e as árvores, 17,2%; enquanto que, nos SAF-TA, o açaí representou 26,6% dos indivíduos, o cacau, 65,8% e as árvores, 7,6% (Figura 2).

O EC médio contido na BS acima do solo em relação à vegetação localizada nos SAF-CM foi de 1,86 t/ha para o açaí (3,4%), de 0,72 t/ha para o cacau (1,3%) e de 54,77 t/ha para as árvores (95,3%), enquanto que, nos SAF-TA, foi de 0,53 t/ha para o açaí (2,2%), de 1,15 t/ha para o cacau (4,8%) e de 22,39 t/ha para as árvores (93,0%) (Tabela 1). O EC nos SAF-CM foi mais que o dobro em comparação com o encontrado nos SAF-TA. A diferença observada entre o EC dos SAF estudados pode estar relacionada ao manejo adotado nessas áreas e ao maior número de árvores, componente que aporta mais biomassa e, conseqüentemente, estoca mais carbono. Todavia, Murillo (1997) avalia que seria inadequado comparar qual tipo de sistema estocaria mais carbono, se o natural ou o plantado.

Ademais, seria natural considerarmos que os resultados decorram de agroecossistemas tradicionais originados de uma capoeira, por exemplo, como os SAF-CM, por se tratar de povoamentos vegetais estabelecidos, maduros e, em alguns casos, em estado clímax, os quais, de certa forma, ainda mantêm parte da fisionomia, da estrutura e da fisiologia da vegetação original.

Para avaliar o ponto de equilíbrio entre as populações de presas e de predadores nos SAF-CM e SAF-TA, foram utilizados os resultados apresentados na Tabela 1, empregados no processamento dos dados no modelo presa-predador no *software* MATLAB.

Nos SAF-CM, no primeiro ano de manejo, 1991 (SAF-1), 1990 (SAF-2), 1988 (SAF-3) e 1987 (SAF-4), a população de plantas (predador) era menor em relação à de carbono (presa), mas é notável a evolução na taxa de crescimento a partir do ano seguinte: 1992 (SAF-1), 1991 (SAF-2), 1989 (SAF-3) e 1988 (SAF-4), sendo maior na população predadora, com destaque para os SAF 1 e 4, começando a ocorrer taxa de decréscimo (redução)

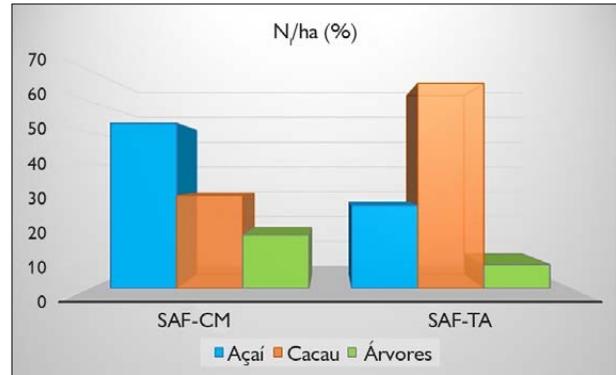


Figura 2. Abundância (n/ha) de espécies encontradas em sistemas agroflorestais (SAF) estudados nos municípios de Cametá (SAF-CM) e de Tomé-Açu (SAF-TA), no estado do Pará.

na presa. As duas populações chegam ao equilíbrio: SAF-1 em meados do ano de 1991, SAF-2 em meados de 1990, SAF-3 no final de 1988 e SAF-4 no final de 1987. Um novo ponto de equilíbrio foi observado no SAF-1 em meados dos anos 2000, no SAF-2 em meados de 1997, no SAF-3 em meados de 1995 e no SAF-4 no final de 1995 (Figura 3).

Como o modelo presa-predador é um sistema que apresenta oscilações, ora aumenta ora diminui, existem períodos ou intervalos de tempo nos eventos de equilíbrio: no SAF-1 em 1991 e 2000, no SAF-2 em 1990 e 1997, no SAF-3 em 1988 e 1995 e no SAF-4 em 1987 e 1995, havendo projeção gráfica de novos eventos entre 2001-2010 (SAF-1), 1997-2004 (SAF-2), 1995-2002 (SAF-3) e 1995-2003 (SAF-4). A defasagem na evolução das populações foi de cerca de seis meses nos SAF 1, 3 e 4 e de um ano no SAF-2, com média de 7,5 meses (Figura 3).

Analisando-se a evolução das populações de presa e de predador, nota-se que chegaram ao ponto máximo (ápice), respectivamente, com valores absolutos: no SAF-1, de 110.000 e 135.000 e equilíbrio em 75.000; no SAF-2, de 70.000 e 90.000 e equilíbrio em 50.000; no SAF-3, de 75.000 e 95.000 e equilíbrio em 53.000; e no SAF-4, de 95.000 e de 125.000 e equilíbrio em 65.000, sendo sempre maior a evolução da população predadora (Figura 3).

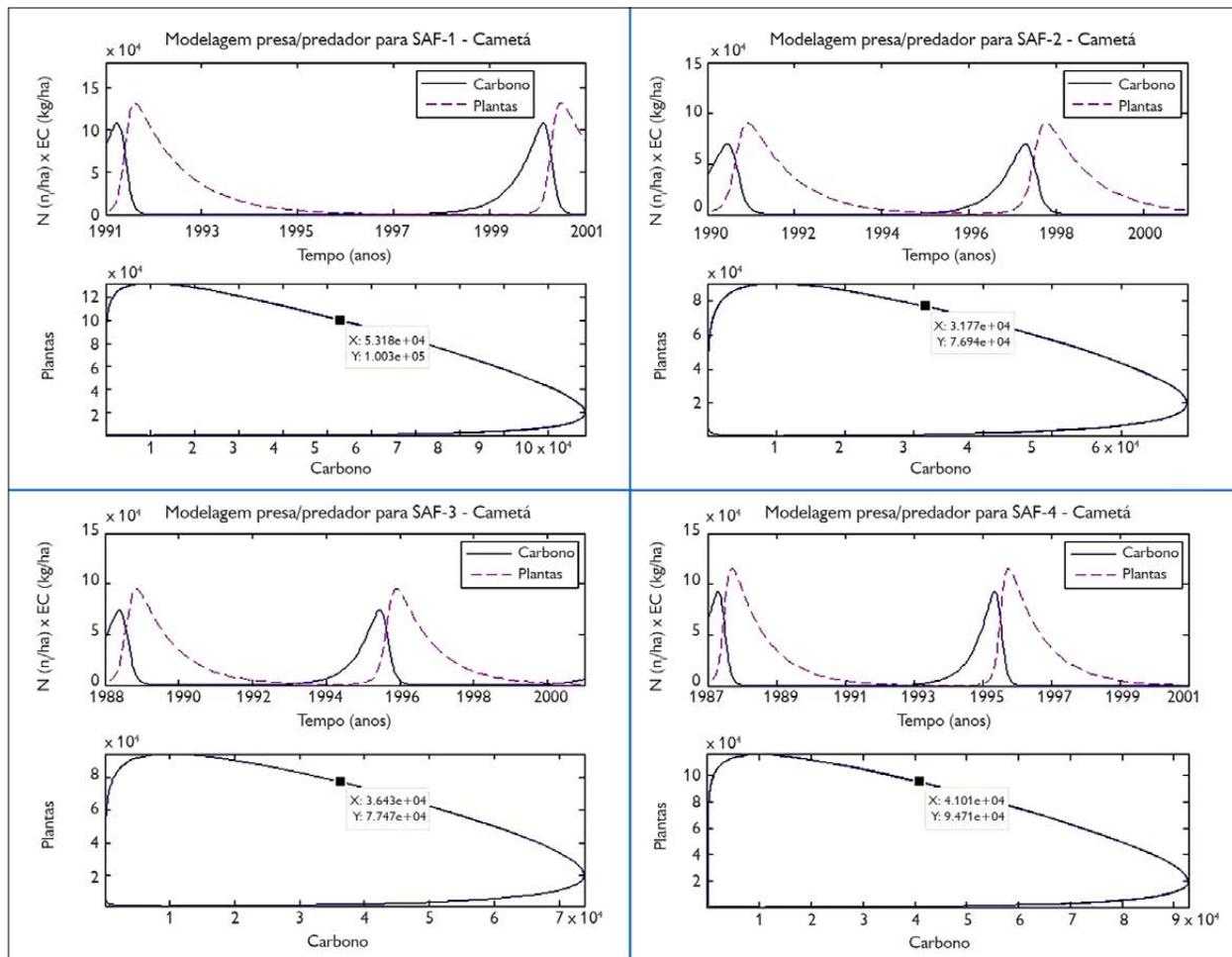


Figura 3. Modelagem da interação e do ponto de equilíbrio na assimilação de carbono em sistemas agroflorestais (SAF) estudados no município de Cametá, Pará, utilizando as equações diferenciais simultâneas (EDS), modelo presa-predador de Lotka-Volterra.

Na parte inferior do gráfico, uma elipse (trajetória) mostra a relação numérica entre as populações (concentração) nos SAF-CM, onde o ponto de equilíbrio foi obtido nos intervalos já evidenciados, nos respectivos valores absolutos: no SAF-1, foi de 53.180 kg C e 100.300 n_i, em 1996; no SAF-2, de 31.770 kg C e 76.940 n_i, em 1995; no SAF-3, de 36.430 kg C e 77.470 n_i, em 1994; e no SAF-4, de 41.010 kg C e 94.710 n_i, em 1993 (Figura 3).

A assimilação de carbono foi maior no período de 1991-1993 (maior evento) e de 2000-2001 no SAF-1, de 1991-1992 e 1997-1998 no SAF-2, de 1989-1990 e 1996-1997 no SAF-3 e de 1998-1999 e 1996-1997 no SAF-4.

O ano de 1997 foi mais propício à assimilação de carbono nos SAF-CM e no biênio 1996-1997, com registro em dois SAF (Figura 3).

Nos SAF-TA, no primeiro ano de manejo, 2012 (SAF-1), 2006 (SAF-2), 2000 (SAF-3) e 1994 (SAF-4), a população de plantas (predador) era menor em relação à de carbono (presa), mas nota-se evolução na taxa de crescimento a partir do ano seguinte: 2013 (SAF-1), 2007 (SAF-2), 2001 (SAF-3) e 1995 (SAF-4), sendo maior na população predadora, com destaque para os SAF 2 e 4, começando a ocorrer taxa de decréscimo (redução) na presa, com pequeno acréscimo no SAF-3 em meados de 2014. As duas populações chegam

ao equilíbrio: SAF-1 no início do ano de 2013, SAF-2 no início de 2007, SAF-3 no início de 2001 e SAF-4 no início de 1995. O SAF-1 só apresentou um evento de equilíbrio, devido à pouca idade (três anos). Porém, nos demais SAF, novo ponto de equilíbrio foi observado no SAF-2 em meados do ano de 2014, no SAF-3 em meados de 2007 e no SAF-4 no início de 2002. Além disso, outro ponto de equilíbrio foi observado nos SAF mais velhos (15 e 21 anos): no SAF-3 no início do ano de 2014 e no SAF-4 em meados de 2009 (Figura 4).

O modelo presa-predador é oscilante, dessa forma apresenta variações observadas nos intervalos de tempo e nos eventos de equilíbrio: no SAF-1 em 2013, no SAF-2 em 2007 e 2014, no SAF-3 em 2001, 2007 e 2014 e no

SAF-4 em 1995, 2002 e 2009, havendo projeção gráfica de novos eventos entre 2015-2018 (SAF-1), 2014-2021 (SAF 2 e 3) e 2009-2016 (SAF-4). A defasagem na evolução das populações foi de cerca de seis meses no SAF-1 e de um ano nos SAF 2, 3 e 4, com média de 10,5 meses (Figura 4).

Na análise do ápice da evolução das populações de presa e de predador, observou-se, respectivamente: no SAF-1, de 60.000 e 85.000 e equilíbrio em 51.000; no SAF-2, de 90.000 e 115.000 e equilíbrio em 65.000; no SAF-3, de 70.000 e 95.000 e equilíbrio em 48.000; e no SAF-4, de 80.000 e de 100.000 e equilíbrio em 63.000, sendo sempre maior a evolução da população de plantas (Figura 4).

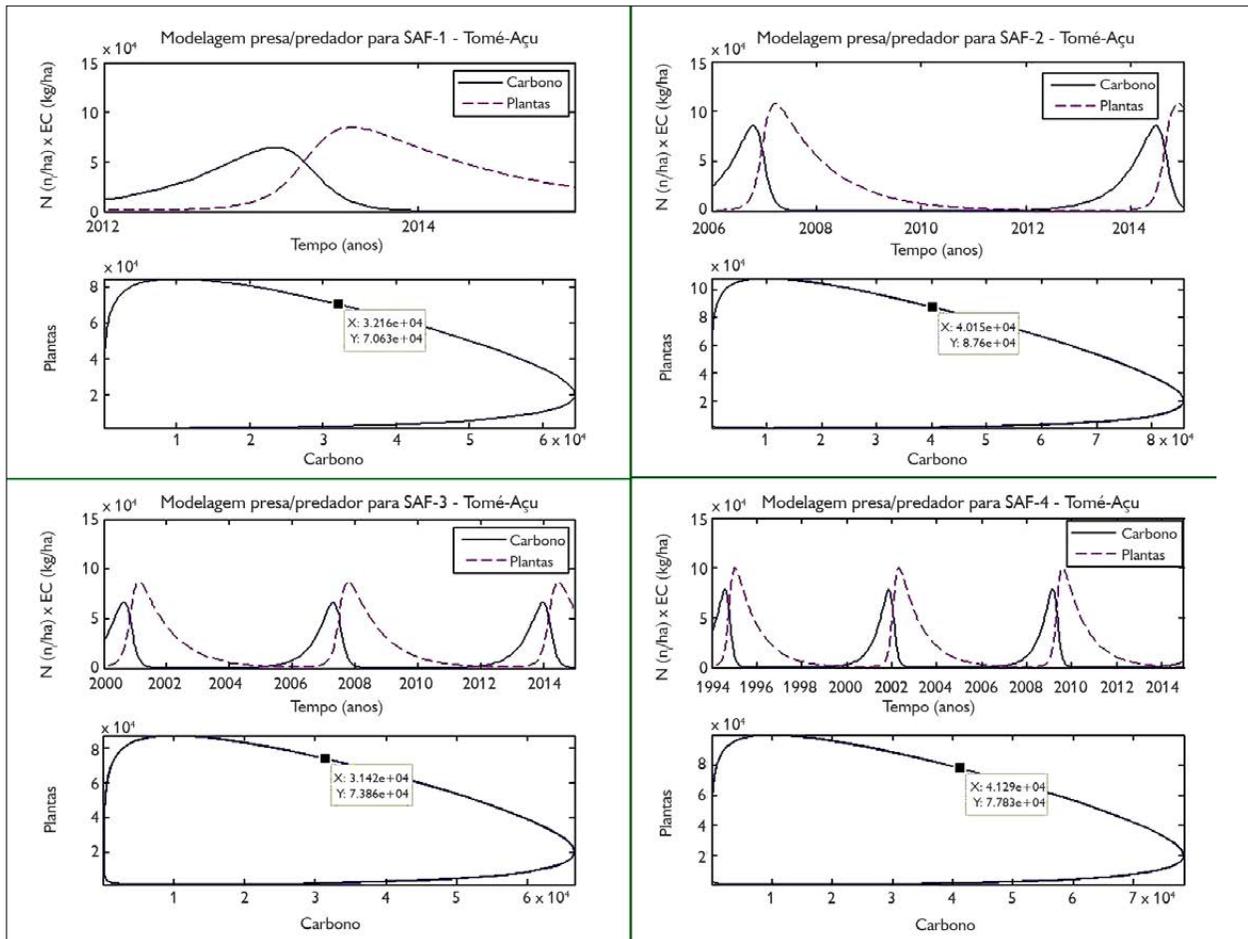


Figura 4. Modelagem da interação e do ponto de equilíbrio na assimilação de carbono em sistemas agroflorestais (SAF) estudados no município de Tomé-Açu, Pará, utilizando as equações diferenciais simultâneas (EDS), modelo presa-predador de Lotka-Volterra.

A trajetória mostra graficamente a relação numérica entre as populações de presa e de predador nos SAF-TA, onde o ponto de equilíbrio foi obtido nos intervalos de tempo: no SAF-1, foi de 32.160 kg C e 70.630 n_p, em 2013; no SAF-2, de 40.100 kg C e 87.600 n_p, em 2010; no SAF-3, de 31.420 kg C e 73.860 n_p, em 2007; e no SAF-4, de 41.290 kg C e 77.830 n_p, em 2005 (Figura 4).

A assimilação de carbono foi maior no período entre os anos de 2013-2014 no SAF-1, entre 2007-2009 e 2014-2015 no SAF-2, entre 2001-2002, 2007-2009 (maior evento) e 2014-2015 no SAF-3 e entre 1994-1996, 2002-2003 e 2009-2011 no SAF-4. O ano de 2014 foi mais propício à assimilação de carbono nos SAF-TA, com registro em três SAF, e no biênio 2014-2015, com registro em dois SAF (Figura 3).

Neste estudo, observou-se a sucessão oscilante na evolução das populações de presas e de predador, onde sempre a primeira (presa) é maior no início, mas é alcançada e superada pela segunda (predadora). O que é positivo, exitoso e desejado, do ponto de vista ambiental e socioeconômico. Então, poderíamos dizer que os SAF estudados estariam cumprindo alguns de seus atributos, como contribuir para minorar os agravos ambientais causados por atividades antrópicas, reduzindo a concentração de CO₂ atmosférico, principal causador do efeito estufa.

Como a interação se dá entre uma população biótica (plantas) e outra abiótica (carbono), ecologicamente, o ideal seria que, a partir do ponto de equilíbrio, não tivessem mais oscilações entre as populações, mas somente a evolução da população de plantas (predadora), o que significaria maior eficiência na assimilação de carbono, gerando, em tese, um superávit no 'sequestro de carbono'. Todavia, em razão da influência mútua entre as populações vivas ou bióticas, é imprescindível que se tenha ou se mantenha o equilíbrio nas relações e nas interações entre as espécies, para o perfeito funcionamento dos ecossistemas naturais.

Outro fato a ser considerado seria verificar qual a defasagem de tempo na evolução dessas populações (carbono e plantas) e sua real oscilação, estabelecendo

valores ou intervalos no tempo, visando identificar ou mesmo presumir um padrão de interação, haja vista que, quando se trata de interação entre espécies animais – uma presa e outra predadora –, o ideal seria haver oscilação entre essas populações – ora elas crescem, ora elas reduzem –, em uma interação em que uma regula a quantidade e/ou a existência da outra. A repetição no padrão dos gráficos representa o equilíbrio entre as populações presa e predadora. Esse processo ocorre em um ciclo que se repete e se renova no tempo, o que é importante e salutar à seleção natural nos sistemas biológicos, onde prevalecem e sobrevivem os indivíduos mais fortes e as espécies mais adaptadas, em consenso com a teoria da evolução das espécies, de Charlie Darwin (1861).

A revisão da literatura sobre modelagem matemática de sistemas e de ecologia numérica evidenciou que o modelo presa-predador de Lotka-Volterra nunca havia sido utilizado para analisar a dinâmica e a interação entre uma população abiótica (carbono) e uma população biótica (plantas). O único e mais similar estudo foi o feito por Aviz dos Santos (2011) entre populações de árvores (presa) e humana (predador), ambas bióticas. Entretanto, esta autora, na busca por referências na literatura, também se deparou com uma situação semelhante, haja vista, segundo pesquisadores consultados, não haver nenhum nível trófico direto entre humanos e árvores, sugerindo que o modelo presa-predador, nesse caso, fosse adaptado e chamado de recurso-consumidor, sendo o recurso equivalente às árvores e o consumidor aos homens, o que foi acatado naquela pesquisa por se tratar de duas populações bióticas.

A TGS seria um instrumento útil e capaz de fornecer modelos a serem utilizados em diferentes campos do conhecimento e transmitidos de uns para os outros, salvaguardando-os do risco de analogias ilusórias. A reciprocidade tratada por essa teoria é muito mais do que uma analogia, na medida em que possibilita aplicação de abstrações correspondentes e de modelos conceituais a fenômenos de diferentes naturezas, residindo nesse todo o valor da teoria (Bertalanffy, 1968). Por isso, e pelo fato

de o modelo ser oscilatório, é notável que, na evolução dos gráficos, neste estudo, por várias vezes as 'linhas' de plantas e de carbono chegaram a zero na quantidade de suas populações, o que não configura a verdade no ambiente e nos SAF, apontando para o modelo, que, na realidade, deve ser visto e analisado de maneira qualitativa (Chase *et al.*, 2014). Com aumento da população de plantas, a população de carbono diminui, como consequência das interações entre presa-predador. Supõe-se que este efeito seja proporcional ao produto de ambas as populações (- absorção x carbono x plantas), enquanto a população de predadores aumenta (+ debate x carbono x plantas), de forma semelhante.

CONCLUSÕES

Nos SAF estudados em Cameté (SAF-CM) e em Tomé-Açu (SAF-TA), o açaí e o cacau foram as espécies mais importantes. Entre as árvores, destacaram-se: *Virola surinamensis* (Rol. ex Rottb.) Warb., *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg. e *Carapa guianensis* Aubl., nos SAF-CM, e *Spondias lutea* L., *Bertholletia excelsa* Bonpl. e *Swietenia macrophylla* King, nos SAF-TA.

Os SAF estudados demonstraram capacidade de prestar relevantes serviços ambientais e geração de renda, se houver remuneração nesses serviços, além de contribuírem tanto na assimilação de carbono e na mitigação da ação danosa dos GEE na atmosfera quanto na redução de áreas desmatadas e do avanço da fronteira agrícola, minorando os agravos ambientais e socioeconômicos e, ainda, ou melhor, propiciando a manutenção da biodiversidade.

O emprego do modelo presa-predador na análise da interação entre as populações de plantas e de carbono demonstrou que os SAF estudados apresentaram elevado número de ponto de equilíbrio (populações proporcionais ou estáveis). Na prática, este seria o melhor momento para conduzir um plano de manejo que vise ambiência e remuneração de serviços ambientais, como o crédito de carbono.

O modelo presa-predador mostrou-se suscetível e eficiente na avaliação do ponto de equilíbrio entre as

populações de carbono (abiótica) e de plantas (biótica) cultivadas em SAF, ou seja, não é somente voltado à espécie comercial, mas também à cobertura vegetal compondo o sistema e às suas interações internas e externas, com o ambiente do seu entorno (a vegetação, o solo, a água). Tudo isso ratifica os SAF como uma alternativa de produção sustentável do ponto de vista ambiental e socioeconômico para os municípios de Cameté e de Tomé-Açu, bem como para as regiões adjacentes e para a Amazônia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por tudo e aos proprietários das áreas estudadas em Cameté – Sr. Bráulio Leão, Sr. Raimundo Lousada, Sr. Wilson Pinto e Sra. Maria Amélia, e suas famílias – e em Tomé-Açu – Sr. Michinori Konagano e Sr. José Maria Mendes, e suas famílias.

REFERÊNCIAS

- AVIZ DOS SANTOS, M. A. B., 2011. **Ciências Naturais e Ciências Sociais**: conceitos e operadores transversais na perspectiva sistêmica: o caso da interação: 1-100. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém.
- BARROS, A. V. L., 2009. **Evolução dos sistemas agroflorestais desenvolvidos pelos agricultores nipo-brasileiros no município de Tomé-Açu, Pará**: 1-100. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém.
- BARTELT, D., J. KOCH & M. M. TOURINHO, 2000. Anbau von Acai (*Euterpe oleracea*) und Kakao (*Theobroma sylvestre*) in Primärwäldern der varzeas am rio Tocantins (Brasilien/Para). **Forstarchiv** 71(6): 250-256.
- BERTALANFFY, L., 1968. **General system theory**. Foundations, development and applications: 1-277. George Braziler, New York.
- BERTALANFFY, L., 1975. **Perspectivas en la teoría general de sistemas**. Estudios científico-filosóficos: 1-283. Alianza Editorial, Madrid.
- BROWER, J. E., J. H. ZAR & C. N. ENDE, 1998. **Field and laboratory methods for general ecology**: 1-273. McGraw, New York.
- CHASE, O. A., J. F. S. ALMEIDA, J. R. B. SOUZA & C. T. C. JUNIOR, 2014. Sensory platform architecture for IN SITU monitoring the thermal comfort in rural environments - the case study at Federal Rural University of Amazonian, Brazil. **Measurement** 58: 294-300. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2014.08.031>.

- DALLAGNOL, F. S., F. MOGNON, C. R. SANQUETTA & A. P. D. CORTE, 2011. Teores de carbono de cinco espécies florestais e seus compartimentos. **Floresta e Ambiente** 18(4): 410-416. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2011.060>.
- DARWIN, C., 1861. **On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life**. D. Appleton and Company, New York.
- DÍAS, I. P., B. C. COSTA, M. M. TOURINHO & J. F. ALMEIDA, 2015. Avaliação da estimativa de fixação de carbono em sistemas agroflorestais na região amazônica. **Revista Verde** 10(5): 7-10. DOI: <https://doi.org/10.18378/rvads.v10i5.3411>.
- FARINA, L. A. & M. S. POSSER, 2015. **Matrix Laboratory - MATLAB**. Ferramenta matemática para Engenharia: 1-31. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- FASSBENDER, H. W., 1993. **Modelos edafológicos de los sistemas de producción agroforestales**: 2. ed.: 1-29. Centro Agronomico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba.
- HAIRIAH, K., S. M. SITOMPULL, M. NOORDWIJK & C. PALM, 2001. Methods for sampling carbon stocks above and below ground. In: M. NOORDWIJK, S. WILLIAMS & B. VERBIST (Ed.): **Towards integrated natural resource management in forest margins of the humid tropics**: local action and global concerns: 1-49. ICRAF, Bogoi.
- HIGUCHI, N. & A. J. CARVALHO JR., 1994. Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. **Anais do Seminário Emissão e Sequestro de CO₂ - uma nova oportunidade de negócios para o Brasil** 125-153.
- HIGUCHI, N., J. SANTOS, R. J. RIBEIRO, L. MINETTE & Y. BIOT, 1998. Biomassa da parte aérea da vegetação de floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira. **Acta Amazonica** 28(2): 153-165. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-43921998282166>.
- HOMMA, A. K. O., 2006. Organização da produção e comercialização de produtos agropecuários: o caso da colônia agrícola nipo-brasileira de Tomé-Açu, Pará. In: L. J. M. VILCAHUAMÁN, J. RIBASKI & A. M. B. MACHADO (Ed.): **Sistemas agroflorestais e desenvolvimento com proteção ambiental**: perspectivas, análise e tendências: 51-77. EMBRAPA Florestas, Colombo.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 2012. **Censo demográfico 2010**: 1-211. IBGE, Rio de Janeiro.
- KETTERINGS, Q. M., R. COE, M. NOORDWIJK, Y. AMBAGAU & C. A. PALM, 2001. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. **Forest Ecology and Management** 146(1-3): 199-209. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00460-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00460-6).
- LÜTZ, A. F., 2011. **Competição e coexistência em populações biológicas**: 1-38. Monografia (Bacharelado em Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- MONTAGNINI, F. & P. K. R. NAIR, 2004. Carbon sequestration: an underexploited environmental benefit of agroforestry systems. **Agroforestry Systems** 61: 281-295. DOI: <http://dx.doi.org/10.1023/B:AGFO.0000029005.92691.79>.
- MURILLO, M. A., 1997. Almacenamiento y fijación de Carbono en ecosistemas forestales. **Revista Forestal Centroamericana** 6(19): 9-12.
- ODUM, H. T., E. C. ODUM, M. T. BROWN, D. LAHART, C. BERSOK, J. SENDZIMIR, B. S. GRAEME, D. SCIENCEMAN & N. MEITH, 1987. **Environmental systems and public policy**. Ecological Economics Program. University of Florida, Gainesville.
- OSTERROOHT, von M., 2002. Manejo de Sistemas Agroflorestais - SAF's. **Agroecologia** 15: 12-13.
- PENA-VEGA, A., 2003. **O despertar ecológico**: Edgar Morin e a ecologia complexa: 1-109. Garamond, Rio de Janeiro.
- PENMAN, J., M. GYTARSKY, T. HIRASHI, T. KRUG, D. KRUGER, R. PIPATTI, L. BUENDIA, K. MIWA, T. NGARA, K. TANABE & F. WAGNER, 2003. **Good practice guidance for land-use change and forestry**: 1-593. IPCC, Japan.
- PORRO, R., R. P. MILLER, M. R. TITO, J. A. DONOVAN, J. L. VIVAN, R. TRANCOSO, R. F. VAN KANTEN, J. E. GRIJALVA, B. L. RAMIREZ & A. L. GONÇALVES, 2012. Agroforestry in the Amazon region: a pathway for balancing conservation and development. In: P. K. R. NAIR & D. GARRITY (Ed.): **Agroforestry: the future of global land use**: 391-428. Springer (Advances in Agroforestry, 9), Dordrecht.
- SANTOS, S. R. M., I. S. MIRANDA & M. M. TOURINHO, 2004. Estimativa de biomassa de sistemas agroflorestais das várzeas do rio Juba, Cametá, Pará. **Acta Amazonica** 34(1): 1-8. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672004000100001>.
- SANTOS, S. R. M., O. R. KATO & M. M. TOURINHO, 2019. Diversidade florística e estoque de carbono de sistemas agroflorestais em dois municípios do nordeste paraense, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 14(1): 31-42.
- SMITH, N., J. DUBOIS, D. CURRENT, E. LUTZ & C. CLEMENT, 1998. **Agroforestry experiences in the Brazilian Amazon**: constraints and opportunities: 1-146. Pilot Programme to Conserve the Brazilian Rain Forest/World Bank, Brasília.
- SOUGATA, B. & J. SHIBU, 2012. Agroforestry for biomass production and carbon sequestration: an overview. **Agroforestry Systems** 86(2): 105-111. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-012-9573-x>.
- VILLA, P. M., S. V. MARTINS, L. MONSANTO, S. N. OLIVEIRA-NETO & N. M. CANCIO, 2015. La agroforestería como estrategia para la recuperación y conservación de reservas de carbono en bosques de la Amazonía. **Bosque** 36(3): 347-356. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002015000300002>.

Emprego dos focos de calor na avaliação das áreas queimadas e em incêndios florestais em Paragominas, Pará, Brasil

Use of heat foci in the evaluation of burned areas and of forest fires in Paragominas, Pará, Brazil

Gil Mendes Sales¹, Jorge Luis Gavina Pereira¹, Marcelo Cordeiro Thalês¹,
René Pocard-Chapuis^{II}, Arlete Silva de Almeida¹

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

^{II}Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement. Paris, França

Resumo: Os números de ocorrências de focos de calor têm crescido nos últimos anos no Brasil, evidenciando um quadro preocupante na dinâmica de ocupação. O emprego adequado destes dados de monitoramento pode subsidiar políticas de gestão locais que sejam eficazes e coerentes a uma nova ordem ambiental global. O objetivo deste artigo foi avaliar o emprego dos dados de focos de calor sobre a dimensão das queimadas ocorridas em Paragominas, Pará, no ciclo 2015-2016, para subsidiar o entendimento sobre a recorrência do fogo na paisagem, com vistas a proporcionar uma perspectiva construtiva de prevenção e de combate, cujo objetivo cadencia pressões, principalmente, aos remanescentes florestais e, por conseguinte, à qualidade ambiental. Foram utilizados dados do banco de dados de queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), produtos de sensores remotos e técnicas de geoprocessamento e interpretação de imagens para entender tais particularidades ocorridas no período. Os resultados demonstraram uma baixa coincidência dos focos de calor com risco de incêndio acima de 50% sobre as áreas queimadas mapeadas, em torno de 20% em 2015 e 10% em 2016. Por outro lado, foram importantes indicadores temporais das zonas de pressão aos remanescentes florestais, indicando, inclusive, ocorrência em boa parte dos assentamentos agrícolas.

Palavras-chave: Fogo. Focos de calor. Gestão territorial. Paragominas.

Abstract: The number of occurrences of heat sources has increased in recent years in Brazil, showing a worrying perspective in occupation dynamics. Proper use of these monitoring data can support effective and coherent local management policies. Therefore, the objective of this study was to evaluate the use of heat source data on the burning dimension in the municipality of Paragominas, State of Pará, in the 2015-2016 cycle, in order to subsidize our understanding of fire recurrence and to provide a constructive perspective for fire prevention and combat to protect forest remnants and, consequently, ensure environmental quality. For this purpose, data from INPE's Fire Database, remote sensing products and geoprocessing and image interpretation techniques were used to understand such particularities occurring in the period. The results showed a low coincidence of heat foci with a fire risk of over 50% on the mapped burned areas, around 20% in 2015 and 10% in 2016. On the other hand, they were important temporal indicators of the pressure zones to forest remnants, indicating, even, the occurrence in many of the agricultural settlements.

Keywords: Fire. Heat spots. Territorial management. Paragominas.

SALES, G. M., J. L. G. PEREIRA, M. C. THALÊS, R. POCCARD-CHAPUIS & A. S. ALMEIDA, 2019. Emprego dos focos de calor na avaliação das áreas queimadas e em incêndios florestais em Paragominas, Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 14(1): 55-77.

Autor para correspondência: Gil Mendes Sales. Museu Paraense Emílio Goeldi/MCTIC. Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia. Programa de Capacitação Institucional - Rede GEOMA/Projeto Integrado de Modelagem da Cobertura da Terra do Pará. Av. Perimetral, 1901 - Terra Firme. Belém, PA, Brasil. CEP 66077-830 (gilsales@gmail.com).

Recebido em 26/04/2018

Aprovado em 08/11/2018

Responsabilidade editorial: Fernando da Silva Carvalho Filho



INTRODUÇÃO

A queimada da cobertura vegetal para uso da terra é amplamente utilizada na Amazônia, como parte de um processo cultural implícito de expansão ocupacional de novas áreas para o desenvolvimento de atividades agropecuárias (corte raso) ou como técnica agrícola utilizada no manejo agropastoril (limpeza da área). Essa ação do fogo nas atividades antrópicas está associada aos períodos de estiagem, ocasionando incêndios florestais (fogo fora de controle em qualquer tipo de vegetação), representando importante fatia dos danos ambientais, econômicos e para a saúde humana. De acordo com Motta *et al.* (2002), o fogo libera fumaça, provocando doenças respiratórias e emitindo gases para a atmosfera que contribuem com o aquecimento global.

Segundo Nepstad *et al.* (1999), antes de 1998, os incêndios na Amazônia eram particularmente restritos às áreas utilizadas para agricultura ou pecuária. A partir de 1980, pesquisadores começaram a observar o risco de o fogo alastrar-se para florestas exploradas. Ao entrar na década de 90, essas florestas começaram a queimar em larga escala, mas sem que isso representasse forte ameaça às florestas intactas. A seca de 1998, seguida de uma série de outras ocorridas na década, sinalizou para uma penetração efetiva de incêndios nos ecossistemas florestais intactos ao longo de grande parte da região, o que, possivelmente, caracteriza o início de um processo de perpetuação desses tipos de incêndios, uma vez que florestas tropicais estão sendo substituídas por vegetação mais propensa ao fogo.

A pressão que essas áreas florestais sofrem tem aumentado, consideravelmente, o número de incêndios e a extensão das áreas queimadas (Batista, 2004). Esse cenário torna-se preocupante à medida que os efeitos atingem a biodiversidade, a paisagem, a ciclagem de nutrientes (solo, água e ar), as instalações agrícolas, os cultivos e a saúde humana, em perspectivas impactantes e de conteúdo mitigatório profundo.

O primeiro “Inventário nacional de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa não

controlados pelo protocolo de Montreal”, submetido pelo Brasil em 2004, como parte de sua “Comunicação nacional inicial à convenção – quadro da Nações Unidas sobre mudanças do clima” (MCT, 2004), apontava que cerca de 76% das emissões nacionais de CO₂ provinham do setor “mudanças no uso da terra e florestas” (estimativas com ano-base em 1994). Assim sendo, o desmatamento e as queimadas na Amazônia e no Cerrado seriam responsáveis pela maior parte dessas emissões.

Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), criado em 1998, o excesso de gases de efeito estufa na atmosfera, associado à redução da vegetação, pode elevar a temperatura nas porções sul e leste da Amazônia, que ficariam mais suscetíveis ao fogo. Para Nepstad *et al.* (1999), a maioria das florestas primárias da Amazônia não é inflamável durante anos de chuva normal; porém, os períodos de secas severas, normalmente associados aos eventos *El Niño*, e a extração de madeira aumentam a inflamabilidade de grandes áreas de floresta.

Portanto, as áreas florestais estariam em condições de vulnerabilidade, à medida que suas condições locais se tornam mais secas, pelo aumento da temperatura média da região e pela consequente queda de folhas e de galhos, alimentando a combustão. Ademais, segundo Erika Berenguer, bióloga e pesquisadora das universidades britânicas de Lancaster e Oxford, a extração de madeira e a ocorrência dos incêndios causam grande mortalidade da vegetação, resultando em clareiras no meio da floresta e, dessa maneira, permitindo maior entrada de luz solar e de vento, deixando-a mais seca ainda (*apud* Fachin, 2016). Essa combinação gera um ciclo vicioso (Fachin, 2016) e, segundo Nepstad *et al.* (1999), uma vez que já tenham sofrido a ação do fogo, as florestas da Amazônia tornam-se mais vulneráveis à ocorrência de novos incêndios.

Dentro desse cenário, no estado do Pará, o município de Paragominas, reconhecido como o ‘desmatador’ do passado, dá a volta por cima em 2011 e consegue sair da ‘lista suja’, através de um pacto feito entre seus atores e setores locais, ocupando, posteriormente, a lista dos

'municípios verdes'. O objetivo foi reunir esforços para recuperação de áreas devastadas da Amazônia, aumentar a produtividade da pecuária com menos área e, ainda, manter a reserva legal (Ortiz, 2014). Um município verde deve desenvolver atividades produtivas sustentáveis, com baixa emissão de carbono e alta responsabilidade social e ambiental, estimulando: a governança local para ampla gestão municipal do meio ambiente; o manejo florestal; a intensificação da agropecuária e do reflorestamento; o uso sustentável e a conservação das funções ecológicas das florestas e remanescentes; e a recuperação de Áreas de Preservação Permanente (APP) e Áreas de Reserva Legal (ARL) (Guimarães *et al.*, 2011).

Entretanto, detentor e vizinho de grandes remanescentes florestais, o município de Paragominas está localizado dentro da área central de 'endemismo Belém', que envolve parte dos estados do Pará e do Maranhão, e guarda consigo o grande desafio, em sua gestão territorial, de se manter firme no combate ao uso desautorizado do fogo, que traz riscos aos patrimônios público e particular. Em 2015 e 2016, percebeu-se em imagens de satélite da série Landsat extensas áreas queimadas no município, principalmente em áreas de florestas. Nesse sentido, as ações para o entendimento das mudanças no uso da terra e o seu reflexo na paisagem são de grande importância para o delineamento de indicadores que subsidiem a elucidação e a implementação de medidas sistemáticas de controle dos impactos ambientais, econômicos e sociais gerados, através de uma gestão em escala municipal mais adequada às necessidades de governança, coadunadas aos compromissos da condição de 'município verde'.

Em 2015, foi aprovado, na Organização das Nações Unidas (ONU), o Acordo de Paris, cujo propósito central foi o de fortalecer a resposta global à ameaça da mudança do clima. Os governos se envolveram na construção de seus próprios compromissos para redução de emissões de gases de efeito estufa, a partir das chamadas Pretendidas Contribuições Nacionalmente Determinadas (iNDC, na sigla em inglês).

Os esforços têm sido grandes para priorizar a conservação da Amazônia brasileira por meio de informações sobre conteúdo acerca das queimadas e do desmatamento, a partir de sistemas de monitoramento desenvolvidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), a exemplo do Programa Queimadas e do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES). O monitoramento de queimadas em imagens de satélites é útil para grandes áreas e regiões remotas sem meios intensivos de acompanhamento, como é o caso do Brasil (Junior, 2016).

A rapidez da detecção e o monitoramento dos incêndios florestais por meio de produtos oriundos de sensores remotos são ferramentas importantes para o aprimoramento das ações de controle do fogo, redução dos custos nas operações de combate e atenuação dos danos. Para Anderson *et al.* (2005), há duas linhas de pesquisa relacionadas à detecção das queimadas pela técnica de monitoramento: uma voltada à detecção dos focos de calor, importante para a definição da sazonalidade, frequência e variações anuais de queima; e a outra relacionada à espacialização das queimadas, pela quantificação da extensão das áreas afetadas por este evento.

Para Batista (2004), além desses aspectos, um conhecimento inadequado da localização do incêndio e da extensão da área queimada prejudica a estimativa do impacto do fogo sobre o ambiente, sendo fundamental para o planejamento do controle, bem como para o dimensionamento dos efeitos produzidos pelo fogo sobre o ambiente.

É importante considerar que os impactos socioambientais provocados por queimadas ultrapassam as dimensões locais e regionais, posto que a destruição de grandes florestas, como a amazônica, pode alterar alguns ciclos da troposfera que determinam mudanças climáticas globais. Nesse sentido, reduzir o desflorestamento e as queimadas ganha cada vez mais importância no debate ambiental global e eleva a responsabilidade dos países onde o problema é encontrado.

Assim sendo, este trabalho teve por objetivo avaliar o emprego dos dados de focos de calor sobre a dimensão das queimadas ocorridas no município de Paragominas, Pará, no período entre 2015 e 2016. Para isso, foram usados dados provenientes do banco de dados de queimadas do INPE, produtos de sensores remotos e técnicas de geoprocessamento para viabilizar o entendimento sobre a recorrência do fogo na paisagem.

Pressupõem-se, portanto, que sua contribuição enseje uma perspectiva construtiva de prevenção e de combate às pressões, especialmente aos remanescentes florestais, através de políticas públicas voltadas para a gestão do planejamento do uso da terra, aliadas ao combate ao fogo, principalmente quanto ao Programa Nacional de Redução e Substituição do Fogo nas Áreas Rurais e Florestais (PRONAFOGO), voltado para ações que busquem a

redução do uso do fogo nas práticas agropastoris ou mesmo sua substituição como técnica de manejo.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é o município de Paragominas (Figura 1), situado no nordeste do estado do Pará, Região de Integração (RI) Rio Capim, entre as coordenadas geográficas de latitudes $2^{\circ} 24' 36''$ S e $3^{\circ} 50' 20''$ S e longitudes $46^{\circ} 25' 01''$ W e $48^{\circ} 53' 31''$ W, cuja área municipal é de 19.342,254 km². Este município apresenta densidade demográfica de 5,06 hab./km², com população estimada de 108.547 habitantes (IBGE, 2016).

Paragominas abriga a maioria das atividades econômicas da Amazônia, como pecuária, atividade

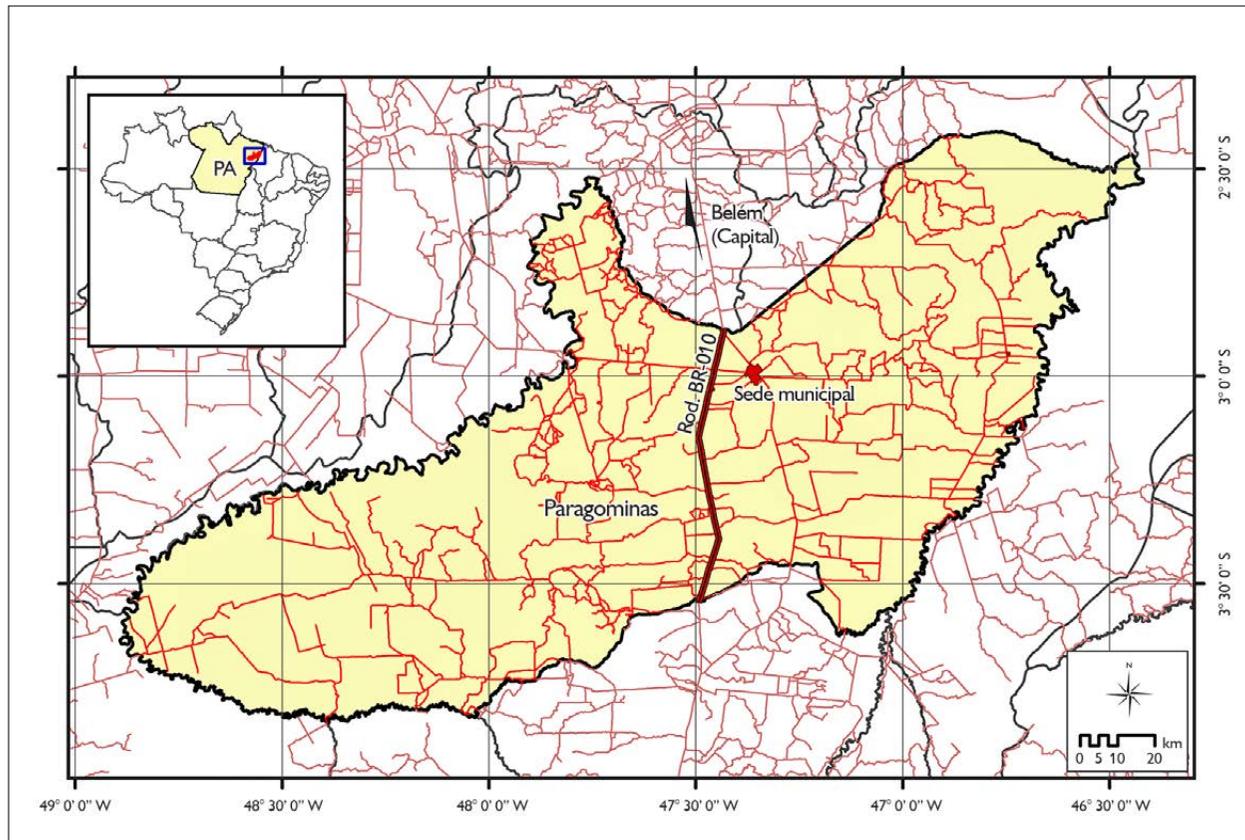


Figura 1. Localização do município de Paragominas, no estado do Pará. Fonte: modificado de IBGE (2017).

madeireira, produção de carvão, reflorestamento, mineração de bauxita e agricultura de pequena, média e grande escala. Em 2007, o município possuía o sexto maior rebanho do Pará, com 419.430 cabeças de gado, equivalente a 3% do rebanho bovino paraense. Paragominas produziu 653 mil metros cúbicos de madeira em 2007, equivalente a 7% da produção paraense. A partir de 2000, o município tem se destacado na produção de grãos, especialmente de arroz, de milho e de soja, cultivos que já ocupam aproximadamente 35 mil hectares de terras da localidade (Pinto *et al.*, 2009).

Com uma expressiva cobertura vegetal original (em torno de 66% do território – segundo Costa & Fleury, 2015), o município de Paragominas busca contabilizar seu patrimônio de fragmentos florestais desde o início do Programa Municípios Verdes (PMV)¹, sendo o 59º município a aplicar o controle de usos e preservação da cobertura vegetal pelo programa de Cadastro Ambiental Rural (CAR), ali implantado pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Pará (SEMAS-PA), desde 2011.

BASE CARTOGRÁFICA

Este trabalho utilizou a base cartográfica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), da Fundação Nacional do Índio (FUNAI), do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e do Ministério do Meio Ambiente (MMA).

IMAGENS DE SATÉLITE

No âmbito deste estudo, foram selecionadas imagens com a menor cobertura de nuvens do satélite Landsat, referentes às órbitas 222 e 223, pontos 62 e 63, respectivamente, nas bandas de comprimentos de onda do vermelho (banda 4), infravermelho próximo (banda 5) e infravermelho médio (banda 6), conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Datas de obtenção das imagens do satélite Landsat. Fonte: modificado de USGS (2017a).

	Órbita/ponto	Imagens (Datas dos mosaicos)		
		Dia	Mês	Ano
Landsat-8 (Sensor OLI – Operational Land Imager)	222/62 e 222/63 (Mosaicos)	27	08	2015
		12	09	2015
		30	10	2015
		01	12	2015
		28	07	2016
	223/62 e 223/63 (Mosaicos)	18	08	2015
		21	10	2015
		08	12	2015
		19	07	2016
		21	09	2016

Também foram utilizadas as imagens do Produto *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), do satélite AQUA, sensor MODIS, versão 6 (MYD13Q1), que é referido como o índice de continuidade do NDVI, derivado do *Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR) *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) (Tabela 2). Os dados estão estruturados em uma coleção com dimensões geográficas de 1.200 km x 1.200 km, com uma grade de produto que consiste em 4.800 linhas e 4.800 colunas de pixels de 250 metros, onde o algoritmo escolhe o melhor valor de pixel disponível de todas as aquisições do período de 16 dias. A base dos critérios é a ocorrência de poucas nuvens, ângulo de visão baixo e o valor NDVI/EVI (*Enhanced Vegetation Index*) mais alto. O arquivo *Hierarchical Data Format* (HDF) contém camadas de vegetação e duas camadas de avaliação de qualidade (QA, na sigla em inglês), traz bandas de reflexão MODIS 1 (vermelho), 2 (infravermelho próximo) 3 (azul) e 7 (infravermelho médio), bem como quatro camadas de observação (USGS, 2017b).

¹ Programa do governo do Pará desenvolvido em parceria com o governo federal, administrações municipais, Ministério Público, empresários, produtores e outras instituições representativas de setores produtivos (SEMAS-PA, 2016).

Tabela 2. Datas de obtenção das imagens do satélite AQUA. Fonte: modificado de USGS (2017b).

Satélite (Sensor)	Produto	Período
		A cada 16 dias
AQUA (MODIS)	NDVI (MYD13Q1 – V6)	2010 a 2016

PROCESSAMENTO DAS INFORMAÇÕES ESPACIAIS

No processamento da maior parte das informações espaciais (base de dados e imagens de satélite), foram utilizados os recursos do *software* ArcGIS, versão 10.0 (ArcGIS, 2010). Para os trabalhos de elaboração do mapa de cobertura vegetal e uso da terra, foi também utilizado o *software* SPRING, versão 5.4.3 (Câmara *et al.*, 1996).

Dimensão espacial e temporal

Mapeamento das queimadas

O mapeamento das áreas queimadas no município de Paragominas, Pará, ocorreu a partir da interpretação visual sobre imagens normalizadas (padronização espectral) do satélite Landsat-8, baseando-se em características espectrais peculiares registradas na imagem e, posteriormente, nos trabalhos de campo, a fim de identificar a verdade terrestre.

As imagens foram definidas para atender um ciclo anual (2015-2016) de observação das queimadas, que se estende de julho a julho. Este ciclo engloba o período típico de estiagem na região (julho a dezembro) e o período típico de chuvas (janeiro a junho). Para 2015, foi possível observar as ocorrências trimestralmente (meses de agosto, outubro e dezembro). Em 2016, deu-se o fechamento da observação, com nova janela de viabilidade de imagens coincidindo com o recomeço de um novo ciclo, isto é, com o mês de julho.

Inicialmente, a interpretação começou a ser feita pelas imagens do mês de agosto/2015, sendo, nesse caso, as queimadas significativas para mapeamento na paisagem. Posteriormente, essas interpretações foram

a base para o desenvolvimento do mapeamento, data a data, até o mês de julho/2016. Temporalmente, este procedimento de mapeamento incluiu o desaparecimento de registros de áreas queimadas ao longo da análise, a permanência e a ampliação de alguns registros, assim como o mapeamento de novos registros de áreas queimadas na paisagem sobre as datas analisadas.

Sobre os dados mapeados, foram realizadas as análises qualitativas e quantitativas, posteriormente tabuladas, objetivando-se um detalhamento dos dados em relação ao quadro de evolução das queimadas no município por meio de gráficos.

Focos de calor

Os dados referentes aos focos de queimadas e incêndios florestais sobre o município de Paragominas, Pará, no período de 2010 a 2016, foram obtidos a partir do banco de dados de queimadas (INPE, 2017a). Este banco de dados, lançado em 01/09/2016, é interativo e contém detecções dos focos de calor a partir de imagens de satélites, com atualização a cada três horas. Os dados utilizados são referentes aos do sensor MODIS, presentes nos satélites polares TERRA e AQUA, os quais se deslocam em sentido norte-sul e apresentam menor distância da Terra (Tabela 3).

Os focos de calor foram refinados excluindo-se duplicidade e risco de fogo abaixo de 50%, pois julgou-se que, ao se fazer tal escolha, o critério de aplicabilidade dos focos seria mais pertinente e, como tal, manifestaria um cenário de correlação mais correta e segura. Sobre estes dados, foram aplicadas técnicas para análise da densidade das ocorrências. Foram utilizadas as ferramentas de densidade de Kernel e densidade de pontos propriamente dita, presentes no ArcGIS 10.0. Elas promovem a observação de uma concentração de eventos finita, indicando formas de aglomeração em uma distribuição espacial – que é uma função de densidade de probabilidade de uma variável aleatória –, através de zonas com gradações de intensidades por meio de cores, sendo a cor mais quente a de maior densidade.

Tabela 3. Características do sensor que registra focos de calor (MODIS). Legenda: * = no canal termal. Fonte: EMBRAPA (2017).

Satélite (sensor)	Órbita	Resolução espacial* (km)	Frequência temporal	Canal termal
TERRA/ AQUA (MODIS)	Polar	1 x 1	1 a 2 dias	20 (3,66- 3,84 μm)

Na densidade de Kernel, é usada uma função estatística de estimativa da densidade por meio de uma grade sobre a área, cujos valores de área de saída e o raio do círculo são calculados automaticamente, por meio dos parâmetros da relação entre as distâncias vertical e horizontal das imagens (pixels). A partir de cada ponto da grade, são identificados outros pontos que estão a uma distância menor ou igual ao raio do círculo, o qual está centrado neste – e assim sucessivamente –, levando-se em conta uma ponderação entre os pontos. Em cada ponto encontrado no círculo, é calculada a função Kernel e acumulado o valor. O resultado final da soma acumulada é a densidade da função de Kernel por km^2 .

Já na densidade de pontos, o produto é um reflexo da concentração de ocorrências dos pontos, a partir da definição automática da área de saída, porém, com possibilidade de definição do raio do círculo, que, neste caso, foi de 564 m para gerar 1 km^2 de área. Desse modo, o resultado final representa a densidade de pontos por km^2 .

Para suavização e melhor visualização dos resultados das densidades, foi utilizada uma ferramenta de interpolação bilinear (para dados contínuos).

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

A iniciativa de utilizar índices espectrais sustentou-se na busca por relacionar o potencial de monitoramento em função da continuidade e da disponibilidade do produto. Suas empregabilidades têm recebido bastante atenção,

pela simplicidade conceitual e pelo bom desempenho computacional, reduzindo, assim, o tempo de processamento e de eliminação da subjetividade da interpretação visual de áreas queimadas (Veraverbeke *et al.*, 2011).

Os índices de vegetação buscam combinar, sob a forma de razões, as informações contidas na radiação refletida pelos dosséis da vegetação, sendo obtidos por várias combinações matemáticas das reflectâncias em várias faixas espectrais da radiação eletromagnética. Em geral, são transformações lineares de bandas espectrais em faixas do vermelho e infravermelho próximo do espectro eletromagnético.

Nas regiões do visível, os pigmentos das plantas provocam absorção de energia primeiramente para realização da fotossíntese. No infravermelho próximo, a interação ocorrida é bem diferente: a energia, nesta região, não é empregada na fotossíntese, sendo fortemente dispersada na estrutura interna da folha, proporcionando uma elevada reflectância (Rosendo, 2005).

Para Epiphanyo *et al.* (1996), estes índices realçam, em geral, o comportamento espectral da vegetação que pode ser correlacionado com os parâmetros biofísicos da mesma, como biomassa, índice de área foliar, percentagem de cobertura vegetal, com possibilidade, ainda, de analisar graus de correlação com o vigor da vegetação verde, percentagem de cobertura do solo, atividade fotossintética e produtividade.

Assim sendo, este trabalho avaliou o emprego do produto NDVI do MODIS/AQUA para o mapeamento das áreas queimadas. O NDVI^2 é um índice de vegetação normalizado, aplicado ao monitoramento e à quantificação das condições da distribuição espacial da vegetação. Quanto maior seu valor, mais plena é a condição da vegetação, sendo o contrário quando algum aspecto favorece a redução da taxa fotossintética e sua transpiração.

Assim sendo, a partir dos impactos das queimadas, esperava-se que o comportamento espectral da radiação fotossinteticamente absorvida sobre cobertura vegetal

² $\text{NDVI} = \frac{\text{infravermelho próximo} - \text{vermelho}}{\text{infravermelho próximo} + \text{vermelho}}$ (seu valor está compreendido de -1 a +1).

sofresse alguma alteração e, assim, possibilitasse a extração de informações de maneira mais rápida, eficaz e contínua sobre o município de Paragominas.

A partir de um conjunto de amostras, foram avaliados os dados de NDVI gerados por meio das imagens de reflectância do satélite Landsat 8. As amostras de 500 m x 500 m em áreas de floresta e 250 m x 250 m em áreas de não floresta foram coletadas em cenário isento de queimada (junho/2015) e em cenário queimado (julho/2016), de maneira a se obter a comparação do comportamento do NDVI. Ainda, as mesmas amostras foram utilizadas para a avaliação sobre o produto NDVI (MYD13Q1 – V6), para incremento das comparações e avaliação do produto que reuni o apanhado de 16 dias de coleta de dados – neste caso, foram duas imagens para cada órbita/ponto do Landsat, de maneira a preencher o período do mês.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

MAPEAMENTO DAS ÁREAS QUEIMADAS (CICLO 2015-2016) E AVALIAÇÃO DOS QUANTITATIVOS DE INCREMENTOS

No ciclo 2015-2016, constatou-se extensa atividade do fogo sobre a paisagem do município, a partir do mapeamento dos padrões espectrais identificados na imagem, cujo registro se deu em razão das alterações impostas pela ação do fogo sobre sua cobertura vegetal (Figuras 2A a 2D).

Se for considerada a extensão de maior registro de área queimada no ano de 2015 (valor do registro em dezembro/2015), tem-se cerca de 7% de seu território afetados pelo fogo; enquanto que, no ano de 2016 (valor do registro em julho/2016), este valor sofreu acréscimo de 5%, estendendo-o para uma representatividade de

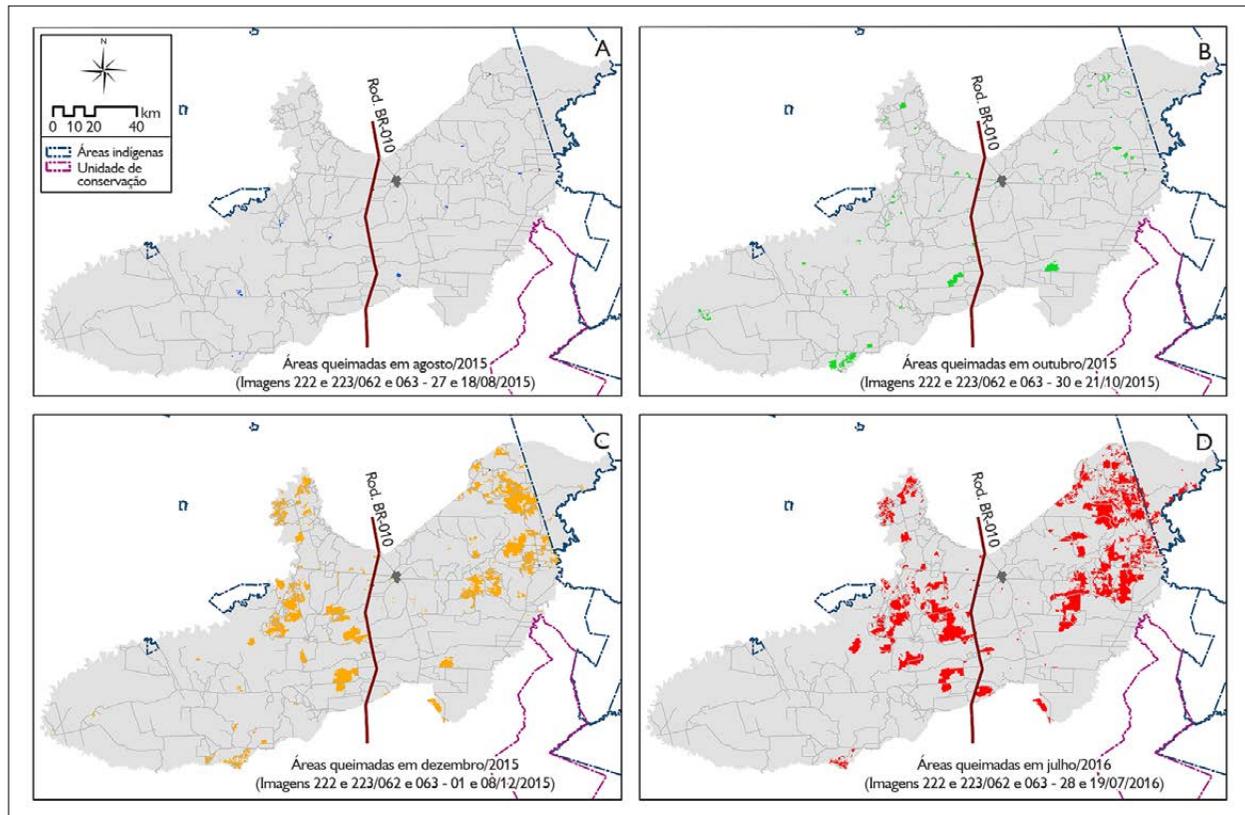


Figura 2. Áreas queimadas no município de Paragominas, Pará (ciclo 2015-2016): A) em agosto/2015; B) em outubro/2015; C) em dezembro/2015; D) em julho/2016. Mapa elaborado pelos autores.

12% desta paisagem. Isso representa algo em torno de 1.353,95 km² e 2.321,07 km² da área do município, respectivamente. Trata-se de um impacto, no mínimo, alarmante, principalmente quando se considera que foi evidente a pressão sobre áreas protegidas (a nordeste do município).

Um dos aspectos importantes e que foi observado para as avaliações deste contexto refere-se à geoclimatologia. Nos anos de 2015 e 2016, foram registradas chuvas abaixo do mínimo da precipitação acumulada histórica (Figura 3), resultando em um período mais intenso de estiagem.

Bastos *et al.* (2010), estudando os principais aspectos do clima de interesse para a agricultura em Paragominas, entre 1973 e 2004, concluíram que, em alguns anos, a flutuação de totais de chuva por ano, comparada a totais de excedentes e déficits de água, indica totais de excedentes hídricos muito baixos (em torno de 200 mm) e de deficiências muito altos (acima de 600 mm). Dessa maneira, esta anomalia parece ser recorrente no município, porém desprovida de uma relação ou de associação deste fato com a implementação do agente fogo até o presente momento.

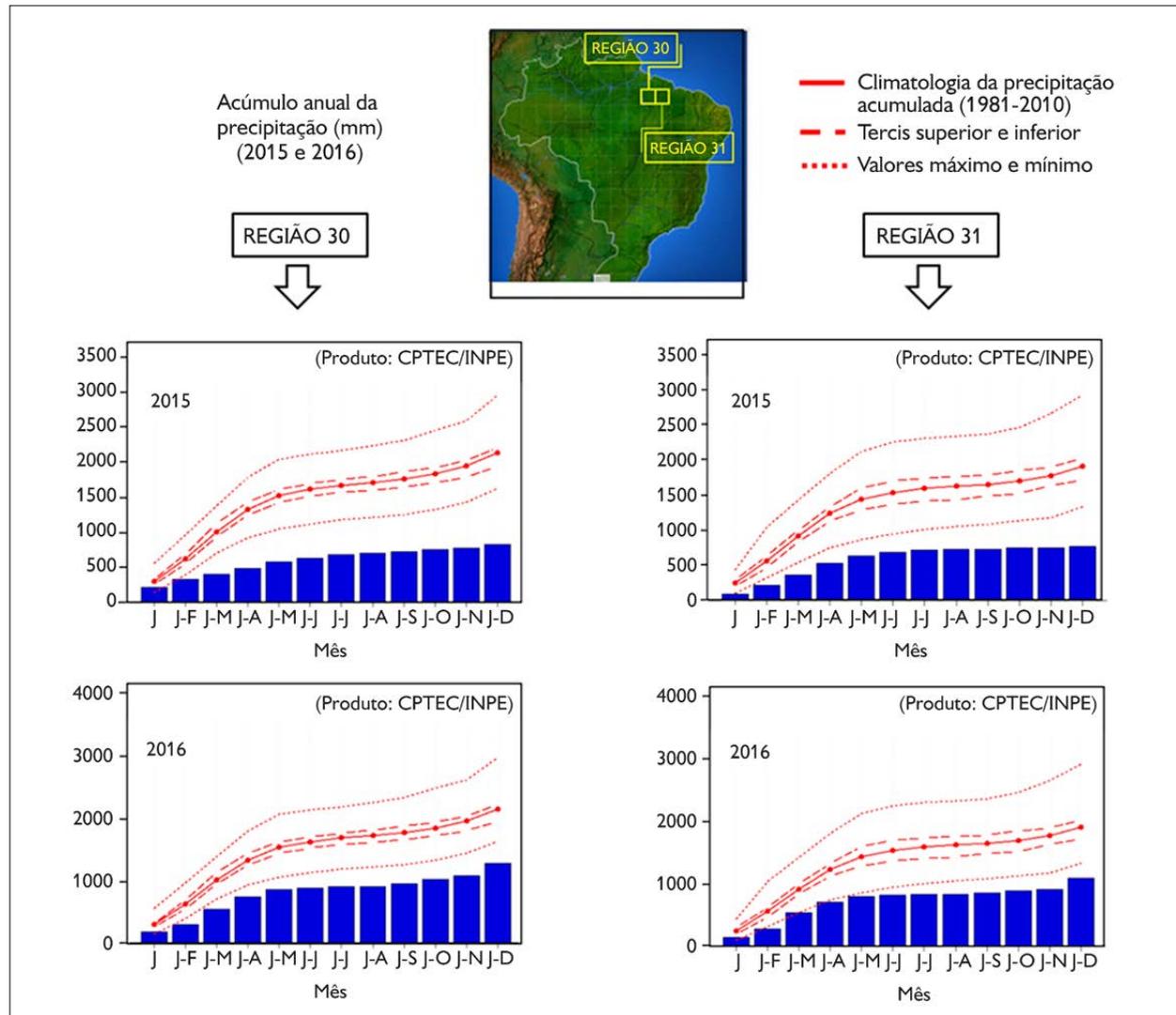


Figura 3. Acúmulo anual da precipitação em 2015 e 2016 (dados das regiões 30 e 31). Fonte: modificado de CPTEC (2017).

Na Figura 4, estão demonstrados os quantitativos da extensão da ação do fogo para o ciclo 2015-2016. É possível observar aumento gradativo e impactante dos registros de ocorrência ao longo do período de observação.

Esses resultados expressivos pressupõem que houve oferta de condições favoráveis ao desenvolvimento do fogo – quer seja por novas ignições quer seja por propagação pelo consumo de material seco –, entre as quais ganha destaque o efeito potencial do clima localmente.

Em condições climáticas favoráveis (pouca chuva e baixa umidade do ar), o fogo é potencializado em seu alastramento (Mendoza, 2002). Na região amazônica, por exemplo, as queimadas surgem com maior intensidade nos períodos de estiagem e são intensificadas principalmente em anos em que ocorre o fenômeno *El Niño* (Nepstad *et al.*, 1999; Fachin, 2016). Isso foi relatado por Barbosa (2010), ao analisar a distribuição das queimadas no estado de Roraima entre os anos de 1999 a 2009, constatando a coincidência de períodos de maior ocorrência ligados a este fenômeno. Esta ocorrência estende-se em nível global, pois tal associação foi verificada também na África, onde o *El Niño* antecipa as queimadas agrícolas, alongando o período tradicional destas e, assim, aumentando o número de focos de queimadas no decorrer do ano (Brumatti, 2012).

Ao se projetar uma estimativa do impacto da ação do fogo mensalmente, somando-se apenas os eventos de ocorrência de queimada em cada data, verifica-se que: para o período 1 de registro (agosto a outubro/2015 – três meses), o fogo afetou, em média, cerca de 6.488,34 ha/mês; por sua vez, no período 2 de registro (outubro a dezembro/2015 – três meses), a ação do fogo foi capaz de atingir, em média, 44.161,41 ha/mês; e, por fim, no período 3 de registro (dezembro/2015 a julho/2016 – oito meses), a área afetada pela ação do fogo queimou, em média, 28.135,31 ha/mês. Ainda, quando se projeta uma estimativa para todo o período de registro (agosto/2015 a julho/2016 – 12 meses), atribui-se um impacto em área na ordem de 20.378,96 ha/mês. Este valor equivale a 28.542

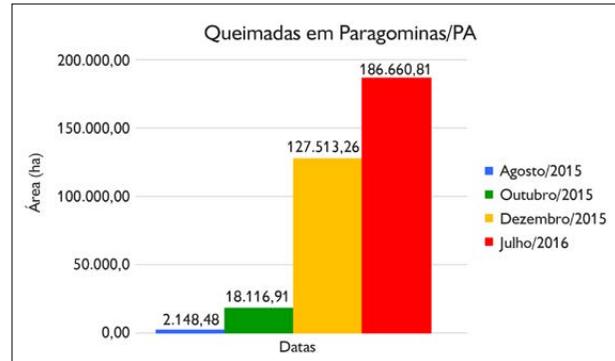


Figura 4. Quantitativo (em ha) das áreas queimadas no município de Paragominas, Pará (ciclo 2015-2016).

campos de futebol do Maracanã (105 m x 68 m = 0,714 ha) queimados todo mês neste ciclo de observação.

O destaque está para a ocorrência de maior valor, que se deu no último trimestre do ano de 2015, cuja área atingida foi bem superior às demais. Provavelmente, esse fato está relacionado a uma intensificação das atividades agrícolas antes da instauração das chuvas do ano seguinte (2016) e que foram, nesse caso, somatizadas por chuvas com anomalia negativa bastante intensa (Figura 5).

Outro aspecto relevante é observado quando se compara os registros das áreas queimadas em julho/2016 com os de agosto e dezembro/2015. Os registros de área queimada em julho/2016 foram apenas cerca de 5% menores (5.252,85 ha) em relação a dezembro/2015 e 51 vezes maiores (cerca de 107.766,36 ha) em relação a agosto/2015. Certamente, neste período, a componente climatológica teve importante papel no comportamento dos agentes ativos para o estabelecimento do fogo nos períodos mais comuns a tal cenário (julho a dezembro), em comparação ao cenário de praticamente ausência de tal atividade (janeiro a junho). Essa afirmação ganha relevância à medida que, pela lógica, fossem registrados valores equivalentes em julho/2015, já que 2014 também foi um ano de chuvas anômalas negativamente, mas sem a constatação de tal fato. Aliás, é em 2014 que se acentuam as anomalias negativas deste evento, iniciado em 2012 (Figura 5).

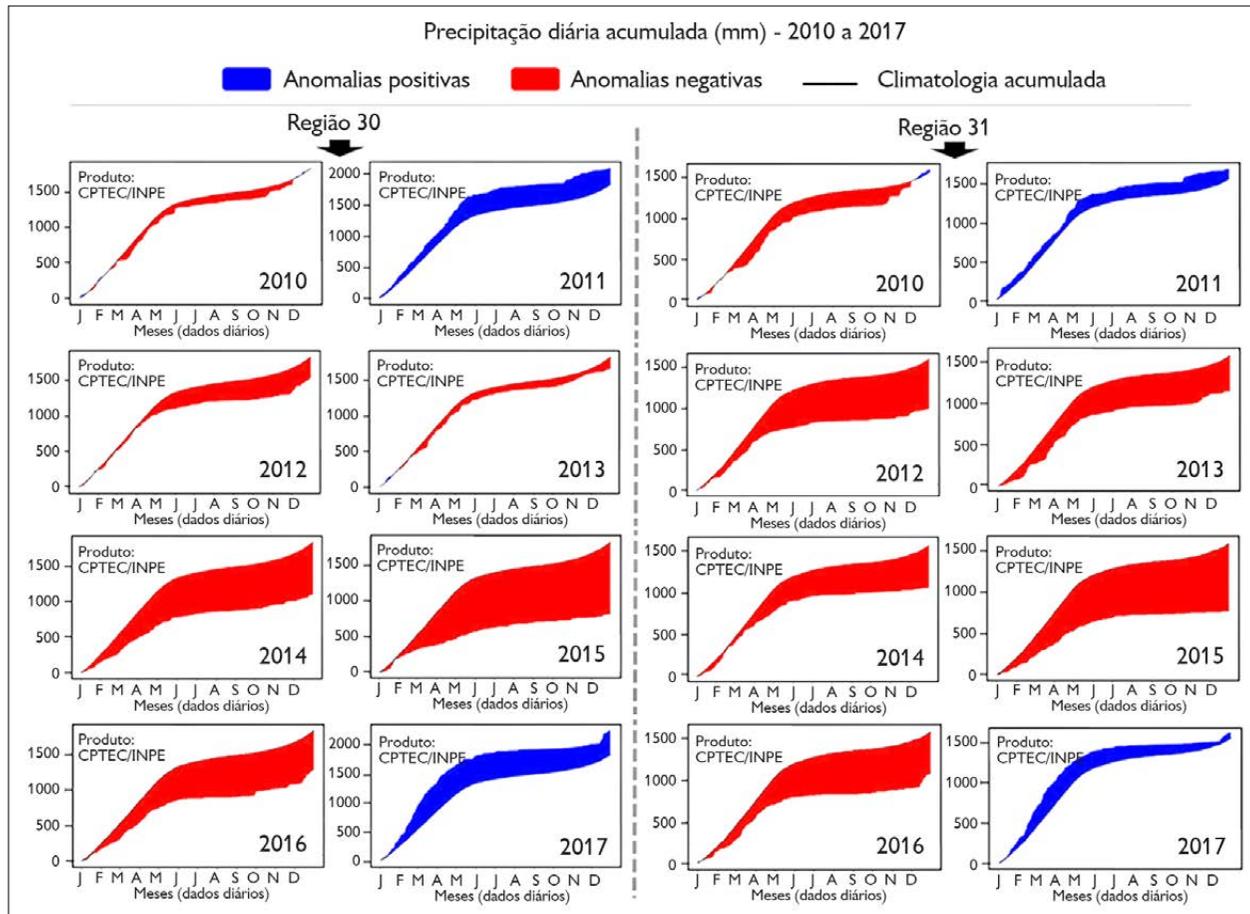


Figura 5. Precipitação diária na região (regiões 30 e 31) que engloba Paragominas, Pará (2010 a 2017). Fonte: modificado de CPTEC (2017).

Possivelmente, o aumento/intensificação das práticas agrícolas (uso do fogo) tenha sido singular neste período.

MAPEAMENTO E DIAGNÓSTICO DAS OCORRÊNCIAS DO FOGO NA PAISAGEM AO LONGO DE SETE ANOS

Focos de calor em áreas queimadas no período de 2010 a 2016

Um dos aspectos inerentes ao mapeamento das áreas queimadas no município foi entender o quão relacionadas elas estavam aos dados de focos de calor que são disponibilizados diariamente pelo INPE. Segundo o INPE (2017b), os focos de calor são indicativos de que será

detectada uma frente de fogo com cerca de 30 m de extensão por 1 m de largura, ou maior. Levando-se em conta que os satélites utilizados para este estudo foram TERRA e AQUA, com resolução espacial (pixel) de 1 km x 1 km, uma queimada de algumas dezenas de m² seria identificada como tendo pelo menos 1 km².

A avaliação tinha por objetivo descobrir se esses focos trariam algum indicativo espacial sobre as áreas que foram mapeadas e mesmo se existia uma dinâmica capaz de estabelecer um padrão espacial de ignições de fogo ao longo do período. Para tal, lançou-se mão de uma avaliação dedicada a estimar as zonas mais intensas de ocorrências de focos, por meio da densidade dos focos pelo método Kernel e de densidade de pontos propriamente dito.

Os dados da avaliação, no período de 2010 a 2016, podem ser visualizados na Figura 6.

Os resultados apresentados referem-se às detecções com estimativas acima de 50% (isto é, a seleção dos focos com valores tabulados de 0,6 em diante) de risco de fogo ocorridas ao longo de sete anos, excluídas as duplicidades de ocorrências. Pode-se dizer que, em grande parte, a estimativa das zonas de ocorrências de focos de calor coincidiu com as áreas mapeadas. Esse indicativo de recorrência espacial de registros de focos, pelo menos no período analisado, define um padrão particular de zonas que estão em constantes pressões e também pode ser representativo de áreas nativas sujeitas a constante degradação, principalmente da biodiversidade.

Sendo o monitoramento dos focos de calor diário, resolveu-se distinguir os períodos de registro dos satélites,

visando uma avaliação detalhada em dois períodos: manhã (Figura 7A) e tarde (Figura 7B).

A partir da análise dos dados, foi possível dizer que as ocorrências dos focos de calor foram mais intensas no período da tarde. Os sensores a bordo dos satélites TERRA e AQUA registram os focos no período da tarde às 14:00 h e às 17:00 h, enquanto, pela manhã, a passagem ocorre às 03:00 h e às 04:00 h, respectivamente. Portanto, é pertinente analisar que a intensidade dos focos declina no período noturno e, logo, aumenta ao raiar do dia, possivelmente em função de um cenário favorável à propagação do fogo e/ou à ignição de novas áreas.

Com o intuito de se ter uma avaliação mais específica das ocorrências dos focos de calor, julgou-se necessário realizar análise sobre a intercessão desses focos com as áreas queimadas, mapeadas no ciclo 2015-2016.

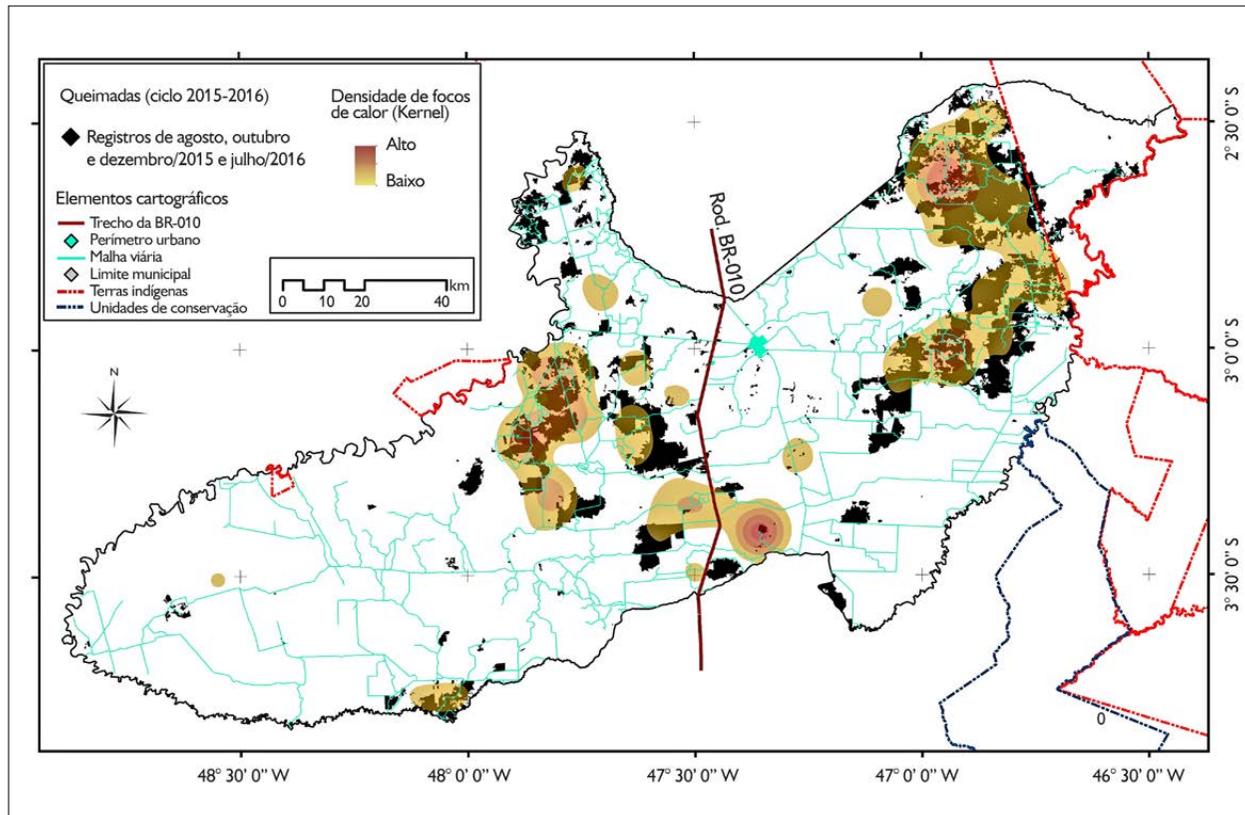


Figura 6. Avaliação da ocorrência da densidade Kernel dos focos de calor de 2010 a 2016 (com risco de fogo acima de 50%) sobre as áreas queimadas em Paragominas (ciclo 2015-2016). Mapas elaborados pelos autores.

Dos focos de calor com risco acima de 50%, percebeu-se que, dos 8.790 focos, apenas cerca de 20% (1.792 focos) e cerca de 10% (919 focos) de suas localizações estavam em zonas que interceptaram as áreas queimadas no período de

2015 (Figura 8A) e 2016 (Figura 8B), respectivamente. Quando esta análise foi realizada em relação ao dado original de 2010-2016 (11.074 focos), sem refinamentos quanto ao risco de fogo, esses percentuais caíram para 16% e 8%, respectivamente.

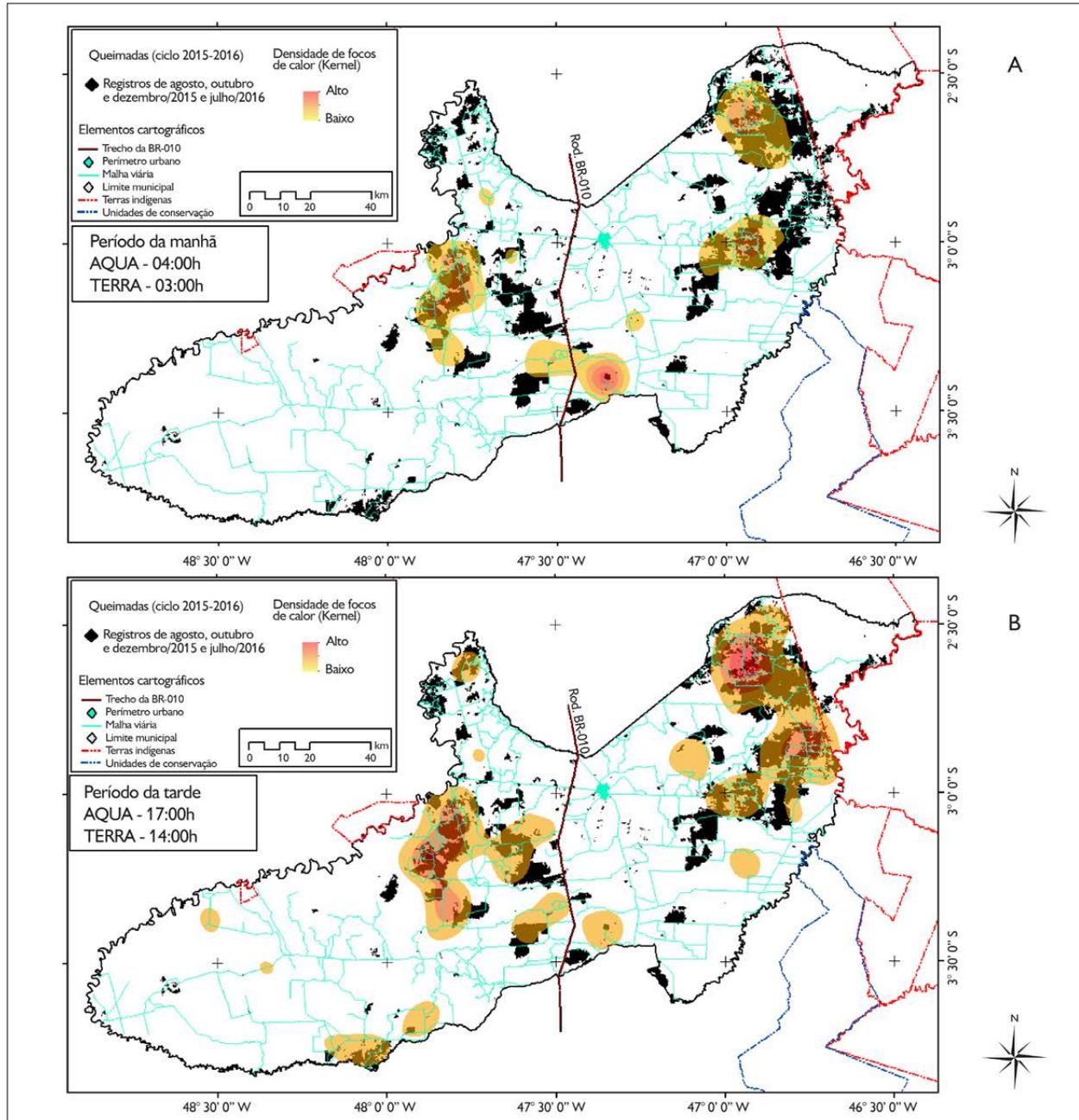


Figura 7. Avaliação da ocorrência da densidade Kernel dos focos de calor de 2010 a 2016 (com risco de fogo acima de 50%) no período de registro de dados da manhã (A) e da tarde (B) sobre as áreas queimadas em Paragominas (ciclo 2015-2016). Mapas elaborados pelos autores.

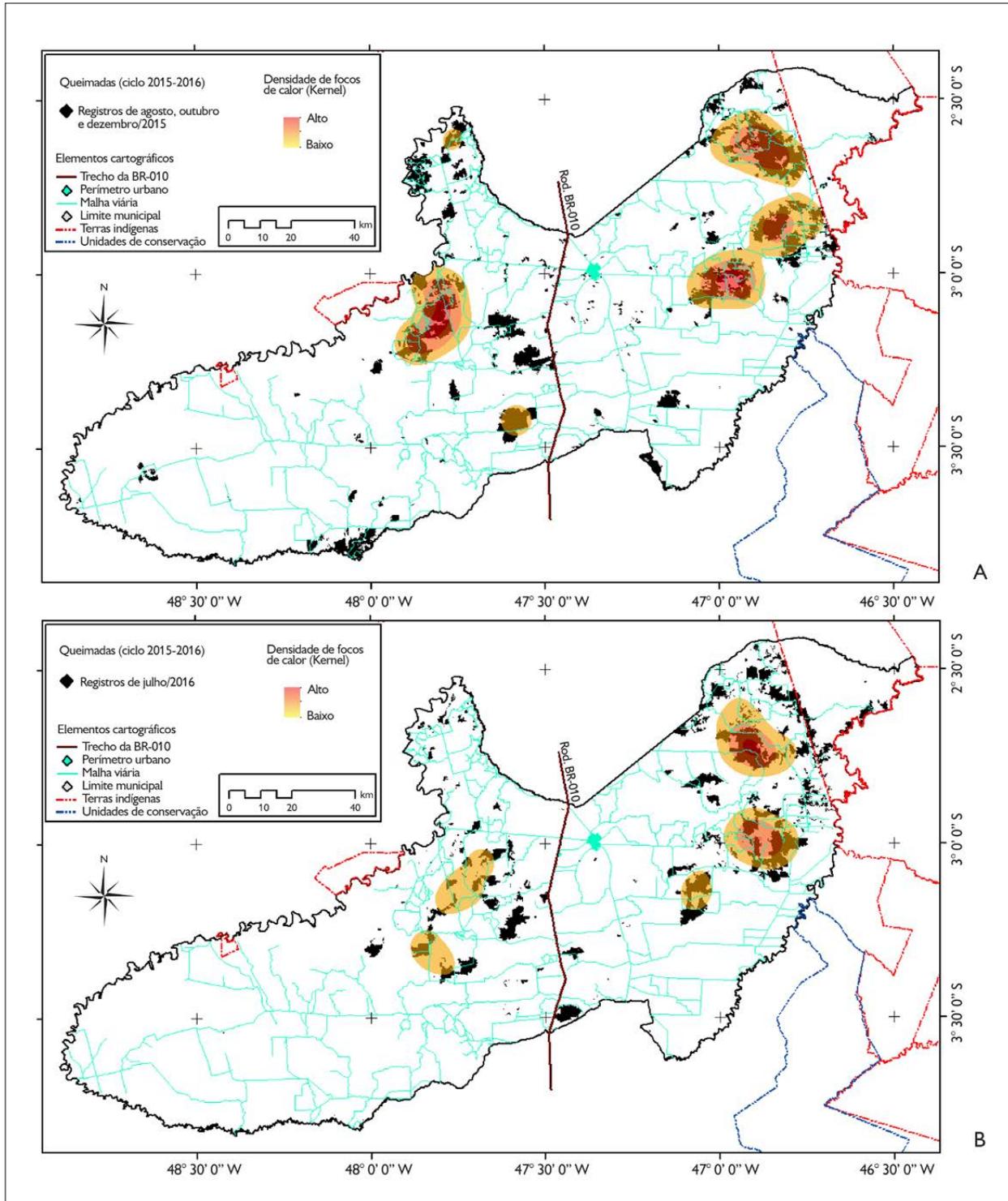


Figura 8. Avaliação da ocorrência da densidade Kernel dos focos de calor de 2010 a 2016 (com risco de fogo acima de 50%) sobre as áreas queimadas em Paragominas em 2015 (A) e 2016 (B). Mapas elaborados pelos autores.

Focos de calor em áreas queimadas no período de 2015 e 2016

Estudos conduzidos no estado do Acre evidenciaram omissões dos satélites na captação de focos de calor entre 65 a 100% das ocorrências de fogo (Pantoja *et al.*, 2005; Pantoja & Brown, 2007). Sob a mesma ótica, Tomzhinski *et al.* (2011), ao compararem os registros de observação (sistema de monitoramento do Parque Nacional do Itatiaia) com os registros dos focos de calor disponíveis, puderam concluir que os satélites deixaram de detectar 96% das ocorrências de incêndios de pequeno porte analisadas (menores que 10 ha). Levando-se em conta apenas os de médio (entre 10 e 52 ha) e de grande porte (maiores que 700 ha), a omissão foi de 75%.

Segundo Tomzhinski *et al.* (2011), as análises confirmaram os estudos em outras regiões, demonstrando que o método de detecção de focos de calor, se utilizado isoladamente, omite significativa parte das ocorrências de fogo. E, nesse caso específico, essas ocorrências são ainda mais significativas devido à área se localizar em região de serras (serra da Mantiqueira), onde as propriedades são, em geral, pequenas e médias, o relevo é acidentado e a maioria das ocorrências de incêndios é de menor proporção e duração em comparação a outras regiões do país, como a Norte e o Centro-Oeste.

Quando se fez a análise em cada período (em 2015 e em 2016) baseada na densidade de pontos propriamente dita, excluindo-se focos de calor que não estavam dentro das áreas de queimadas, os resultados demonstraram as zonas com densidade de registros no período de 2015 (Figura 9A) bem maior do que para o ano de 2016 (Figura 9B). Ou seja, houve mais densidade e coincidência sobre as áreas queimadas em relação ao período de análise de 2015 (agosto a dezembro) do que para o período de 2016 (janeiro a julho).

No geral, para 2015, os focos apresentaram compatibilidade com o mapeamento das áreas queimadas, enquanto, no ano de 2016, praticamente não houve coincidência entre os focos de calor e as áreas queimadas.

Segundo o INPE (2017b), existem condições que impedem ou prejudicam muito a detecção das queimadas. Para este estudo, entre elas, ganha destaque as seguintes condições que podem ter influenciado a detecção: a) frentes de fogo com menos de 30 m; b) fogo acometendo apenas o chão da floresta densa, sem afetar a copa das árvores; e c) imprecisão na localização do foco de queima, que, no melhor caso, é de cerca de 1 km, mas podendo chegar a 6 km. Além disso, é *sine qua non* considerar-se que a captação dos satélites se baseia em emissões de radiação termal, sendo, por isso, importante a percepção da condição, *a priori*, de focos de calor, já que nem sempre esta fonte provém de uma queimada. Baseando-se na correlação entre áreas queimadas mapeadas e ocorrência de focos de calor, é possível dizer que houve uma omissão considerável no período de 2016 para o critério acima de 50% de risco de fogo.

Pantoja *et al.* (2005) destacam que podem ocorrer tantos erros de omissão como de comissão, sendo que os de omissão dizem respeito à disparidade entre a veracidade do fato e a ausência de registro e os de comissão (ou inclusão) referem-se à ausência do fato e do registro de tal possibilidade.

Em se tratando de análise, é importante destacar que as formas e os tamanhos podem variar, quando se compara os focos de calor com as queimadas e os incêndios florestais (Pantoja & Brown, 2007). As observações de sobrevoo no estado do Acre indicaram que a grande maioria das queimadas era de poucos hectares (típicas de corte e queima feitas por pequenos produtores rurais) e, nesse caso, um pixel de um foco de calor poderia, em tese, incluir várias queimadas.

No cenário do município de Paragominas, Pará, percebeu-se, no período em estudo, que as áreas afetadas foram bem extensas, trazendo grande particularidade da magnitude da queima de florestas, já que essa foi a tipologia vegetal mais quantificada neste evento (Figura 2D). Portanto, esperava-se que a omissão dos registros para o período de análise, em 2016, fosse outra e que mantivesse a mesma lógica do período de 2015.

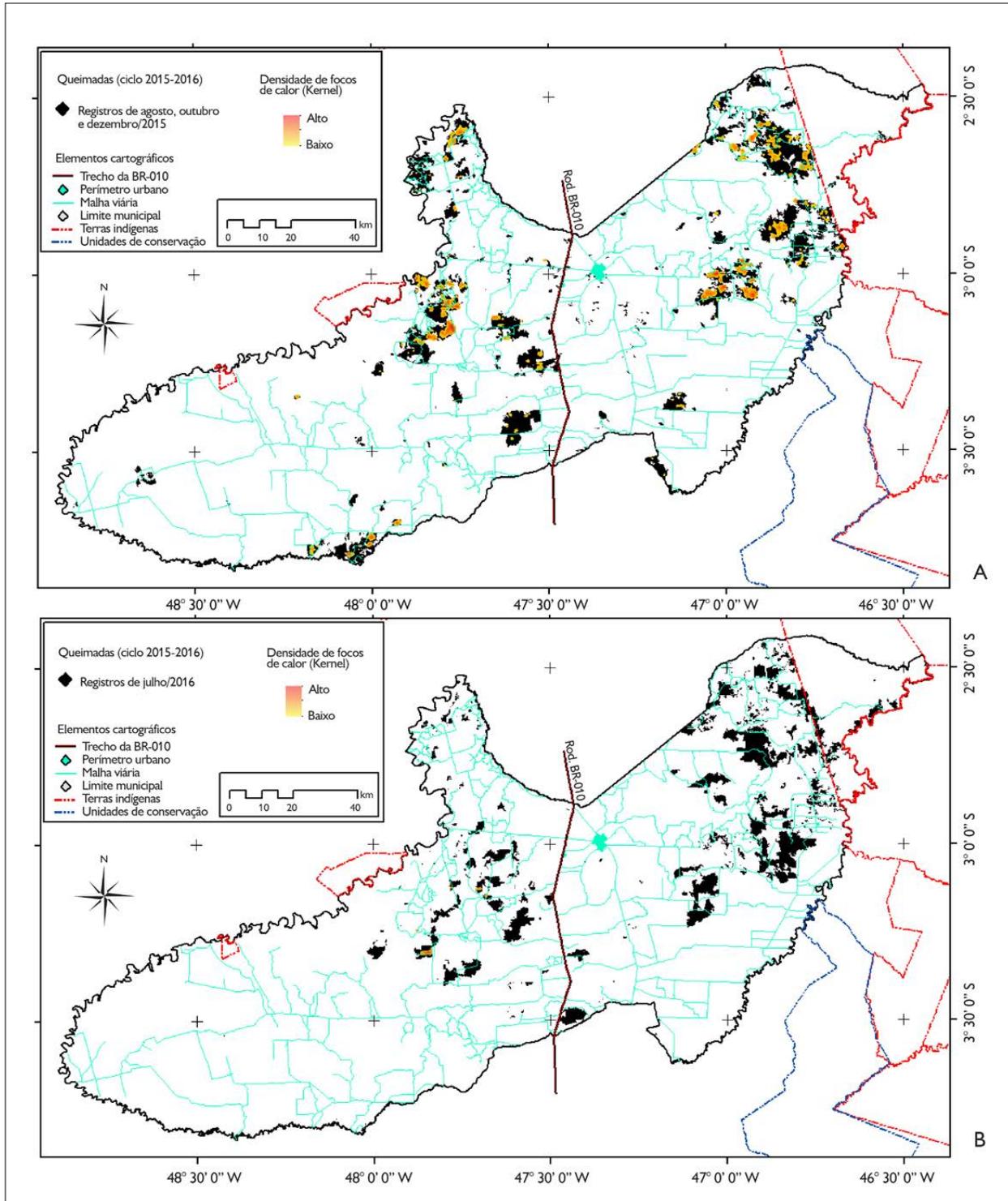


Figura 9. Avaliação da ocorrência da densidade dos focos de calor em 2015 e 2016 (com risco de fogo acima de 50%) sobre as áreas queimadas em Paragominas, Pará, em 2015 (A) e 2016 (B). Mapas elaborados pelos autores.



Uma parte importante para consolidar espacialmente os dados de focos de calor com as áreas queimadas foi o cruzamento destas áreas com os Projetos de Assentamento (PA) Agrícola (agricultura familiar) em Paragominas, de

maneira a qualificar a natureza das possíveis ignições de fogo, isto é, o objetivo a ser alcançado estava centrado em verificar se existia aleatoriedade de tais ocorrências. Os resultados podem ser vistos nas Figuras 10A e 10B.

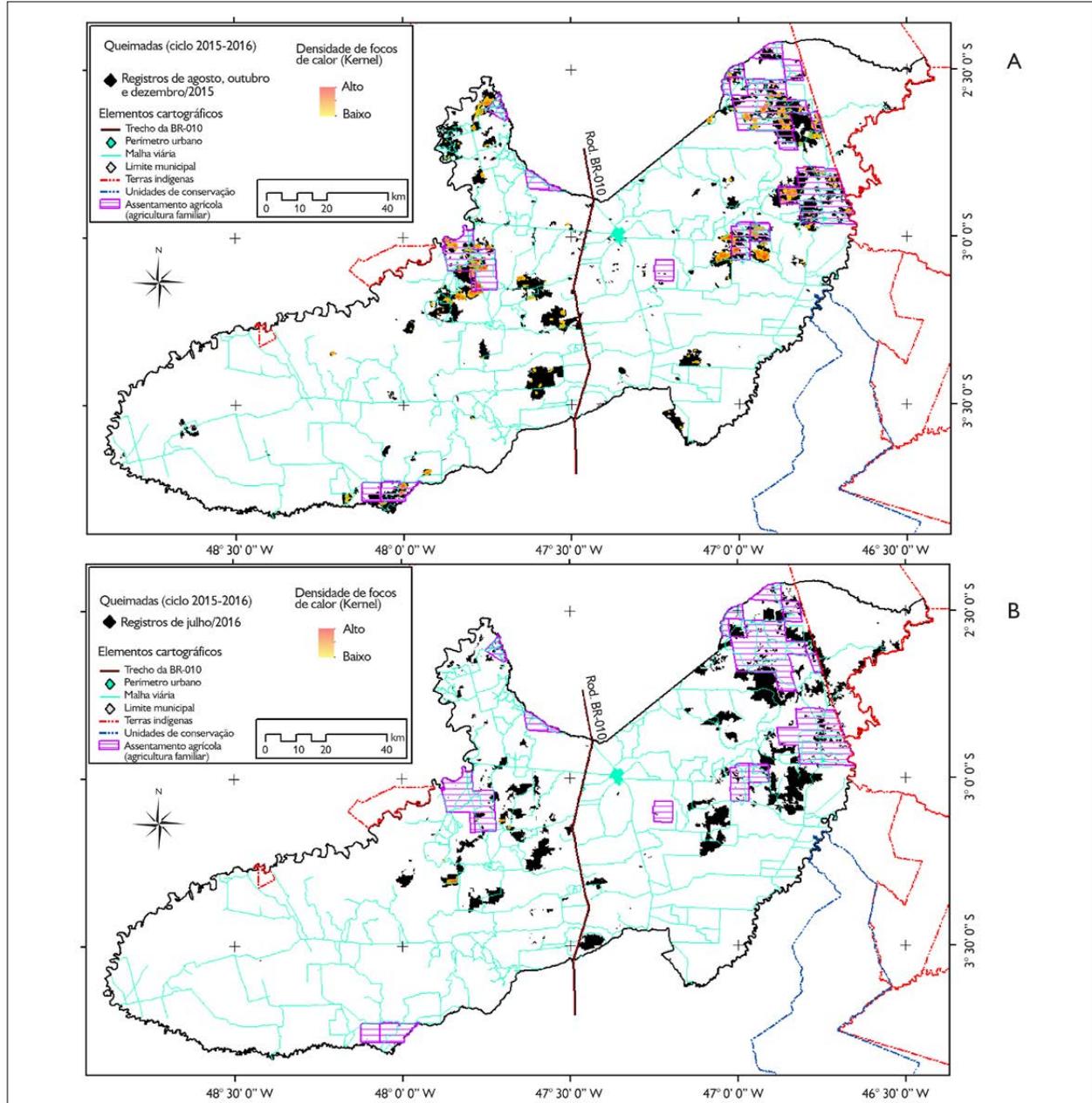


Figura 10. Avaliação da ocorrência da densidade dos focos de calor em 2015 e 2016 (com risco de fogo acima de 50%) sobre as áreas queimadas em Paragominas em 2015 (A) e 2016 (B), e a localização dos Projetos de Assentamento Agrícola (agricultura familiar). Mapas elaborados pelos autores.

À primeira vista, percebe-se que boa parte das queimadas e dos focos de calor em 2015 está localizada nos PA, sendo a outra parte distribuída em área mais próxima da rodovia BR-010. Já no período de 2016, aparecem poucas áreas queimadas dentro dos PA e muitas áreas queimadas adjacentes a estes projetos, provavelmente em função da propagação do fogo além-fronteiras. Um dos aspectos que ganha força nesta análise, para esses casos de vizinhança e contiguidade, é a possibilidade de que essas ignições tenham sido realizadas sem preocupação com as consequências de seu alastramento. Ou seja, evidencia-se um quadro de práticas tradicionais que precisam sofrer intervenções mais sistemáticas e controladoras, a fim de evitar degradações desmedidas sobre a paisagem do município.

A dimensão deste fato é suficientemente ampla para destacarmos que esse cenário de queima de biomassa florestal é mais um dos muitos outros que se mantêm ativos no país. Esse 'estado' latente e recorrente alimenta os estados ligados aos gases de efeito estufa (Fearnside, 2002), afetando a saúde humana (ICMBio, 2007; Gonçalves *et al.*, 2012).

Na queima de biomassa, são produzidos monóxido e dióxido de carbono (CO e CO_2), óxidos nitrosos (NO_x), hidrocarbonetos e partículas de aerossóis, os quais são incorporados na atmosfera e transportados (Andreae, 1991). Ao serem incorporados, esses elementos sofrem reações fotoquímicas que auxiliam a formação de poluentes secundários, como ozônio (O_3), aldeídos e peroxiacil nitratos, que são mais tóxicos do que seus precursores (Ribeiro, 2001).

Suas grandes influências destinam-se às alterações químicas e físicas da atmosfera, gerando mudanças no pH da água da chuva e afetando, por conseguinte, o balanço térmico pela interferência na quantidade de radiação solar refletida para o espaço. Além disso, são capazes de causar alterações nos ciclos biogeoquímicos naturais e na dinâmica de nutrientes tanto das regiões emissoras quanto das receptoras, transformando o problema que antes era local em global (Arbex *et al.*, 2004).

Quanto à saúde humana, os problemas vão bem além do que se imagina, abarcando desde aspectos ligados ao conforto quanto aos de debilidade corpórea. Tendo em vista que 80% da queima de biomassa ocorrem nos trópicos (Arbex *et al.*, 2004), suas inferências quanto à climatologia não podem ser desconsideradas.

Segundo Gonçalves *et al.* (2012), apesar de vasta literatura sobre a relação entre saúde e poluentes atmosféricos em centros urbanos, poucos são os estudos que abordam os efeitos ocasionados à saúde das populações expostas à fumaça das queimadas, principalmente na região amazônica. As análises precisam considerar a influência de fatores exógenos abióticos que poderiam ter um ou mais efeitos diretos e indiretos com consequência aos ecossistemas, alterando o equilíbrio saúde/doença na região afetada. Há de se considerar, portanto, que ano após ano parcelas da população estão expostas a riscos iminentes de efeitos nefastos e sem solução ainda.

Os efeitos nocivos à paisagem de Paragominas podem guardar discricção, sem que se tenha o entendimento real quanto aos danos ambientais e à população, uma vez que a recorrência desse tipo de dinâmica de ocupação e de uso da terra é preponderante sobre as mudanças climáticas, sendo reféns, ao mesmo tempo, de seus frutos por alterações de variáveis como temperatura, umidade, velocidade do ar e radiação solar incidente, os quais podem ter estreita relação com o regime de chuvas, vegetação, permeabilidade do solo, águas superficiais e subterrâneas, entre outras características locais que podem ser alteradas pela presença humana (Frota & Schiffer, 2006).

Ao se comparar, ao longo de sete anos, as ocorrências dos focos de calor com risco de fogo acima de 50% sobre as áreas queimadas no ciclo 2015-2016, é possível estabelecer o cenário das recorrências dos registros deste período (Figura 11).

Os impactos e a recorrência observados no histórico de focos de calor ao longo de sete anos podem ser uma pequena manifestação de um padrão e de

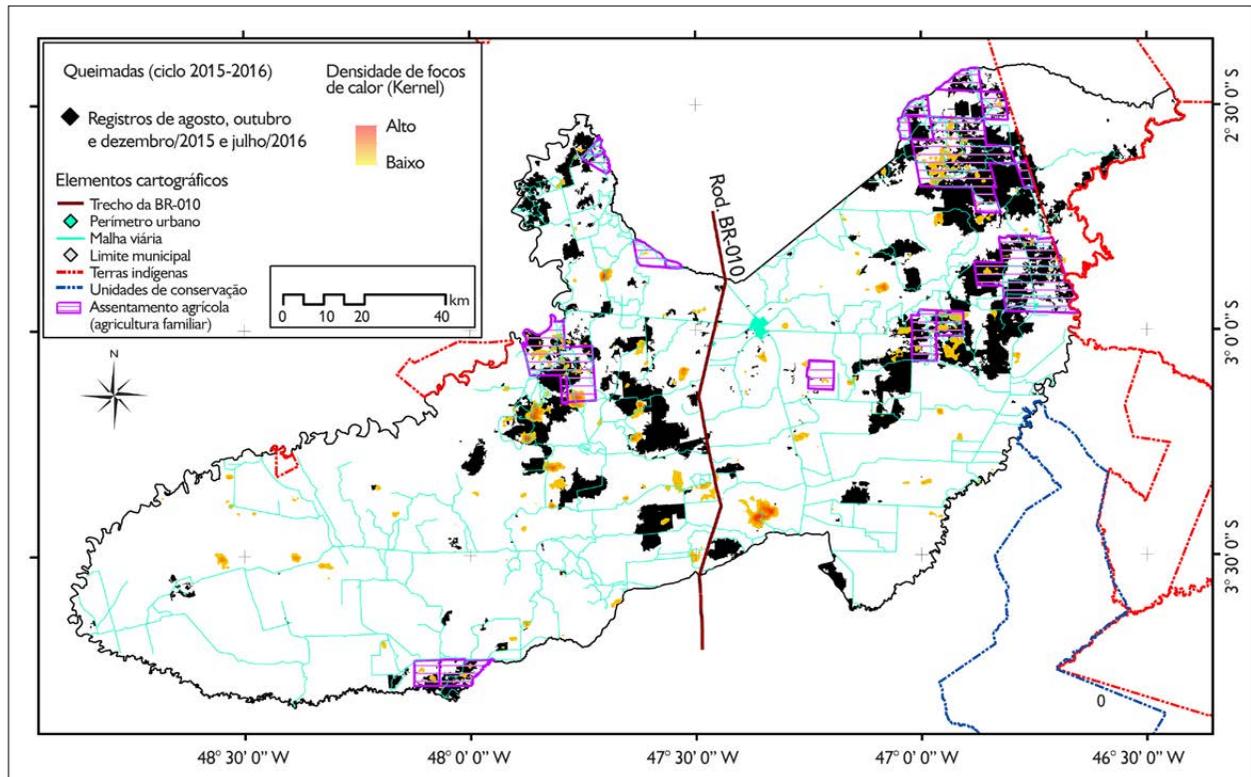


Figura 11. Avaliação da ocorrência da densidade dos focos de calor de 2010 a 2016 (com risco de fogo acima de 50%) sobre as áreas queimadas em Paragominas (ciclo 2015-2016), e a localização dos Projetos de Assentamento Agrícola (agricultura familiar). Mapa elaborado pelos autores.

pressões constantes de manejos inadequados ao contexto produtivo e ambiental.

Macul (2017), analisando a consistência dos dados de degradação florestal (DEGRAD) e de extração seletiva de madeira (DETEX) e suas relações com a ocorrência de incêndios florestais, no período de 2009 a 2015 na região onde se encontra o município de Paragominas, Pará, evidenciou que os valores de média zonal da intensidade de focos de calor para as áreas de DEGRAD tendem a se elevar com o aumento das recorrências de degradação, o que pode sugerir o uso do fogo nessas áreas, ou seja, quanto maior os valores de média de intensidade de focos de calor, mais recorrência de degradação existe na área, apontando que os dados de focos de calor podem ser utilizados para auxiliar na detecção de áreas de degradação florestal.

Nesse sentido, há de se pensar em um plano de ação mais efetivo e eficiente em relação às práticas com o uso do fogo, para que, circunstancialmente, esse tipo de cenário dê espaço para práticas mais adequadas ao território, potencializando atividades que favoreçam a evolução da integração do homem com seu meio e uma qualidade produtiva dentro de modelos que priorizam a manutenção dos recursos naturais.

Resta saber se os impactos aos remanescentes florestais guardam relação com alguma prática eficaz, contínua e devastadora, porém silenciosa, de ampliação de áreas, baseada na degradação dos remanescentes, criando oportunidades futuras. Na medida em que as dimensões de seus efeitos para o município ainda não são mensuradas, a sistemática de dano à tipologia vegetal clímax parece ser algo perene, pelo menos até o presente momento.

Com o intuito de gerar ferramentas de monitoramento capazes de operar, com velocidade, em relação à obtenção de dados e mesmo à análise das áreas queimadas, lançou-se mão de avaliar a aplicabilidade do produto NDVI do sensor MODIS (Tabela 2), a bordo do satélite AQUA, que tem periodicidade de 16 dias. Os índices espectrais têm recebido bastante atenção, devido à sua simplicidade conceitual e ao seu bom desempenho computacional, reduzindo o tempo de processamento e eliminando a subjetividade da interpretação visual de áreas queimadas (Veraverbeke *et al.*, 2011).

Os resultados encontrados possibilitaram uma avaliação entre os dados de NDVI gerados antes do registro das queimadas (junho/2015) e na ocasião do fim do ciclo 2015-2016 das queimadas no município (julho/2016). Eles estão apresentados na Figura 12.

Foi possível, de forma geral, destacar-se uma correlação dos níveis de valores NDVI para o momento anterior às queimadas em relação ao efeito delas sobre a cobertura vegetal e o uso da terra na paisagem de Paragominas, Pará.

Os resultados expressam certa linearidade entre os produtos gerados a partir das imagens Landsat e do MODIS/AQUA, tanto no cenário anterior ao evento do fogo como posterior a ele. Se considerarmos que o produto MODIS/AQUA está sujeito às condições de registro (nuvens) a cada 16 dias, por ser oriundo de sistema óptico de captação, este expressou com normalidade as discrepâncias dos registros das queimadas. Contudo, julga-se pertinente uma avaliação mais profunda sobre esta temática, para lhe atribuir proeminência quanto à sua aplicabilidade como elemento para o monitoramento local.

Dubinín *et al.* (2010) destacam que o mapeamento de áreas queimadas utilizando séries temporais é importantíssimo para o entendimento dos impactos dos incêndios no ciclo do carbono e nas alterações climáticas. Assim sendo, a modelagem estatística de séries temporais e a previsão com dados de sensoriamento remoto contribuirão para uma melhor compreensão da dinâmica de risco de incêndio e o desenvolvimento de métodos eficazes de alertas precoces (Huesca *et al.*, 2014).

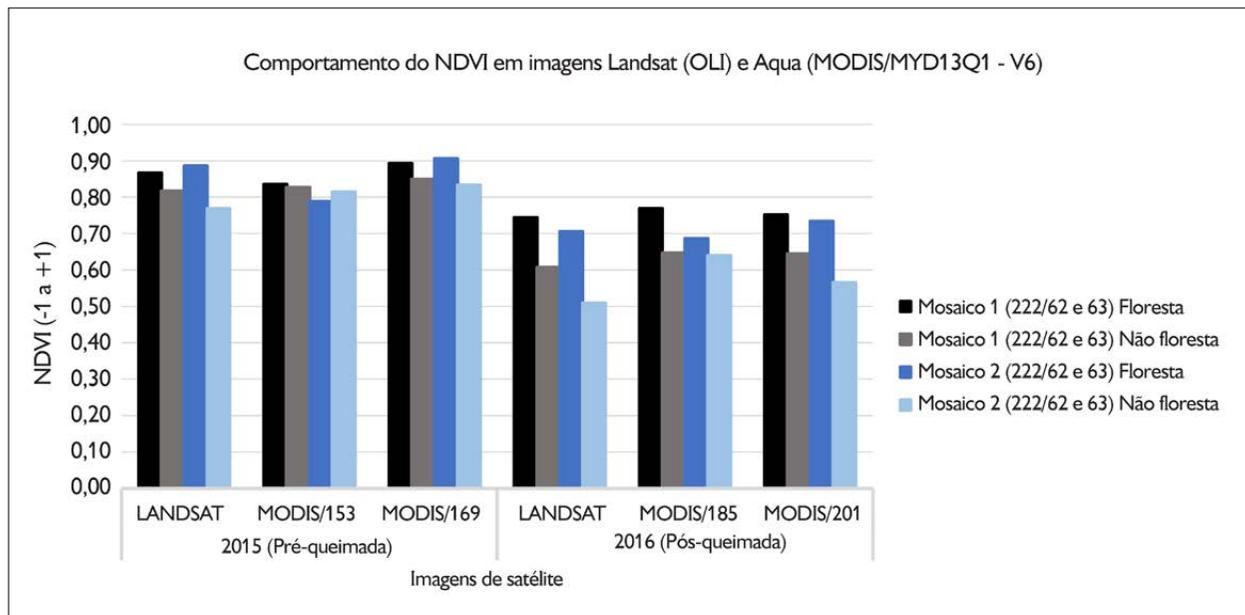


Figura 12. Avaliação do comportamento do NDVI em imagens do satélite Landsat 8 e do produto NDVI das imagens MODIS a bordo do satélite AQUA.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados demonstraram uma baixa coincidência dos focos de calor com risco de fogo acima de 50% com as áreas queimadas mapeadas. No entanto, deram indicativos temporais de recorrência que foram importantes para traçar um momento espacial sobre zonas de remanescentes florestais que estão sendo atingidas. Por sua vez, essas zonas sugerem uma sistemática silenciosa de degradação para, posteriormente, dar lugar à limpeza das áreas. Entretanto, tal hipótese precisa encontrar respostas plausíveis e pertinentes nesta direção.

As zonas de recorrência de focos de calor no município de Paragominas, ao longo de sete anos, são um indicativo importante para trazer elementos plausíveis para uma gestão local mais específica e eficaz de prevenção e de combate ao fogo, aliadas às políticas de fiscalização implementadas atualmente. Se for considerado que os dados utilizados representam 20% e 10% das coincidências das zonas que interceptam as áreas queimadas para o período de 2015 e 2016, respectivamente, as pressões e os impactos podem ser ainda maiores.

Um outro aspecto relevante diz respeito ao fato de boa parte das queimadas e dos focos de calor, no período de 2015, terem se concentrado em áreas onde se encontram Projetos de Assentamentos (PA) – havendo uma porção menor distribuída mais próximo da rodovia BR-010, mas não menos importante, pois representa cenário de extenso e intenso uso agrícola. Também no ano de 2016, foram observadas áreas queimadas muito além dos limites de tais PA e que, em razão da vizinhança e da contiguidade, pode ter ocorrido nelas a propagação do fogo sem controle, dando nuances de condutas incorretas e que precisam ser combatidas. Esses resultados evidenciam um quadro de práticas tradicionais que precisam sofrer intervenções mais sistemáticas e controladoras, para evitar degradações ambientais desmedidas, bem como prejuízos à saúde humana.

O pacto ambiental local precisa evoluir de tal forma a alcançar resultados eficientes para sustentar uma consciência produtiva integrada, de maneira que as perturbações às florestas deem lugar a uma lógica de ordenamento

territorial. É imprescindível que, além do planejamento do uso das terras visando ao fortalecimento do manejo florestal para aproveitamento racional do potencial florestal, sejam definidas zonas de adequação produtiva e ambiental para o avanço do desenvolvimento sustentável.

AGRADECIMENTOS

À Rede Temática de Pesquisa em Modelagem Ambiental da Amazônia (Projeto GEOMA)/Projeto Integrado de Modelagem da Cobertura da Terra do Pará, pela oportunidade da pesquisa. Ao Projeto *Supporting technical options and innovative public-private partnership, linking sustainable agricultural production and land management* (TERRACERT), coordenado pelo Centro Internacional para Pesquisa Florestal (CIFOR), pelas interações e apoio logístico. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa de desenvolvimento do Programa de Capacitação Institucional do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (PCI/MCTIC). Ao Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia (COCTE), Unidade de Análises Espaciais (UAS), pela infraestrutura para o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, L. O., L. E. O. C. ARAGÃO, A. LIMA & E. SHIMABUKURU, 2005. Detecção de cicatrizes de áreas queimadas baseada no modelo linear de mistura espectral e imagens índice de vegetação utilizando dados multitemporais do sensor MODIS/TERRA no estado do Mato Grosso, Amazônia brasileira. *Acta Amazonica* 35(4): 445-456. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672005000400009>.
- ANDREAE, M. O., 1991. Biomass burning: it is history, use and distribution and its impact on environmental quality and global climate. In: J. S. LEVINE (Ed.): **Global biomass burning: atmospheric, climatic and biospheric implications**: 3-21. MIT Press, Cambridge.
- ARBEX, M. A., J. E. D. CANÇADO, L. A. A. PEREIRA, A. L. F. BRAGA & P. H. N. SALDIVA, 2004. Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde. *Jornal Brasileiro de Pneumologia* 30(2): 158-175. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-37132004000200015>.
- ARCGIS, 2010. **ArcGIS Professional GIS for the desktop**. Versão 10.0. Environmental Systems Research Institute (ESRI). CD-ROM.

- BARBOSA, R. I., 2010. **Distribuição espacial e temporal dos focos de calor no estado de Roraima para o período de janeiro - 1999 a dezembro - 2009 (satélites NOAA 12 - N E NOAA 15 - N)**. Relatório técnico-científico. Comitê de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais de Roraima/Instituto Nacional de Pesquisas Amazônicas, Boa Vista.
- BASTOS, T. X., G. F. G. SILVA, N. A. PACHECO & R. O. FIGUEIREDO, 2010. Informações agroclimáticas do município de Paragominas para o planejamento agrícola. **Anais do Congresso Brasileiro de Meteorologia** 14: 1-6. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/579613/1/Niiza4.pdf>>. Acesso em: 14 setembro 2017.
- BATISTA, A. C., 2004. Detecção de incêndios florestais por satélites. **Floresta** 34(2): 237-241. Disponível em: <http://queimadas.cptec.inpe.br/~rqueimadas/material3os/2004_Batista_Deteccao_Floresta_DE3os.pdf>. Acesso em: 20 junho 2011.
- BRUMATTI, D. V., 2012. **Avaliação do impacto do aquecimento global no risco de fogo na África**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- CÂMARA, G., R. C. M. SOUZA, U. M. FREITAS, J. GARRIDO & M. FERNANDO, 1996. SPRING: integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics** 20(3): 395-403. DOI: [https://doi.org/10.1016/0097-8493\(96\)00008-8](https://doi.org/10.1016/0097-8493(96)00008-8).
- CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS (CPTEC), 2017. **Evolução das chuvas**. INPE/CPTEC, São José dos Campos. Disponível em: <<http://clima1.cptec.inpe.br/evolucao/pt>>. Acesso em: 12 setembro 2017.
- COSTA, J. M. & M. F. FLEURY, 2015. O Programa "Municípios Verdes": estratégias de revalorização do espaço em municípios paraenses. **Ambiente & Sociedade** 18(2): 61-76. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422ASOCEX04V1822015en>.
- DUBININ, M., P. POTAPOV, A. LUSHCHEKINA & V. C. RADELOFF, 2010. Reconstructing long time series of burned areas in arid grasslands of southern Russia by satellite remote sensing. **Remote Sensing of Environment** 114(8): 1638-1648. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2010.02.010>.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA), 2017. **EMBRAPA monitoramento**: satélites de monitoramento. Disponível em: <<https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/sat/#>>. Acesso em: 8 março 2017.
- EPIPHANIO, J. C. N., J. M. GLERIANI, A. R. FORMAGGIO & B. F. T. RUDORFF, 1996. Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 31(6): 445-454.
- FACHIN, P., 2016. Incêndios na floresta amazônica acarretam uma redução de 94% das espécies de árvores (Entrevista especial com Erika Berenguer). **Revista IHU On-line**. Disponível em: <<http://www.ihu.unisinos.br/563108-incendios-na-floresta-amazonica-acarretam-uma-reducao-de-94-das-especies-de-arvores-entrevista-especial-com-erika-berenguer>>. Acesso em: 31 janeiro 2018.
- FEARNSIDE, P. M., 2002. Fogo e emissão de gases de efeito estufa dos ecossistemas florestais da Amazônia brasileira. **Estudos Avançados** 16(44): 99-123. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142002000100007>.
- FROTA, A. B. & S. R. SCHIFFER, 2006. **Manual de conforto térmico**: arquitetura, urbanismo: 7. ed. Studio Nobel, São Paulo.
- GONÇALVES, K. S., H. A. CASTRO & S. S. HACON, 2012. As queimadas na região amazônica e o adoecimento respiratório. **Ciência & Saúde Coletiva** 17(6): 1523-1532. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-81232012000600016>.
- GUIMARÃES, J., A. VERÍSSIMO, P. AMARAL & A. DEMACHKI, 2011. **Municípios verdes**: caminhos para a sustentabilidade: 1-154. Imazon, Belém.
- HUESCA, M., J. LITAGO, S. MERINO-DE-MIGUEL, V. CICUENDEZ-LÓPEZ-OCANA & A. PALACIOS-ORUETA, 2014. Modeling and forecasting MODIS-based Fire Potential Index on a pixel basis using time series models. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation** 26: 363-376. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2013.09.003>.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 2016. **Cidades**. IBGE, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=150550/>>. Acesso em: 5 dezembro 2016.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 2017. **Bases cartográficas e referenciais do território**. IBGE, Rio de Janeiro. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc250/versao2017/shapefile/>. Acesso em: 22 janeiro 2018.
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio), 2007. **Impactos do fogo na vegetação do Planalto do Itatiaia**: 1-17. Relatório técnico. ICMBio, Rio de Janeiro.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE), 2017a. **Programa Queimadas (Dados)**. Disponível em: <<http://www.inpe.br/queimadas/bdqueimadas/>>. Acesso em: 10 maio 2017.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE), 2017b. **Programa Queimadas (Dados)**. Disponível em: <<http://www.inpe.br/queimadas/portal/informacoes/perguntas-frequentes>>. Acesso em: 17 agosto 2017.
- JUNIOR, J., 2016. Operação Arco de Fogo fecha madeiras e carvoarias em Tailândia, Pará. **Portal Tailândia**. Disponível em: <<https://portaltailandia.com/noticia/operacao-arco-de-fogo-fecha-madeiras-e-carvoarias-em-tailandia-para/>>. Acesso em: 5 dezembro 2016.
- MACUL, M. S., 2017. **Análise exploratória da degradação florestal na região de Paragominas (PA) – os sistemas DETEX, DEGRAD e focos de calor**. Disponível em: <http://wiki.dpi.inpe.br/lib/execute.php?media=mateusmacul_trabalhofinal.pdf>. Acesso em: 21 março 2018.

- MENDOZA, E. R. H., 2002. **Susceptibilidade da floresta primária ao fogo em 1998 e 1999**: estudo de caso no Acre, Amazônia Sul-Occidental, Brasil. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco.
- MINISTÉRIO DA CIENCIA E TECNOLOGIA (MCT), 2004. **Comunicação nacional inicial do Brasil à convenção-quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima**. MCT, Brasília. Disponível em: <ftp://ftp.mct.gov.br/Biblioteca/1015-Comunicacao_nacional_inicial_Brasil_Convencao-Quadro_Nacoes_Unidas_sobre_clima.pdf>. Acesso em: 22 janeiro 2018.
- MOTTA, R. S., M. J. C. MENDONÇA, D. C. NESPSTAD, M. C. VERA DIAZ, A. ALENCAR, J. C. GOMES & R. A. ORTIZ, 2002. **O custo econômico do fogo na Amazônia**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Texto para discussão, 912), Rio de Janeiro. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/2802>. Acesso em: 22 janeiro 2018.
- NEPSTAD, D. C., A. G. MOREIRA & A. A. ALENCAR, 1999. **A floresta em chamas**: origens, impactos e prevenção de fogo na Amazônia: 1-202. Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil, Brasília.
- ORTIZ, F., 2014. A história do município que saiu da lista negra dos maiores desmatadores. **((O))eco**. Disponível em: <http://www.oeco.org.br/reportagens/28764-a-historia-do-municipio-que-saiu-da-lista-negra-dos-maiores-desmatadores/>. Acesso em: 30 novembro 2016.
- PANTOJA, N. V., D. SELHORST, K. S. ROCHA, F. M. C. LOPES, S. S. VASCONCELOS & I. F. BROWN, 2005. Observações de queimadas no leste do Acre: subsídios para validação de focos de calor derivados de dados de satélites. **Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto** 12: 3215-3222. Disponível em: <http://mar.te.sid.inpe.br/attachment.cgi/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.21.21.16/doc/3215.pdf>. Acesso em: 22 janeiro 2018.
- PANTOJA, N. V. & I. F. BROWN, 2007. Acurácia dos sensores AVHRR, GOES e MODIS na detecção de incêndios florestais e queimadas a partir de observações aéreas no estado do Acre, Brasil. **Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto** 13: 4501-4508. Disponível em: <http://mar.te.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.16.00.40.54/doc/4501-4508.pdf>. Acesso em: 22 janeiro 2018.
- PINTO, A., P. AMARAL, C. SOUZA JR., A. VERÍSSIMO, R. SALOMÃO, G. GOMES & C. BALIEIRO, 2009. **Diagnóstico socioeconômico e florestal do município de Paragominas**. Imazon, Belém. Disponível em: <https://imazon.org.br/PDFimazon/Portugues/outros/diagnostico-socioeconomico-e-florestal-do.pdf>. Acesso em: 30 novembro 2016.
- RIBEIRO, H., 2001. Fossil fuel energy impacts on health. In: ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA (UNESCO). **Encyclopedia of life support systems**: 1-6. UNESCO, Paris. Disponível em: <http://www.eolss.net/sample-chapters/c09/e4-23-05-02.pdf>. Acesso em: 23 janeiro 2018.
- ROSENDO, J. S., 2005. **Índices de vegetação e monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na Bacia do Rio Araguari - MG - utilizando dados do sensor MODIS**: 1-130. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE DO PARÁ (SEMAS-PA), 2016. **Programa Municípios Verdes**. Disponível em: <http://www.sema.pa.gov.br/>. Acesso em: 5 dezembro 2016.
- TOMZHINSKI, G. W., P. H. F. COURA & M. C. FERNANDES, 2011. Avaliação da detecção de focos de calor por sensoriamento remoto para o Parque Nacional do Itatiaia. **Biodiversidade Brasileira** 1(2): 201-211. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/revistaeletronica/index.php/BioBR/article/view/140/115>. Acesso em: 21 março 2018.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS), 2017a. **Earth Explorer (Dados)**. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 6 março 2017.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS), 2017b. **LP DAAC**. Disponível em: <https://lpdaac.usgs.gov/products/myd13q1v006/>. Acesso em: 8 março 2017.
- VERAVERBEKE, S., S. LHERMITTE, W. W. VERSTRAETEN & R. GOOSSENS, 2011. Evaluation of pre/post-fire differenced spectral indices for assessing burn severity in a Mediterranean environment with Landsat Thematic Mapper. **International Journal of Remote Sensing** 32(12): 3521-3537. DOI: https://doi.org/10.1080/01431161003752430.

O sistema de valoração da geodiversidade, com enfoque nos serviços ecossistêmicos *sensu* Murray Gray

The geodiversity valuation system, with focus on ecosystem services *sensu* Murray Gray

Matheus Lisboa Nobre da Silva^I, Marcos Antonio Leite do Nascimento^{II}

^IMuseu Nacional/Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

^{II}Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, Rio Grande do Norte, Brasil

Resumo: Geodiversidade representa a variedade dos elementos abióticos presentes na natureza, compreendendo também as suas assembleias e os seus processos. Toda essa diversidade natural precisa ser protegida, com o consumo feito da forma mais sustentável possível, assim como já é pensado para a biodiversidade. Podem-se identificar valores para a geodiversidade capazes de embasar o processo de conservação dos recursos abióticos. O sistema aqui apresentado foi definido pelo geógrafo Murray Gray, por meio da concepção de um valor intrínseco, cinco serviços (regulação, suporte, provisão, cultural e conhecimento) e 25 bens e processos. Esse novo modelo *sensu* Murray Gray, baseado na definição do ecossistema abiótico, é apresentado como um sistema de valoração qualitativa da geodiversidade, possível de ser aplicado em estudos no Brasil. É exemplificada aqui a aplicação deste sistema na identificação da geodiversidade na cidade do Natal, no Rio Grande do Norte, nordeste do Brasil, formada geologicamente por coberturas cenozoicas, mas que possui vasta diversidade abiótica nas paisagens e uso de materiais pétreos em monumentos e edificações históricas. Assim, propõe-se aqui a atualização dos sistemas avaliativos da diversidade abiótica no país, de forma a promover maior diálogo entre os estudos da diversidade natural do planeta.

Palavras-chave: Geodiversidade. Valoração. Serviços. Ecossistema.

Abstract: Geodiversity is the variety of abiotic elements present in nature, including its assembly and processes. All natural diversity needs to be preserved and have its consumption made sustainable, as is already accepted for biodiversity. It's possible to identify values of geodiversity that can support the conservation of abiotic resources process. The system here presented was introduced by the geographer Murray Gray, through the conception one intrinsic value, five services (regulation, support, provision, cultural, and knowledge) and 25 goods and processes. This new model *sensu* Murray Gray, based on the abiotic ecosystem definition, is presented as an example of a qualitative evaluation system of geodiversity that can be applied to studies in Brazil. It's exemplified here the application of this system on the identification of geodiversity in Natal, Rio Grande do Norte, northeastern Brazil, geologically formed by cenozoic covertures, but with a wide range of abiotic diversity on its landscapes and in the use of stone in historical monuments and buildings. Therefore, it is proposed here to update the evaluation system of abiotic diversity in the country, in order to promote greater dialogue between the studies of the natural diversity of the planet.

Keywords: Geodiversity. Valuation. Services. Ecosystem.

SILVA, M. L. N. & M. A. L. NASCIMENTO, 2019. O sistema de valoração da geodiversidade, com enfoque nos serviços ecossistêmicos *sensu* Murray Gray. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais* 14(1): 79-90.

Autor para correspondência: Matheus Lisboa Nobre da Silva. Rua Aníbal Correia, 3271 – Candelária. Natal, RN, Brasil. CEP 59064-340 (nobre.mt@gmail.com).

Recebido em 18/04/2017

Aprovado em 05/09/2018

Responsabilidade editorial: Fernando da Silva Carvalho Filho



INTRODUÇÃO

Os estudos da geodiversidade são desenvolvidos em todo o mundo há quase três décadas, colaborando com a divulgação das ciências da Terra entre a sociedade, pois este conceito consegue dialogar com o público leigo de forma mais simplificada, direta, capturando a atenção. Sabe-se, hoje, que tão importante quanto conhecer a diversidade de elementos bióticos do planeta (biodiversidade) é saber onde vivem, se reproduzem e se desenvolvem todos os seres vivos. Dentro do processo de identificação dos locais em que os elementos abióticos ocorrem de forma mais intensa e com maior significância está o desenvolvimento de ações que agreguem valor a tais ocorrências.

Um dos principais enfoques da aplicação dos conceitos da geodiversidade é a conservação da natureza em suas características abióticas, de forma a promover consumo sustentável dos recursos naturais (Nascimento *et al.*, 2008). Uma vez que as ações de proteção ao meio ambiente estão vinculadas à definição de valores que hierarquizem os lugares de maior necessidade de proteção, os locais em que a geodiversidade está presente também precisam ter valores definidos pelas pessoas que trabalham com tal enfoque.

A conservação dos recursos abióticos do planeta é fundamental, visto que a geodiversidade contém informações sobre o passado e o presente da Terra, também possibilitando, por meio das análises de inter-relações ambientais naturais ou com viés na ação antrópica, interpretações sobre o estado futuro de um ambiente localizado. A conservação da geodiversidade recebe uma terminologia própria, a geoconservação (Burek & Prosser, 2008).

Todas as atividades que visam à geoconservação devem envolver a sociedade por meio da educação, da cultura, do turismo e da economia. Essas ações de divulgação e de proteção da geodiversidade podem ser desenvolvidas para as regiões que possuem elementos *in situ* (elementos da geodiversidade que ocorrem no local de formação) ou *ex situ* (elementos da geodiversidade que são transferidos de seu local de formação para outro), mas devem sempre focar na proteção do patrimônio geológico

(porção da geodiversidade que apresenta valor patrimonial, superlativo), na tradução do conhecimento geológico para a sociedade e no envolvimento desta sociedade na geoconservação (Brilha, 2005).

A criação de parâmetros de valoração qualitativa e quantitativa, que podem embasar as ações de conservação da geodiversidade, está presente em diversos trabalhos da literatura, a exemplo de Rivas *et al.* (1997), Brilha (2005, 2016), Myall *et al.* (2011), Nikitina (2012) e Gordon & Barron (2012). Pereira (2010) faz uma retrospectiva histórica do desenvolvimento dessas metodologias e apresenta os principais parâmetros observados no processo de valoração.

Entretanto, um dos sistemas mais empregados é o que foi apresentado por Gray (2004), criando valores e subvalores de acordo com a função principal do elemento abiótico para o meio ambiente ou para o ser humano, sua cultura e sua economia.

Mais recentemente, a publicação de Gray (2013) atualizou este sistema para definir o que ele chamou de serviços ecossistêmicos da geodiversidade como uma forma de estender as definições anteriormente feitas para a biodiversidade e integrá-las com a geodiversidade (meio abiótico).

O objetivo principal deste trabalho é a apresentação e a atualização do sistema de valoração *sensu* Murray Gray, permitindo que pesquisadores, sobretudo brasileiros, passem a valorar a geodiversidade a partir do conceito de serviços ecossistêmicos da diversidade abiótica. Assim, a pesquisa baseia-se em uma extensa revisão bibliográfica da temática e aplica a metodologia, de forma simplificada e como exemplificação, na avaliação da geodiversidade da cidade do Natal, capital do Rio Grande do Norte.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A cidade do Natal está localizada no Nordeste do Brasil, em sua faixa litorânea leste, que é compreendida por Almeida *et al.* (1977) como componente do segmento meridional da



Província Costeira, representada por rochas sedimentares de idade cretácea, cobertas por rochas do Grupo Barreiras e por depósitos sedimentares, aluvionares e litorâneos praias.

Córdoba *et al.* (2007) identificam a região em que se encontra a cidade como correlata à bacia Pernambuco-Paraíba, bacia do tipo rifte, subdividida em duas supersequências, uma rifte e outra drifte, cuja formação está associada ao evento de rifteamento do Atlântico Sul, que culminou com a abertura final do oceano Atlântico e separação dos continentes africano e sul-americano, ainda no processo de ruptura do supercontinente Gondwana, no final do Aptiano.

Além da diversidade de paisagens, compostas por praias, dunas, falésias, rios, manguezais e lagoas (Silva, 2016), existem diversos registros de usos dos recursos da geodiversidade, sobretudo de rochas em monumentos e em edifícios, históricos e recentes, e nas primeiras ruas da cidade.

Observa-se o uso de rochas sedimentares, como arenitos calcíferos e ferruginosos, ígneas, especialmente granitos retirados da cidade vizinha, Macaíba, no Rio Grande do Norte, distante 20 km da capital, a sudoeste dela, e metamórficas, como os mármore correlatos à Formação Jucurutu. Ao longo de toda a história da cidade, que perpassa mais de 400 anos, a geodiversidade mostra-se sempre presente, desde os primórdios da cartografia local.

Desde o começo da história da cidade já se percebia a importância da presença dos arrecifes de arenito como um componente da paisagem local. Mapas que retratam a época da ocupação holandesa, quando Natal passou a se chamar Nova Amsterdã e o Forte dos Reis Magos foi renomeado para *Fort Ceulen* (Souza, 2008), mostram e identificam os proeminentes arrecifes na região da praia do Forte, na desembocadura do, atualmente chamado, rio Potengi (Figura 1).

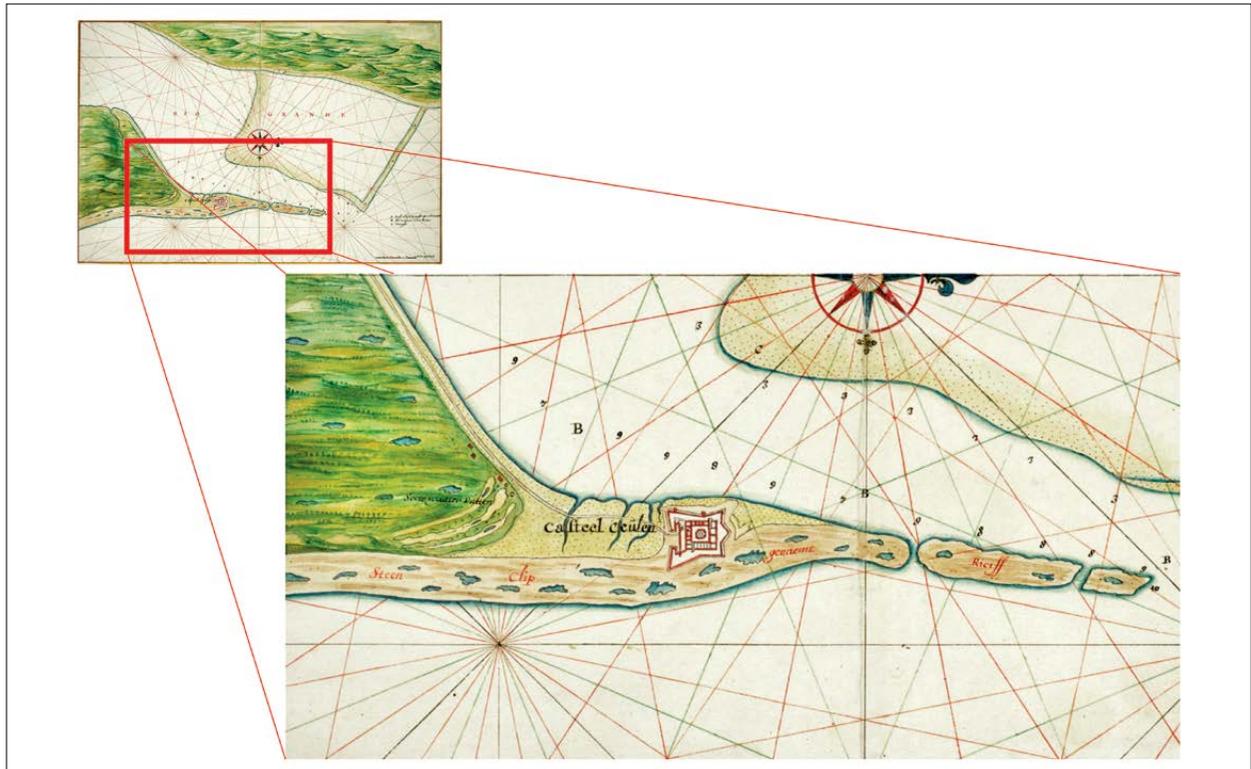


Figura 1. Mapa de Johannes Vingboons, datado de 1665, mostrando o *Fort Ceulen* e os arenitos praias da praia do Forte. Em holandês, está escrito "*steen clip genaemt riciff*", cuja tradução é "corpo de pedra chamado recife". Fonte: Colonial Voyage (s. d.).

METODOLOGIA

O caráter principal deste trabalho é de revisão bibliográfica sobre a temática de valoração dos elementos abióticos da natureza, ou de geodiversidade, a partir da concepção dos serviços ecossistêmicos, termo bem estruturado nas ciências biológicas e que pode dialogar com toda a diversidade natural do planeta, de forma a gerar valoração ampla dos recursos naturais.

As pesquisas que resultaram na realização deste trabalho foram baseadas em um recorte bibliográfico sobre as definições epistemológicas da geodiversidade, de serviços ecossistêmicos, assim como sobre a definição de valores dos recursos abióticos, sob a visão de Murray Gray, um dos primeiros autores a tratar da valoração da geodiversidade.

Teses, dissertações, trabalhos de conclusão de curso, livros, capítulos de livros, artigos em periódicos e artigos em revistas correntes foram obtidos nas plataformas *Google Scholar*, *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), portal da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD-IBICT), compreendendo as principais bases consultadas.

Como modelo de avaliação da geodiversidade, segundo o conceito de serviços ecossistêmicos, utilizou-se a definição de Gray (2013), que conceitua um valor, cinco serviços e 25 bens e processos da geodiversidade. A aplicabilidade foi testada em um trabalho de campo realizado na cidade do Natal, em que foram tomados dois exemplos *in situ* e dois exemplos *ex situ*.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A GEODIVERSIDADE

A geodiversidade é representada por todos os elementos abióticos que constituem o planeta Terra, compreendendo minerais, rochas, fósseis, solos, água, paisagens, entre outros. Por se tratar de um termo recente, utilizado apenas a partir da década de 1990, a geodiversidade ainda é pouco conhecida do grande público leigo, mas vem

sendo pesquisada em todo o planeta, principalmente por geólogos e geógrafos interessados na área (Gray, 2004).

Com o maior desenvolvimento da literatura sobre a geodiversidade e o entendimento sobre a importância dos seus elementos na construção das paisagens, novos conceitos foram adicionados, indicando também os processos hidrológicos e hidrogeológicos como componentes da diversidade abiótica do planeta. Assim, Gray (2013) também atualizou seu entendimento, definindo, agora, geodiversidade como a variedade natural (diversidade) de elementos geológicos (rochas, minerais e fósseis), geomorfológicos (formas de relevo, topografia e processos físicos), do solo e hidrológicos. Isso inclui assembleias, estruturas, sistemas e contribuições para as paisagens.

Esse entendimento parece ser generalizado pelos autores especializados, sendo tomado neste trabalho como conceito fundamental, a exemplo das publicações de Hjort *et al.* (2015), Brilha (2016) e Carvalhido *et al.* (2016).

Apesar de ser um conceito relativamente novo, os recursos da geodiversidade estão presentes em toda a dimensão do planeta, tendo, ao longo da história, importância no desenvolvimento da biodiversidade, incluindo-se – neste caso, até mesmo do ser humano – as civilizações, as sociedades e as comunidades ao redor do mundo (Brilha, 2005; Galopim de Carvalho, 2007). Tem-se, assim, a relação da vida humana com a geodiversidade, uma vez que as condições físicas dos terrenos foram, e ainda são, fundamentais para o estabelecimento das cidades, unidade macro das sociedades modernas.

A geodiversidade também possui um paralelo com a biodiversidade, uma vez que a biota do planeta depende de condições abióticas indispensáveis para seu estabelecimento e desenvolvimento. É possível afirmar, portanto, que a biodiversidade está condicionada aos processos abióticos vigentes (Brilha, 2005).

A idade da Terra é também a idade de desenvolvimento da geodiversidade, tendo épocas de fundamental importância, como o início da formação da crosta, com o resfriamento da Terra, há 4 Ga, dos rios primórdios, há 3,8 Ga, a formação

dos crátons, há 2,7 Ga, ou mesmo as mudanças mais recentes estabelecidas no Quaternário (Gray, 2013).

Enquanto isso, a biodiversidade experimentou, ao longo do tempo geológico, diversos momentos de evolução e de extinção, com registros significantes de organismos multicelulares no início do Proterozoico, sendo sua expansão mais proeminente, entretanto, iniciada apenas há 600 milhões de anos. A Figura 2 mostra um comparativo de evoluções da biodiversidade com a da geodiversidade.

Medeiros *et al.* (2013, p. 806), a partir de análises da terminologia da geodiversidade em si, afirmam que “[...] a Terra é um organismo vivo que se caracteriza pelas inúmeras alterações sofridas ao longo de vários anos em uma escala geológica de tempo”. Essas alterações estão ligadas aos diversos processos ocorrentes na superfície e no interior terrestre, que acabaram refletindo no desenvolvimento até dos seres vivos e de suas condições de vida, do *habitat* e da reprodução.

Os estudos da geodiversidade são fundamentais nas pesquisas sobre a constante dinâmica dos parâmetros de mudanças climáticas globais, funcionando como ponte entre as alterações já ocorridas ao longo do tempo geológico e as que estão em curso atualmente.

VALORAÇÃO DA GEODIVERSIDADE

O processo de inventariação da geodiversidade de um lugar precisa, como indica Brilha (2005), que os valores e o interesse que o local possa despertar, por suas

características abióticas, fundamentem a sua necessidade de conservação.

Carvalho *et al.* (2016) mostram que as estratégias ideais de geoconservação devem ser implementadas pelo poder público, em suas diferentes esferas, de forma a colaborar com as atividades de gestão dos recursos naturais, com ações que também possam incentivar a economia, por meio do viés turístico, por exemplo.

Como o ser humano precisa explorar os bens naturais para sobreviver e prover desenvolvimento, é impraticável que todo e qualquer elemento seja conservado. Disso tem-se que as atividades de conservação passam por um processo de escolha de locais excepcionais em que possam ser empregadas ações de preservação ou de consumo sustentável (conservação), e esse processo se dá a partir da definição de valores para o ecossistema. Essa premissa é válida para a proteção de todos os recursos da natureza, sejam eles bióticos ou abióticos. Ou seja, é válida para a proteção da biodiversidade e da geodiversidade.

A definição de valores da geodiversidade de um lugar, ou valoração, começou a ser pensada no final da década de 1990 e começo dos anos 2000. Diversos autores versaram sobre métodos e parâmetros para valorar os locais de geodiversidade no planeta. Gray (2004), por exemplo, trabalhava com a definição de seis valores e 32 subvalores, baseando-se em pesquisas anteriores que determinavam valores para a natureza, mas que omitiam o papel importante do meio físico.

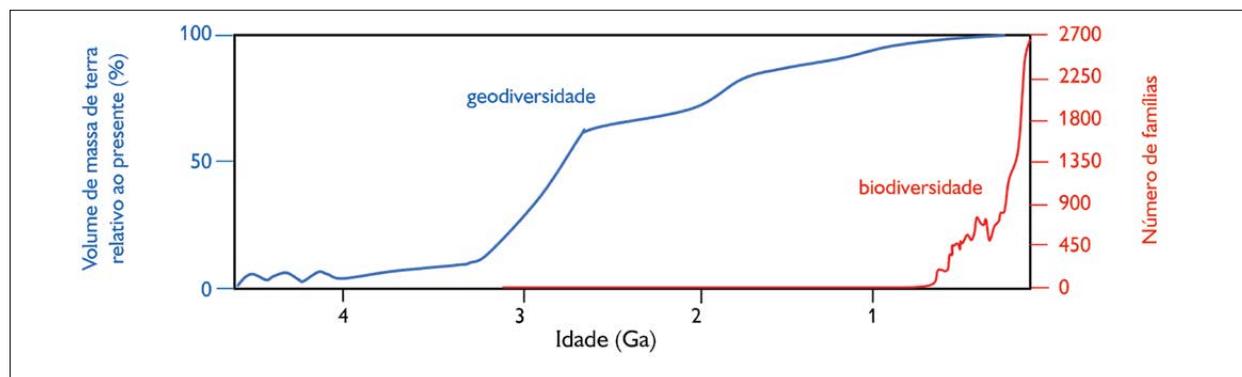


Figura 2. Comparativo teórico da evolução da biodiversidade (linha vermelha) com a da geodiversidade (linha azul). A rápida expansão da geodiversidade em 3 Ga está relacionada com o desenvolvimento da crosta continental. Modificado de Gray (2013).

A proposta de valores para a geodiversidade apresentada por Gray (2004) é muito utilizada em todo o mundo, com exemplos no Brasil nos trabalhos de Pereira (2010) e de Mochiutti *et al.* (2011, 2012). Contudo, uma nova abordagem baseada nos serviços do ecossistema tem sido empregada na conservação da natureza ao longo da última década.

Essa definição parte da concepção dos serviços do ecossistema, amplamente empregada no processo de valoração dos recursos da biota do planeta, mas que apenas recentemente tem sido aplicada no entendimento e na interpretação dos valores que a geodiversidade possui.

OS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS DA GEODIVERSIDADE

Fisher *et al.* (2009, p. 645) definem serviços do ecossistema como os “aspectos do ecossistema utilizados (ativamente ou passivamente) para produzir o bem-estar humano”.

Esses mesmos autores mostram que a classificação mais utilizada para os serviços do ecossistema foi criada pela *Millenium Ecosystem Assessment* (Avaliação Ecossistêmica do Milênio, em português), que divide os serviços nas categorias de provisão, regulação, culturais e de suporte.

A *Millenium Ecosystem Assessment* (MA) foi uma ação interinstitucional que reuniu mais de 1.300 cientistas de todo o mundo para analisar, entre os anos de 2001 e 2005, as “[...] consequências das mudanças no ecossistema para o bem-estar humano e estabeleceu bases científicas para as ações necessárias de conservação e uso sustentável dos ecossistemas” (Hassan *et al.*, 2005, p. 26).

Entretanto, essa mesma ação define ecossistema como: “[...] um complexo dinâmico de comunidades de plantas, animais e microrganismos e a interação com o ambiente não vivo” (Hassan *et al.*, 2005, p. 27). Ou seja, houve pouca preocupação com o meio abiótico, que também constitui importante componente dos ecossistemas, sendo aquele que fornece, por exemplo, *habitat* para todos os seres vivos do planeta.

Da mesma forma, a geodiversidade, apesar de que à época já constituía um termo em amplo desenvolvimento

na ciência, não fora citada em nenhum dos cinco volumes produzidos, como também não consta dos glossários das publicações (Gray, 2013). Assim, ao mesmo tempo em que utiliza o planeta Terra em forma de casa como logomarca oficial, a Avaliação Ecossistêmica do Milênio deixou de avaliar o *habitat*, a casa de todos, que é a geodiversidade do planeta.

Atualmente, de forma atenta às constantes mudanças no entendimento sobre a Terra, suas espécies e interações, a comunidade científica compreende melhor a importância do ambiente abiótico para o estabelecimento, a manutenção e o desenvolvimento da vida. Ellis (2014) indica, então, que ecossistema inclui os organismos vivos, a matéria orgânica morta produzida por eles, assim como o ambiente abiótico no qual os organismos vivem e trocam elementos (solos, água e atmosfera) e as interações entre esses componentes.

Hjort *et al.* (2015) mostram que a importância da geodiversidade para os serviços ecossistêmicos se dá não somente porque o meio abiótico é o *habitat* dos seres bióticos, mas também porque é responsável pela disponibilização de água doce, pela manutenção da qualidade da água e do ar, pela formação dos solos e pela reciclagem de nutrientes para a produção de comida. Além disso, muitos bens considerados não renováveis, mas de fundamental importância para a vida humana e de muitos seres vivos, também são produtos da geodiversidade, como minerais, agregados e combustíveis fósseis.

As discussões sobre a aplicabilidade dos serviços ecossistêmicos nos estudos da geodiversidade estabeleceram-se, então, durante a última década, estando alguns pontos pendentes de esclarecimento e de conclusão na literatura especializada. Alguns autores, porém, já sinalizaram com adequações para englobar o meio abiótico na caracterização dos serviços, tornando-os mais abrangentes na avaliação dos ecossistemas locais e globais.

Gray (2013), seguindo esse pensamento, atualizou sua definição de valores para a geodiversidade com enfoque nos serviços do ecossistema abiótico, a partir dos serviços do ecossistema definidos pela MA, mesmo tecendo críticas

ao modelo apresentado e indicando que uma terminologia mais aprofundada, como 'serviços naturais', 'serviços ambientais' ou 'serviços do sistema Terra', seria mais adequada para que todos os componentes da natureza, bióticos e abióticos, estivessem integrados nas avaliações a serem feitas.

Assim, tem-se que a classificação atual do autor define um valor maior, chamado de intrínseco, cinco serviços, de provisão, regulação, culturais, suporte e de conhecimento. Vinte e cinco bens e processos derivados da geodiversidade são relacionados por ele a esses serviços.

Valor intrínseco

Também conhecido como valor de existência, representa uma caracterização ética e filosófica da geodiversidade: "[...] algumas coisas são de valor simplesmente pelo que elas são, mais do que pela finalidade que elas podem ter para o ser humano" (Gray, 2013, p. 77). Esse valor é, em suma, o que toda a geodiversidade possui, uma vez que sua simples existência possibilita a relação da sociedade com a natureza, independente de qual relação é estabelecida entre esses atores.

Considerado um resultado da corrente ecocêntrica, que valoriza relações não extrativas nas interações antrópicas com o meio ambiente, o valor intrínseco é utilizado na literatura para caracterizar a diversidade de minerais, rochas, solos, rios etc.

Alguns autores o consideram como superficial e que não auxilia na hierarquização dos locais de geodiversidade. Outros afirmam que, uma vez que ética e crença variam entre as diversas sociedades, o valor intrínseco não existiria, a depender de qual corrente a comunidade local seguisse, uma vez que a natureza é endeusada por algumas culturas e subjugada por outras.

Entretanto, Gray (2013) coloca o valor intrínseco como um componente dos valores geocientíficos da diversidade abiótica do planeta, uma vez que está disponível para o ser humano avaliar e valorar. Assim, a geodiversidade tem um valor agregado a ela simplesmente porque existe.

Serviços de regulação

Os serviços de regulação da geodiversidade compreendem os processos que têm por finalidade o controle natural das condições ambientais, seja do ar, da água e dos solos. Controlam a disponibilização destes recursos, suas quantidade e qualidade.

Compreendem processos naturais, classificados por Gray (2013) como processos atmosféricos e oceânicos, processos terrestres, controle de inundação e de qualidade da água.

Serviços de suporte

Os serviços de suporte são aqueles nos quais a geodiversidade dispõe de recursos para o desenvolvimento de atividades do ser humano ou da própria natureza, e que dependam diretamente dos solos e das rochas para ser realizadas. Compreende a disponibilização de recursos para algumas atividades do ser humano e da biota do planeta.

Gray (2013) identifica os bens e os processos relacionados aos serviços de suporte em: processos do solo, disponibilização de *habitat*, plataforma, sepultamento e armazenamento.

Serviços de provisão

Este tipo de serviço da geodiversidade é responsável por disponibilizar bens materiais para as sociedades humanas, sendo o de mais fácil compreensão porque, na maioria dos casos, possui um valor monetário associado ao bem, que passa a ser tratado como produto.

Compreende sete bens e processos, classificados por Gray (2013) em: alimentação e bebida, nutrientes e minerais para crescimento saudável, combustíveis minerais, materiais de construção, minerais industriais e metálicos, gemas e fósseis.

Serviços culturais

Este tipo de serviço está associado com a relação da sociedade a algum aspecto abiótico do ambiente por seu significado social ou comunitário.

São tidos como processos e bens relacionados ao serviço cultural da geodiversidade os seguintes grupos, segundo Gray (2013): qualidade ambiental, geoturismo e

atividades de lazer, significado cultural, espiritual e histórico, inspiração artística e desenvolvimento social.

Serviços de conhecimento

Provavelmente, este é o tipo de serviço mais importante, sobretudo para as geociências. Estes serviços estão relacionados com propostas de utilização da natureza abiótica, como sala de aula e laboratório, sendo sua exploração puramente científica e educacional.

Gray (2013) classifica cinco expressões deste tipo de serviço: história da Terra, história da pesquisa, monitoramento ambiental, geoforense, educação e emprego.

EXEMPLIFICAÇÃO DE VALORAÇÃO

A cidade do Natal, capital do Rio Grande do Norte, é nitidamente emoldurada por elementos abióticos da natureza. Eles estão presentes em praias, recifes, falésias, dunas, manguezais, rios e lagoas. Foram também utilizados, ao longo da história, na construção dos edifícios e monumentos, nos primeiros arruamentos, feitos com blocos de arenitos ferruginosos retirados das paleofalésias. Portanto, é uma cidade em que a geodiversidade está presente de diversas formas, com variados elementos, além de ter uma relação direta e integrada com o cotidiano da urbanidade.

Como forma de exemplificar a metodologia de avaliação qualitativa da geodiversidade sob a ótica dos serviços ecossistêmicos, como define Gray (2013), avaliou-se

alguns locais em que elementos da diversidade abiótica estão presentes na cidade do Natal, de forma *in situ* ou *ex situ*, como mostra-se a seguir.

Os arenitos praias na região Litoral Central (Figura 3A) caracterizam os serviços de regulação (arenitos controlam a força da maré, evitando inundações), de suporte (sobre os arenitos foi construído, no século XVII, o Forte dos Reis Magos) e cultural (pois nesta região da cidade a população faz uso diariamente da praia enquanto elemento abiótico para seu lazer).

Datações em C¹⁴ (Oliveira *et al.*, 1990) feitas nos arenitos colaboraram com o mapeamento do Holoceno na zona costeira, o que caracteriza um serviço de conhecimento. Os corpos dunares em Natal, como o Morro do Careca (Figura 3B), são símbolos naturais da cidade, onde são identificados os serviços de regulação (controle da qualidade da água no aquífero Barreiras através da filtragem das águas pluviais), de suporte (*habitat* para espécies vegetais e animais), cultural (reconhecimento da qualidade ambiental propiciada pela presença do elemento na paisagem) e de conhecimento.

O uso de elementos abióticos em construções, como blocos de rochas, agrega um serviço de provisão à geodiversidade, a exemplo das construções históricas em Natal, como a Igreja de Pedras da praia da Redinha (Figura 4A), onde blocos de arenitos ferruginosos correlatos à Formação Barreiras foram utilizados, e a Igreja de Santo



Figura 3. A) Região Litoral Central em Natal, Nordeste brasileiro, com presença de corpos de arenitos praias, dunas frontais e linha de praia; B) Morro do Careca, duna parcialmente vegetada, um dos principais cartões postais da cidade. Fotos: Matheus Lisboa (2016).

Antônio (ou Igreja do Galo) (Figura 4B), onde blocos de arenitos calcíferos foram utilizados em trabalhos de cantaria.

A partir de todos os serviços ecossistêmicos descritos, assim como dos bens, dos processos e dos recursos a eles associados, Silva (2016) criou um esquema representativo para a nova concepção dos valores da

geodiversidade, elucidada por Gray (2013). Este esquema está reproduzido na Figura 5.

A partir das definições de Gray (2013), é possível fazer uma comparação com o sistema de valores da geodiversidade, definido pelo autor em 2004, observando suas equivalências e não equivalências, como mostra a Tabela 1.



Figura 4. A) Igreja de Pedras da praia da Redinha; B) detalhe para trabalhos em cantaria com blocos de arenitos calcíferos na Igreja de Santo Antônio, centro histórico de Natal, Rio Grande do Norte. Fotos: Matheus Lisboa (A – 2010; B - 2016).

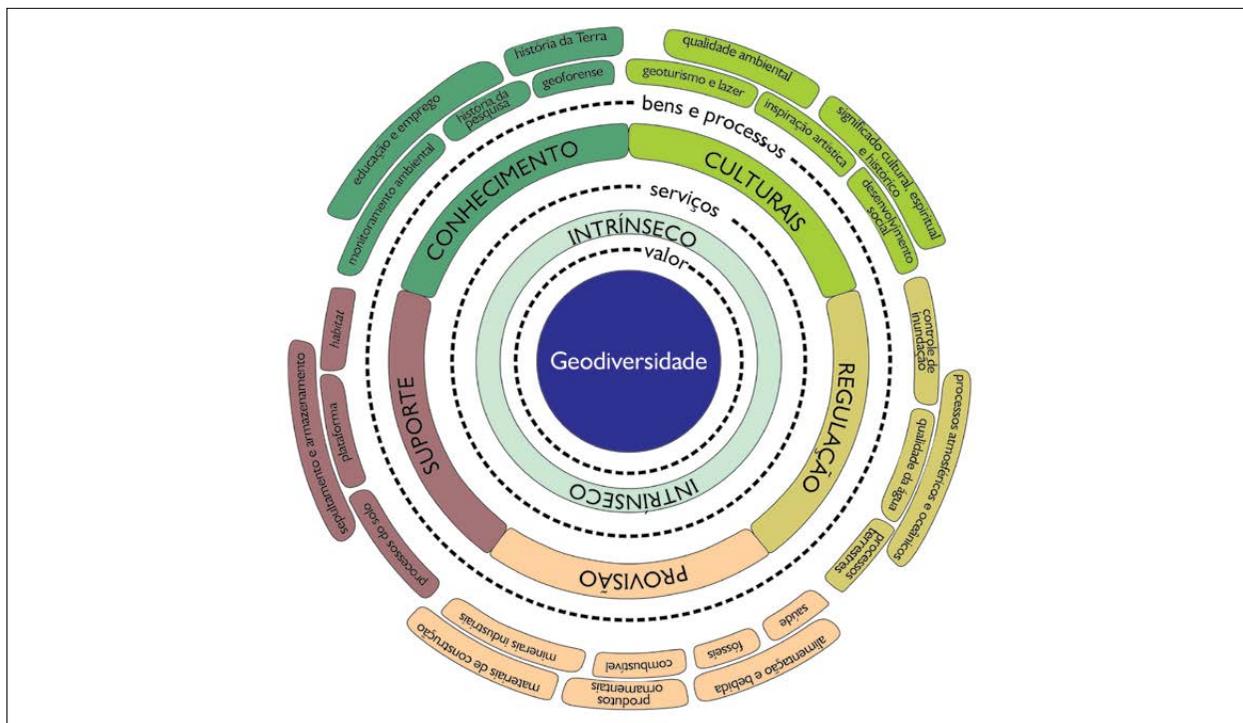


Figura 5. Classificação dos valores da geodiversidade segundo os serviços ecossistêmicos *sensu* Murray Gray. Fonte: Silva (2016).

Tabela 1. Relação entre os sistemas de valoração da geodiversidade *sensu* Murray Gray 2004 x 2013. Células pretas indicam que não há correspondência de um valor com um bem/processo e vice-versa. Fonte: Gray (2004, 2013).

Gray (2004)		Gray (2013)	
Valor intrínseco		Valor intrínseco	
Valores	Subvalores	Bens e processos	Serviços
Valor funcional		Controle de inundação	Serviço de regulação
	Controle da poluição		
	Química da água	Qualidade da água	
	Funções do geossistema	Processos terrestres	
	Funções do ecossistema		
		Processos atmosféricos e oceânicos	Serviço de suporte
	Plataforma	Plataforma	
		<i>Habitat</i>	
	Sepultamento	Sepultamento e armazenamento	
	Armazenamento e reciclagem		
	Funções do solo	Processos do solo	
Saúde	Saúde	Serviço de provisão	
Valor econômico	Minerais metálicos		
	Minerais para construção		Materiais de construção
	Minerais industriais		Minerais industriais
	Energia		Combustível
	Fósseis		Fósseis
	Solos		
	Gemas	Gemas	
	Alimentação e bebida	Serviço cultural	
Valor estético	Atividades voluntárias		Desenvolvimento social
	Apreciação remota		
	Atividades de lazer		Geoturismo e lazer
	Geoturismo		
	Inspiração artística		Inspiração artística
	Paisagens locais	Qualidade ambiental	
Valor cultural	Folclórico	Significado cultural, espiritual e histórico	
	Arqueológico-Histórico		
	Espiritual		
	Senso de lugar		
Valor científico e educativo	Descoberta científica		
	História da Terra	História da Terra	
	Educação e treinamento	Educação e emprego	
	História da pesquisa	História da pesquisa	
	Monitoramento ambiental	Monitoramento ambiental	
	Geoforese		



CONCLUSÕES

Quando se trata de valoração qualitativa da geodiversidade, as definições *sensu* Murray Gray são as mais utilizadas atualmente no país. Entretanto, poucos trabalhos lançam mão dos serviços ecossistêmicos da geodiversidade no processo de identificação do valor dos elementos abióticos, como elucidado em Gray (2013).

Este recente sistema mostra-se como uma alternativa de valoração para as ocorrências da geodiversidade e, no entendimento do trabalho aqui apresentado, pode ser aplicado para elementos *in situ* ou *ex situ*.

Além de trazer novas interpretações para a presença e para a importância da geodiversidade na manutenção do dinamismo natural no planeta, os serviços do ecossistema permitem um diálogo mais forte das ciências da Terra com os estudos da biodiversidade, visto que tais definições de valores naturais são aplicadas na valoração dos elementos bióticos há mais de uma década. Assim, permite uma aproximação ainda melhor com outras áreas do conhecimento, como Biologia, Ecologia, Engenharia Ambiental, Engenharia Agrícola, entre outras ciências ambientais.

Logo, os serviços ecossistêmicos da geodiversidade podem ser uma ferramenta fundamental na divulgação dos conhecimentos geocientíficos pela sociedade, também auxiliando nos processos de preservação e de consumo sustentável dos recursos abióticos do planeta, da mesma forma como já foi feito e se consolidou nos estudos da biodiversidade.

Faz-se necessário, portanto, que a comunidade acadêmica dissemine a geoinformação por toda a sociedade, em seus mais diversos níveis organizacionais, econômicos e educacionais, pois é preciso que o entendimento do planeta e seus recursos abióticos estejam tão atrelados ao conhecimento cotidiano quanto o reconhecimento da biodiversidade é presente no dia a dia do ser humano.

Por fim, conclui-se que os serviços da geodiversidade, enquanto parte integrante dos ecossistemas naturais, podem ser instrumentos de tradução e de compreensão da importância dos recursos abióticos da natureza.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. F. M., Y. HASUI, B. B. BRITO NEVES & R. A. FUCK, 1977. Províncias estruturais brasileiras. **Anais do Simpósio de Geologia do Nordeste** 8: 363-391.
- BRILHA, J., 2005. **Patrimônio geológico e geoconservação**: a conservação da natureza na sua vertente geológica: 1-183. Palimage Editores, Braga.
- BRILHA, J., 2016. Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. **Geoheritage** 8(2): 119-134. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12371-014-0139-3>.
- BUREK, C. V. & C. D. PROSSER, 2008. The history of geoconservation: an introduction. In: C. V. BUREK & C. D. PROSSER (Ed.): **The history of geoconservation**: 1-5. The Geological Society, London. DOI: <https://doi.org/10.1144/SP300.1>.
- CARVALHIDO, R. J., J. B. BRILHA & D. I. PEREIRA, 2016. Designation of natural monuments by the local administration: the example of Viana do Castelo municipality and its engagement with geoconservation (NW Portugal). **Geoheritage** 8(3): 279-290. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12371-016-0183-2>.
- COLONIAL VOYAGE, [s. d.]. **Fort Ceulem (Rio Grande, Natal) (1665)**. Autor Johannes Vingboons. Disponível em: <<https://www.colonialvoyage.com/dutch-in-brazil/fort-ceulen-rio-grande-natal-1665-author-johannes-vingboons/>>. Acesso em: 3 janeiro 2018.
- CÓRDOBA, V. C., E. F. JARDIM DE SÁ, D. C. SOUSA & A. F. ANTUNES, 2007. Bacia de Pernambuco-Paraíba. **Boletim de Geociências da Petrobras** 15(2): 391-403.
- ELLIS, E., 2014. Ecosystem. **The Encyclopedia of Earth**. Disponível em: <<http://www.eoearth.org/view/article/152248>>. Acesso em: 25 janeiro 2018.
- FISHER, B., R. K. TURNER & P. MORLING, 2009. Defining and classifying ecosystem services for decision making. **Ecological Economics** 68(3): 643-653. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.09.014>.
- GALOPIM DE CARVALHO, A. M., 2007. **Como bola colorida, a Terra, patrimônio da humanidade**: 1-245. Âncora Editora, Lisboa.
- GORDON, J. E. & H. F. BARRON, 2012. Valuing geodiversity and geoconservation: developing a more strategic ecosystem approach. **Scottish Geographical Journal** 128(3-4): 278-297. DOI: <https://doi.org/10.1080/14702541.2012.725861>.
- GRAY, M., 2004. **Geodiversity**: valuing and conserving abiotic nature: 1. ed.: 1-434. John Wiley & Sons, Chichester.
- GRAY, M., 2013. **Geodiversity**: valuing and conserving abiotic nature: 2. ed.: 1-495. John Wiley & Sons, Chichester.
- HASSAN, R., R. SCHOLES & N. ASH (Ed.), 2005. **Ecosystems and human well-being**: current state and trends: 1-838. Island Press, Washington.

- HJORT, J., J. R. GORDON, M. GRAY & M. L. HUNTER JR., 2015. Why geodiversity matters in valuing nature's stage. **Conservation Biology** 29(3): 630-639. DOI: <https://doi.org/10.1111/cobi.12510>.
- MEDEIROS, S. C. O., L. F. MENESES & M. A. L. NASCIMENTO, 2013. Geodiversidade: a autobiografia da Terra. In: G. SEABRA (Ed.): **Qualidade de vida, mobilidade e segurança nas cidades**: 800-808. Editora Universitária da UFPB, João Pessoa.
- MOCHIUTTI, N. F., G. B. GUIMARÃES & M. S. MELO, 2011. Os valores da geodiversidade na região de Pirai da Serra, Paraná. **Geociências UNESP** 30(4): 651-668.
- MOCHIUTTI, N. F., G. B. GUIMARÃES, J. C. MOREIRA, F. F. LIMA & F. I. FREITAS, 2012. Os valores da geodiversidade: geossítio do Geopark do Araripe/CE. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ** 35(1): 173-189. DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2012_1_173_189.
- MYALL, D., J. BIRCH & D. KNAPMAN, 2011. Strategic assessment of the value and state of Scotland's geodiversity: an assessment of potential approaches to the economic and social evaluation of geodiversity. **Scottish Natural Heritage Commissioned Report** (420): 1-101.
- NASCIMENTO, M. A. L., U. A. RUCHKYS & V. MANTESSO-NETO, 2008. **Geodiversidade, geoconservação e geoturismo**: trinômica importante para a proteção do patrimônio geológico: 1-84. SBG, Natal.
- NIKITINA, N., 2012. Geodiversity, and the geoethical principles for its preservation. **Annals of Geophysics** 55(3): 497-500. DOI: <https://doi.org/10.4401/ag-5492>.
- OLIVEIRA, M. I. M., E. BAGNOLI, C. C. FARIAS, A. M. B. NOGUEIRA & M. SANTIAGO, 1990. Considerações sobre a geometria, petrografia, sedimentologia, diagênese e idades dos beachrocks do Rio Grande do Norte. **Anais do Congresso Brasileiro de Geologia** 36: 621-634.
- PEREIRA, R. G. F. A., 2010. **Geoconservação e desenvolvimento sustentável na Chapada Diamantina (Bahia – Brasil)**: 1-318. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade do Minho, Braga.
- RIVAS, V., K. RIX, E. FRANCES, A. CENDRERO & D. BRUNSDEN, 1997. Geomorphological indicators for environmental impact assessment: consumable and non-consumable geomorphological resources. **Geomorphology** 18(3-4): 169-182. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(96\)00024-4](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(96)00024-4).
- SILVA, M. L. N., 2016. **Geodiversidade da cidade do Natal**: valores, classificações e ameaças: 1-170. Monografia (Graduação em Geologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- SOUZA, I., 2008. **Nova história de Natal**: 1-800. Departamento Estadual de Imprensa, Natal.

Efeito dos extratos das folhas de *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. sobre bactérias resistentes a multidrogas

Effect of leaf extracts of *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. against multidrug resistant bacteria

Michele Cezimbra Perim^I, Joelma da Costa Borges^I, Thiago Antônio de Sousa Araújo^{I,II}, Ana Carolina Oliveira da Silva^{III}, Natália Mazzolani Zucchini^{IV}, Solange Cristina Carreiro^I, Anderson Ferreira da Cunha^{IV}, Maria Cristina da Silva Pranchevicius^{I,IV}

^IUniversidade Federal do Tocantins. Palmas, Tocantins, Brasil

^{II}Universidade Federal de Pernambuco. Recife, Pernambuco, Brasil

^{III}Hospital de Base do Distrito Federal. Brasília, Distrito Federal, Brasil

^{IV}Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, São Paulo, Brasil

Resumo: As plantas medicinais são fontes de moléculas bioativas que podem ser utilizadas contra infecções bacterianas. Neste estudo, avaliou-se a atividade antibacteriana do extrato etanólico das folhas de *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. contra 68 bactérias resistentes a multidrogas, isoladas de pacientes diabéticos com lesões nos pés, e de seis cepas de referência da *American Type Culture Collection*, através dos métodos de disco difusão em ágar (DD) e de microdiluição em caldo (MC). Realizou-se também a correlação entre o extrato e os antibióticos cefoxitina ou amoxicilina/ácido clavulânico. O extrato das folhas apresentou atividade antimicrobiana em ambos os métodos, no entanto, o método MC foi mais sensível na menor diluição (0,039 mg/mL) utilizada. Cepas comumente isoladas nesses tipos de lesões foram inibidas pelo extrato, como *Staphylococcus aureus* (40,91%), *Staphylococcus saprophyticus* (42,86%), *Streptococcus pyogenes* (100,00%), *Streptococcus agalactiae* (50,00%), *Enterobacter* spp. (33,33%), *Pseudomonas* spp. (66,67%) e *Proteus* spp. (28,57%). A associação do extrato com os antibióticos não potencializou a atividade antibacteriana, sugerindo que eles possuem mecanismos de ação independentes. Nossos resultados mostraram que o extrato etanólico das folhas possui uma boa atividade antimicrobiana. No entanto, estudos adicionais devem ser realizados para determinar a eficácia e a toxicidade dele no tratamento de infecções bacterianas.

Palavras-chave: *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. Atividade antimicrobiana. Bactérias resistentes a multidrogas.

Abstract: Medicinal plants are sources of bioactive molecules that can be used against bacterial infections. In this study, the antibacterial activity of the ethanolic extract of the leaves of *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. was tested against 68 multidrug-resistant bacteria, isolated from diabetic patients with foot lesions, and six reference strains of the American Type Culture Collection, using agar diffusion (DD) and broth microdilution (MC) methods. The correlation between plant extract and cefoxitin or amoxicillin/clavulanic acid antibiotics was also performed. Leaf extract presented antimicrobial activity in both methods, however, the MC method was more sensitive at the lower dilution (0,039 mg/mL) used. In these types of lesions, the strains more frequently found were inhibited by ethanolic extract, such as *Staphylococcus aureus* (40,91%), *Staphylococcus saprophyticus* (42,86%), *Streptococcus pyogenes* (100,00%), *Streptococcus agalactiae* (50,00%), *Enterobacter* spp. (33,33%), *Pseudomonas* spp. (66,67%), *Proteus* spp. (28,57%). The association of extract with antibiotics did not potentiate the antibacterial activity, it suggested that extract and antibiotics have different mechanisms of actions. Our results showed that the ethanolic extract of the leaves of *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. has a good antimicrobial activity. However, additional studies should be performed to determine its efficacy and toxicity in the treatment of bacterial infections.

Keywords: *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. Antimicrobial activity. Multidrug resistant bacteria.

PERIM, M. C., J. C. BORGES, T. A. S. ARAÚJO, A. C. O. SILVA, N. M. ZUCCHINI, S. C. CARREIRO, A. F. CUNHA & M. C. S. PRANCHEVICIUS, 2019. Efeito dos extratos das folhas de *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Per. sobre bactérias resistentes a multidrogas. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 14(1): 91-99.

Autora para correspondência: Maria Cristina da Silva Pranchevicius. Universidade Federal de São Carlos. Departamento de Genética e Evolução. Rod. Washington Luis, km 235. São Carlos, SP, Brasil. CEP 13565-905 (mcspranc@gmail.com).

Recebido em 30/10/2017

Aprovado em 24/09/2018

Responsabilidade editorial: Fernando da Silva Carvalho Filho



INTRODUÇÃO

As bactérias patogênicas são consideradas uma das maiores causas de morbidade e mortalidade em humanos (Djeussi *et al.*, 2011), e as infecções ocasionadas por esses tipos de patógenos provocam um grande problema de saúde pública. Organismos resistentes a multidrogas são comuns em pacientes diabéticos com úlceras nos pés (Lipsky, 2007) e constituem grande ameaça ao tratamento (Gadepalli *et al.*, 2006; Ramakant *et al.*, 2011).

Algumas espécies de plantas são comumente usadas como fitoterápicos, pois possuem componentes biologicamente ativos com potencial para exercer atividades no tratamento de doenças e também com funções antimicrobianas (Adebisi, 1999; Chouna *et al.*, 2009; Kuete, 2010). *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. (sinônimo: *Bryophyllum pinnatum* Lamark, 1786) é um membro da família Crassulaceae. A planta é comumente distribuída em várias regiões (Allorge-Boiteau, 1996; Judd *et al.*, 2009), sendo usada na medicina popular da África tropical, da Índia, da China, da Austrália, da América tropical, de Madagascar, da Ásia e do Havaí (Yadav & Dixit, 2003) para tratar várias doenças e infecções, como hipertensão, distúrbios renais e urinários (Lans, 2006), diarreia, flatulência e vômitos (Kamboj & Saluja, 2009), tosse, bem como na profilaxia da asma (Salami *et al.*, 2013), de icterícia (Yadav & Dixit, 2003), de feridas, de contusões e de picadas de insetos (Kirtikar & Basu, 1975; Pal & Nag Chaudhuri, 1991).

Nessa planta, foram identificadas várias substâncias fitoquímicas, como alcaloides, fenóis, flavonoides, saponinas, taninos, triterpenoides, glicosídeos, carboidratos, esteróis e aminoácidos (Matthew *et al.*, 2013a). Esses componentes químicos são responsáveis por vários efeitos (Rajsekhar *et al.*, 2016): antiprotozoário, antileishmanial (Willcox & Bodeker, 2004; Muzitano *et al.*, 2006, 2009), anti-helmíntico (Quazi Majaz *et al.*, 2011), anticancerígeno (Devbhuti *et al.*, 2012; Mahata *et al.*, 2012), antimicrobiano (Akinpelu, 2000; Okwu & Nnamdi, 2011a, 2011b), antiviral (Supratman *et al.*, 2001; Mahata *et al.*, 2012), antialérgico

(Cruz *et al.*, 2008, 2012), analgésico (Afzal *et al.*, 2012), antipirético (Biswas & Mondal, 2015), anti-hipertensivo (Ojewole, 2002; Ghasi *et al.*, 2011; Bopda *et al.*, 2014), antidiabético (Goyal *et al.*, 2013; Matthew *et al.*, 2013b), hepatoprotetor (Yadav & Dixit, 2003; Afzal *et al.*, 2013), gastroprotetor (Pal & Nag Chaudhuri, 1991; Sharma *et al.*, 2014), entre outros.

Considerando-se que existem poucos estudos sobre as atividades terapêuticas dos extratos de *Kalanchoe pinnata*, coletada no estado do Tocantins, o presente artigo analisou a atividade antibacteriana do extrato etanólico das folhas dessa planta contra bactérias resistentes a multidrogas, isoladas de pacientes diabéticos com lesões nos pés, e também de cepas do *American Type Culture Collection* (ATCC).

MATERIAL E MÉTODOS

DESENHO DO ESTUDO

O extrato etanólico das folhas de *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. foi avaliado contra um total de 68 cepas bacterianas *Citrobacter* spp. (Werkman & Gillen, 1932); *Escherichia coli* (T. Escherich, 1885), *Enterobacter* spp. (Hormaeche & Edwards, 1960), *Proteus* spp. (Hauser, 1885), *Pseudomonas* spp. (Migula, 1894), *Streptococcus agalactiae* (Lehmann & Neumann, 1896) (alfa-hemolítico), *Streptococcus pneumoniae* (Chester, 1901) (beta-hemolítico), *Staphylococcus epidermidis* (Evans, 1916), *Staphylococcus saprophyticus* (Shaw *et al.*, 1951), *Staphylococcus aureus* (Rosenbach, 1884), isoladas de pacientes diabéticos com úlceras nos pés, internados no Hospital Geral Público de Palmas Doutor Francisco Ayres (HGP), em Tocantins, Brasil, entre janeiro a junho de 2013 (Perim *et al.*, 2015), e seis cepas de bactérias *Escherichia coli* (ATCC-25922), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC-27853), *Proteus mirabilis* (ATCC-12453), *Citrobacter youngae* (ATCC-29935), *Staphylococcus aureus* (ATCC-25923), *Streptococcus pyogenes* (ATCC-0015), obtidas do *American Type Culture Collection* (ATCC).

COLETA DO ESPÉCIME VEGETAL E PREPARO DO EXTRATO DAS FOLHAS

Para a preparação dos exemplares depositados em coleções (*voucher specimens*) e para a produção dos extratos, as folhas de *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. foram coletadas de janeiro a junho de 2013, na cidade de Palmas, estado do Tocantins, Brasil (10° 10' 58,45" S e 48° 17' 33,75" O). A planta foi caracterizada e autenticada no Instituto de Biologia da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Brasil. O *voucher specimens* (HUFU 71.870) foi preparado e depositado no Herbário da Universidade Federal de Uberlândia (HUFU), no Brasil.

As partes vegetais coletadas foram secas em estufa com circulação de ar e temperatura média de 40 ± 2 °C. Em seguida, foram pulverizadas em moinho vertical de facas tipo Willye e padronizadas em tamises, obtendo-se granulometria de 1 mm (16 Mesh). Os extratos foram preparados por maceração com etanol 95%, por 24 horas, na proporção de 1:20 (p/v). Após a maceração, o material foi filtrado em papel-filtro e evaporado sob pressão reduzida, à temperatura de 40 ± 2 °C, até que houvesse a produção de um extrato seco (Araújo *et al.*, 2012).

PREPARO DA SUSPENSÃO BACTERIANA

As culturas bacterianas estavam preservadas em caldo Mueller Hinton (CMH) (Kasvi, Brasil), em *freezer* a -80 °C, no laboratório de cultura de células da Universidade Federal do Tocantins (UFT). As cepas bacterianas foram transferidas para tubos contendo caldo CHM, incubadas sem agitação por 24 h, a 37 °C. Em seguida, cada espécie bacteriana foi diluída com CMH fresco a uma densidade ótica de $2,0 \times 10^6$ unidades formadoras de colônias (UFC).

ENSAIO DE DIFUSÃO EM DISCO

O método de difusão em disco foi realizado conforme descrito por Duraipandiyar *et al.* (2006) e Arullappan *et al.* (2014). Em placas de Petri, contendo meio Ágar Mueller Hinton (AMH), cada suspensão bacteriana (1,0 mL) foi

uniformemente distribuída. Após cinco minutos, foram adicionados seis discos de papel branco estéreis (Oxoid) (com 6,0 mm de diâmetro cada) na superfície do meio, impregnados com diferentes diluições (20 mg/mL a 0,039 mg/mL) do extrato da planta. Para controle negativo, foram usados discos impregnados com controle Dimetilsulfóxido (DMSO), enquanto que discos de cefoxitina (CFO) (3.000 mg/mL a 1,5 mg/mL) e discos de amoxicilina com ácido clavulânico (AAC) (2.000 mg/mL a 0,9 mg/mL) foram usados como controle positivo, para as bactérias gram-negativas e gram-positivas, respectivamente. As placas foram incubadas a 37 °C por até 48 horas. No final da incubação, as zonas de inibição formadas em volta dos discos foram medidas com paquímetro. Todos os testes foram feitos em triplicata, e a avaliação da atividade bacteriana foi realizada de acordo com o diâmetro do halo de inibição: 9-13 mm, moderadamente sensível; ≥ 14 mm, altamente sensível (Arora & Bhardwaj, 1997).

DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO INIBITÓRIA MÍNIMA

A concentração inibitória mínima (CIM) foi determinada por meio da metodologia de microdiluição em caldo (MC) (Gahlaut & Chhillar, 2013). Todos os experimentos foram realizados em triplicata. A concentração dos extratos usados para validar a atividade antibacteriana foi de 20 a 0,039 mg/mL. Os antibióticos CFO e AAC, usados, respectivamente, como controle positivo para as bactérias gram-negativas e gram-positivas foram utilizados nas mesmas concentrações (de 20 a 0,039 mg/mL). DMSO foi utilizado como controle negativo.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

O processamento e as análises dos dados foram conduzidos por meio de ferramentas como Excel 2016, STATA 12 e Biostat. O coeficiente de correlação de Spearman e o teste exato de Fisher foram também utilizados, de acordo com os objetivos das análises e com a natureza dos dados, sendo considerados 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos estudos realizados por Perim *et al.* (2015), as cepas bacterianas analisadas foram caracterizadas como multirresistentes para a maioria dos antibióticos utilizados. Portanto, nesse estudo, a análise da atividade antibacteriana do extrato etanólico das folhas de *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. foi determinada pelos métodos de difusão em disco (DD) e de microdiluição em caldo (MC). Esta análise foi demonstrada na Tabela 1.

O extrato das folhas de *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. apresentou atividade antimicrobiana contra as bactérias testadas, tanto pelo método de difusão em disco (DD) (37,84%) quanto pelo de microdiluição em caldo (MC) (37,84%) (Tabela 1). Nossos resultados estão de acordo com outros estudos que evidenciam a atividade antibacteriana de *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. contra um amplo grupo de bactérias (Akinpelu, 2000; Ofokansi *et al.*, 2005; Okwu & Nnamdi, 2011a).

Estudos realizados por Akinpelu (2000), utilizando o método de difusão em ágar, demonstraram que o extrato metanólico das folhas de *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers.

(a uma concentração de 25 mg/mL) possuiu maior atividade antibacteriana para as bactérias gram-positivas do que para as gram-negativas. Diferentemente, em nosso estudo, utilizando o método DD, o extrato etanólico das folhas de *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. (a uma concentração de 20 mg/mL) inibiu tanto o crescimento de bactérias gram-negativas (n = 10; 38,46%) quanto de gram-positivas (n = 18; 37,50%) (Tabela 1). A atividade antibacteriana observada para as bactérias gram-negativas pode ser decorrente do ambiente em que esta planta foi coletada, pois plantas medicinais de diferentes ambientes produzem diversificados teores de compostos bioativos, resultando em respostas terapêuticas e atividades farmacológicas diversas (Dong *et al.*, 2011; Liu *et al.*, 2015).

Em nossos estudos, foi possível observar que pelos métodos MC e DD, até a última concentração do extrato (0,039 mg/mL), houve inibição do crescimento em ambos os grupos de bactérias, no entanto, o método MC foi mais eficiente tanto para as bactérias gram-negativas (26,92%) quanto para as gram-positivas (18,75%) (Tabela 1). Esses resultados podem ser

Tabela 1. Percentual de cepas sensíveis ao extrato etanólico das folhas de *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers., determinado pelos métodos de difusão em disco (DD) e microdiluição em caldo (MC). Legendas: n = número de linhagens analisadas; % = porcentagem.

DD (mg/mL)											
Bactérias	20	10	5	2,5	1,25	0,625	0,312	0,156	0,078	0,039	DMSO 100%
Gram-negativas	10	10	10	9	8	8	5	4	3	3	0
(n = 26)	38,46%	38,46%	38,46%	34,62%	30,77%	30,77%	19,23%	15,38%	11,54%	11,54%	0,00%
Gram-positivas	18	17	16	14	11	10	9	5	3	2	0
(n = 48)	37,50	35,42	33,33	29,17	22,92	20,83	18,75	10,42	6,25	4,17	0,00
Total	28	27	26	23	19	18	14	9	6	5	0
(n = 74)	37,84%	36,49%	35,14%	31,08%	25,68%	24,32%	18,92%	12,16%	8,11%	6,76%	0,00%
MC (mg/mL)											
Bactérias	20	10	5	2,5	1,25	0,625	0,312	0,156	0,078	0,039	DMSO 100%
Gram-negativas	9	9	9	8	8	8	8	7	7	7	0
(n = 26)	34,62%	34,62%	34,62%	30,77%	30,77%	30,77%	30,77%	26,92%	26,92%	26,92%	0,00%
Gram-positivas	19	19	17	17	13	13	13	13	11	9	0
(n = 48)	39,58%	39,58%	35,42%	35,42%	27,08%	27,08%	27,08%	27,08%	22,92%	18,75%	0,00%
Total	28	28	26	25	21	21	21	20	18	16	0
(n = 74)	37,84%	37,84%	35,14%	33,78%	28,38%	28,38%	28,38%	27,03%	24,32%	21,62%	0,00%



atribuídos à polaridade e a outros componentes que afetam a difusão de componentes bioativos em baixas concentrações do extrato (Klancnik *et al.*, 2010). Além disso, estudos sugerem que esse método é vantajoso para análises de produtos naturais (Salazar-Aranda *et al.*, 2009; Palombo, 2011), por ser rápido e viável para a determinação da concentração inibitória mínima (CIM) (Luber *et al.*, 2003).

Em úlceras nos pés de pacientes diabéticos, as bactérias mais comumente encontradas são as gram-negativas: *Enterococci*, *Enterobacteriaceae* e *Pseudomonas aeruginosa* (Pathare *et al.*, 1998; Bansal *et al.*, 2008). Também são encontradas as gram-positivas: *Staphylococcus aureus* e *Streptococcus* beta hemolítico (grupos A, C e G, especialmente o grupo B) (El-Tahawy, 2000; Urbancic-Rovan & Gubina, 2009).

Analisando os isolados bacterianos gram-negativos, a Tabela 2 demonstra que, tanto no método MC quanto no

DD, o extrato etanólico das folhas de *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers inibiu o crescimento de *Citrobacter* spp. (n = 01; 100,00%), *Citrobacter youngae* (ATCC-29935) (n = 01; 100,00%), *Enterobacter* spp. (n = 3; 33,33%), *Pseudomonas* spp. (n = 02; 66,67%) e *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC-27853) (n = 01; 100,00%). O extrato inibiu o crescimento de *Proteus* spp. em 28,57% (n = 02), pelo método DD, e em 14,29% (n = 1), pelo método MC. O extrato das folhas não inibiu o crescimento de *Proteus mirabilis* (n = 01; ATCC-1245), *Escherichia coli* (n = 02) e *Escherichia coli* (n = 01; ATCC-25922).

A Tabela 2 também demonstra a análise antibacteriana do extrato das folhas de *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. contra as bactérias gram-positivas. Utilizando os métodos DD e MC, o extrato das folhas de *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. também inibiu o crescimento de *Streptococcus agalactiae* (n = 01; 50,00%), *Streptococcus pneumoniae* (n = 03; 75,00%) e *Streptococcus pyogenes*

Tabela 2. Percentual de cepas sensíveis ao extrato etanólico das folhas de *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. contra bactérias multirresistentes, determinada pelos métodos de difusão em disco (DD) e de microdiluição em caldo (MC). A concentração dos extratos utilizados para analisar a atividade antimicrobiana foi de 20 (100,00%) a 0,039 (0,19%) mg/mL. Legenda: n = número de linhagens analisadas; % = porcentagem.

Bactérias		DD (%)	MC (%)
Gram-negativas (n = 26)	<i>Citrobacter</i> spp. (n = 01)	1 (100,00%)	1 (100,00%)
	<i>Citrobacter youngae</i> (ATCC-29935) (n = 01)	1 (100,00%)	1 (100,00%)
	<i>Escherichia coli</i> (n = 02)	0 (0,00%)	0 (0,00%)
	<i>Escherichia coli</i> (ATCC-25922) (n = 01)	0 (0,00%)	0 (0,00%)
	<i>Enterobacter</i> spp. (n = 09)	3 (33,33%)	3 (33,33%)
	<i>Proteus</i> spp. (n = 07)	2 (28,57%)	1 (14,29%)
	<i>Proteus mirabilis</i> (ATCC-1245) (n = 01)	0 (0,00%)	0 (0,00%)
	<i>Pseudomonas</i> spp. (n = 03)	2 (66,67%)	2 (66,67%)
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (ATCC-27853) (n = 01)	1 (100,00%)	1 (100,00%)
Gram-positivas (n = 48)	<i>Streptococcus agalactiae</i> (beta hemolítico) (n = 02)	1 (50,00%)	1 (50,00%)
	<i>Streptococcus pneumoniae</i> (alfa hemolítico) (n = 04)	3 (75,00%)	3 (75,00%)
	<i>Streptococcus pyogenes</i> (ATCC-0015) (n = 01)	1 (100,00%)	1 (100,00%)
	<i>Staphylococcus epidermidis</i> (n = 04)	0 (0,00%)	0 (0,00%)
	<i>Staphylococcus saprophyticus</i> (n = 14)	6 (42,86%)	5 (35,71%)
	<i>Staphylococcus aureus</i> (n = 22)	7 (31,82%)	9 (40,91%)
	<i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC-25923) (n = 01)	0 (0,00%)	0 (0,00%)
Total (n = 74; 100%)		28 (37,84%)	28 (37,84%)



(Rosenbach, 1884) (n = 01; 100,00%). As cepas de *Staphylococcus saprophyticus* foram inibidas em 42,86% (n = 06) por DD e 35,71% (n = 05) por MC, e *Staphylococcus aureus* em 31,82% (n = 07) por DD e 40,91% (n = 09) por MC. O extrato não inibiu o crescimento de *Staphylococcus epidermidis* (n = 04) e de *Staphylococcus aureus* (n = 01; ATCC-25923). Nossos resultados estão parcialmente de acordo com alguns estudos (Akinpelu, 2000; Ofokansi *et al.*, 2005; Akinsulire *et al.*, 2007; Okwu & Nnamdi, 2011b) que demonstraram atividade antimicrobiana de *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. contra *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis* (Orla-Jensen, 1919; Schleifer & Kilpper-Bälz, 1984), *Bacillus subtilis* (Cohn, 1872), *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* (Lignieres, 1900), *Klebsiella aerogenes* (Tindall *et al.*, 2017), *Klebsiella pneumoniae* (Trevisan, 1887) e *Pseudomonas aeruginosa* (Schroeter, 1872).

Estudos têm descrito vários compostos responsáveis pela ação antimicrobiana de *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers., como os flavonoides 5'-metil 4',5,7-trihidroxi flavona e 4',3,5,7-tetrahidroxi 5'-metil 5'-propenamina antocianidinas e também fenantreno (Okwu & Nnamdi, 2011b), α -rhamnoisorobin (23), kaempferol rhamnosideo (17, 19-22) (Tatsimo *et al.*, 2012).

Embora os compostos bioativos não tenham sido isolados, a atividade antimicrobiana dessa planta pode ser decorrente da presença desses e de outros compostos ainda não identificados. A presença desses compostos pode também justificar o uso popular dessa planta contra infecções cutâneas, abscessos e distúrbios gastrointestinais (Gill, 1992; Akinsulire *et al.*, 2007). No entanto, estudos adicionais devem ser realizados para isolar, validar e analisar a eficácia e a toxicidade desses componentes como agentes antibacterianos.

A Tabela 3 demonstra a correlação entre o extrato das folhas de *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers., com os antibióticos cefoxitina (CFO) contra bactérias gram-negativas e amoxicilina com ácido clavulânico (AAC) contra bactérias gram-positivas. Foi observado que não houve correlação utilizando os extratos das folhas com os antibióticos CFO ou AAC, contra as bactérias gram-negativas ($p = 0,598$) e gram-positivas ($p = 0,768$), respectivamente. Apesar de alguns estudos demonstrarem efeitos aditivos ou sinérgicos entre antibióticos e extratos bioativos (Adwan & Mhanna, 2008), nossos resultados sugerem que os extratos das folhas de *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. e os antibióticos testados possuem ações independentes para a inibição do crescimento desses tipos de bactérias.

Tabela 3. Análise estatística dos efeitos do extrato etanólico das folhas de *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. em combinação com antibióticos contra as bactérias multirresistentes. Legendas: CIM = concentração inibitória mínima; MC = microdiluição em caldo; AAC = amoxicilina com ácido clavulânico (2.000 mg/mL); CFO = cefoxitina (3.000 mg/mL). Teste exato de Fisher, nível de significância: p-valor $\leq 0,05$.

Antibiótico X Extrato das folhas			
Gram -/CIM-MC	Extrato das folhas		Total
CFO	Resistente	Sensível	
Resistente	11	11	22
Sensível	1	3	4
Total ($p = 0,598261$)	12	14	26
Antibiótico X Extrato das folhas			
Gram +/CIM-MC	Extrato das folhas		Total
AAC	Resistente	Sensível	
Resistente	13	16	29
Sensível	10	9	19
Total ($p = 0,768564$)	23	25	48



CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou uma satisfatória atividade antibacteriana dos extratos das folhas de *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. contra as bactérias multidrogas resistentes, isoladas de pacientes diabéticos com lesões nos pés. Os resultados sugerem que essas folhas possuem compostos bioativos contra bactérias gram-negativas e gram-positivas. No entanto, estudos mais aprofundados que visem o isolamento e a caracterização desses compostos bioativos são necessários para avaliar sua eficácia e sua segurança como novos agentes antibacterianos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Secretaria de Saúde do Estado do Tocantins (SESAU-TO) e a Thiago de Cesaro por facilitar o desenvolvimento do projeto; ao Laboratório Central de Saúde Pública do Tocantins (LACEN-TO), que gentilmente forneceu as cepas de controles. Este trabalho recebeu suporte financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) (AUX-PE-PNPD 2535/2011, processo 23038.007229/2011/12) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Universal, processo 485873/2013-3).

REFERÊNCIAS

ADEBISI, L. A., 1999. **Biodiversity conservation and ethnobotany of selected sacred groves in Osun State, Department of Forest Resources Management**: 1-198. Tese (Philosophy, Biodiversity, Conservation and Ethnobotany) – University of Ibadan, Nigeria.

ADWAN, G. & M. MHANNA, 2008. Staphylococcus aureus strains isolated from clinical specimens. **Middle-East Journal of Scientific Research** 3(3): 134-139.

AFZAL, M., G. GUPTA, I. KAZMI, M. RAHMAN, O. AFZAL, J. ALAM, K. R. HAKEEM, M. PRAVEZ, R. GUPTA & F. ANWAR, 2012. Anti-inflammatory and analgesic potential of a novel steroidal derivative from *Bryophyllum pinnatum*. **Fitoterapia** 83: 853-858. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2012.03.013>.

AFZAL, M., I. KAZMI & F. ANWAR, 2013. Antineoplastic potential of *Bryophyllum pinnatum* Lam. on chemically induced hepatocarcinogenesis in rats. **Pharmacognosy Research** 5(4): 247-253. DOI: <https://doi.org/10.4103/0974-8490.118811>.

AKINPELU, D. A., 2000. Antimicrobial activity of *Bryophyllum pinnatum* leaves. **Fitoterapia** 71(2): 193-194.

AKINSULIRE, O. R., I. E. AIBINU, T. ADENIPEKUN, T. ADELOWOTAN & T. ODUGBEMI, 2007. In vitro antimicrobial activity of crude extracts from plants *Bryophyllum pinnatum* and *Kalanchoe crenata*. **African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines** 4(3): 338-344.

ALLORGE-BOITEAU, L., 1996. Madagascar centre de speciation et d'origine du genre *Kalanchoe* (Crassulaceae). In: W. R. LOURENÇO (Ed.): **Biogéographie de Madagascar**: 137-145. Éditions de l'ORSTOM, Paris.

ARAÚJO, T. A. S., V. T. C. ALMEIDA, E. L. C. AMORIM & U. P. ALBUQUERQUE, 2012. Habitat influence on antioxidant activity and tannin concentrations of *Spondiastuberosa Arruda* (Anacardiaceae). **Pharmaceutical Biology** 50(6): 754-759. DOI: <https://doi.org/10.3109/13880209.2011.630673>.

ARORA, D. S. & S. K. BHARDWAJ, 1997. Antibacterial activity of some medicinal plants. **Geo Bios** 24: 127-131.

ARULLAPPAN, S., P. RAJAMANICKAM, N. THEVAR & C. C. KODIMANI, 2014. In vitro screening of cytotoxic, antimicrobial and antioxidant activities of *Clinacanthus nutans* (Acanthaceae) leaf extracts. **Tropical Journal of Pharmaceutical Research** 13(9): 1455-1461. DOI: <https://doi.org/10.4314/tjpr.v13i9.11>.

BANSAL, E., A. GARG, S. BHATIA, A. K. ATTRI & J. CHANDER, 2008. Spectrum of microbial flora in diabetic foot ulcers. **Indian Journal of Pathology & Microbiology** 51(2): 204-208.

BISWAS, D. & T. K. MONDAL, 2015. Evaluation of anti-pyretic activity of hydroalcoholic extract of *Kalanchoe pinnata* leaves against yeast-induced pyrexia in rat. **International Journal Innovative Pharmaceutical Sciences and Research** 3(5): 483-492.

BOPDA, O. S., F. LONGO, T. N. BELLA, P. M. EDZAH, G. S. TÁIWE, D. C. BILANDA, E. N. TOM, P. KAMTCHOUING & T. DIMO, 2014. Antihypertensive activities of the aqueous extract of *Kalanchoe pinnata* (Crassulaceae) in high salt-loaded rats. **Journal of Ethnopharmacology** 153(2): 400-407. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2014.02.041>.

CHOUNA, J. R., P. A. NKENG-EFOUET, B. N. LENTA, P. K. DEVKOTA, B. NEUMANN, H. G. STAMM LER, S. F. KIMBU & N. SEWALD, 2009. Antibacterial endiandric acid derivatives from *Beilschmiedia anacardioides*. **Phytochemistry** 70(5): 684-688. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2009.02.012>.

CRUZ, E. A., S. A. G. DA-SILVA, M. F. MUZITANO, P. M. R. SILVA, S. S. COSTA & B. ROSSI-BERGMANN, 2008. Immunomodulatory pretreatment with *Kalanchoe pinnata* extract and its quercetin flavonoid effectively protects mice against fatal anaphylactic shock. **International Immunopharmacology** 8(12): 1616-1621. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2008.07.006>.



- CRUZ, E. A., S. REUTER, H. MARTIN, N. DEHZAD, M. F. MUZITANO, S. S. COSTA, B. ROSSI-BERGMANN, R. BUHL, M. STASSEND & C. TAUBE, 2012. *Kalanchoe pinnata* inhibits mast cell activation and prevents allergic airway disease. **Phytomedicine** 19(2): 115-121. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2011.06.030>.
- DEVBHUTI, D., J. K. GUPTA & P. DEVBHUTI, 2012. Studies on antitumour activity of *Bryophyllum calycinum* Salisb. against Ehrlich ascites carcinoma in Swiss Albino mice. **Journal of Pharmaceutical Science and Technology** 2(1): 31-33.
- DJEUSSI, D. E., J. A. K. NOUMEDEM, J. A. SEUKEP, A. G. FANKAM, I. K. VOUKENG, J. E. DONG, X. H. MA, Q. WEI, S. B. PENG & S. C. ZHANG, 2011. Effects of growing location on the contents of secondary metabolites in the leaves of four selected superior clones of *Eucommia ulmoides*. **Industrial Crops and Products** 34(3): 1607-1614. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.06.007>.
- DONG, J. E., X. H. MA, Q. WEI, S. B. PENG & S. C. ZHANG, 2011. Effects of growing location on the contents of secondary metabolites in the leaves of four selected superior clones of *Eucommia ulmoides*. **Industrial Crops and Products** 34(3): 1607-1614. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.06.007>.
- DURAI PANDIYAN, V., M. AYYANAR & S. IGNACIMUTHU, 2006. Antimicrobial activity of some ethnomedicinal plants used by Paliyar tribe from Tamil Nadu, India. **BMC Complementary and Alternative Medicine** 6: 35. DOI: <https://doi.org/10.1186/1472-6882-6-35>.
- EL-TAHAWY, A. T., 2000. Bacteriology of diabetic foot. **Saudi Medical Journal** 21(4): 344-347.
- GADEPALLI, R., B. DHAWAN, V. SREENIVAS, A. KAPIL, A. C. AMMINI & R. CHAUDHRY, 2006. A clinico-microbiological study of diabetic foot ulcers in an Indian tertiary care hospital. **Diabetes Care** 29(8): 1727-1732. DOI: <https://doi.org/10.2337/dc06-0116>.
- GAHLAUT, A. & A. K. CHHILLAR, 2013. Evaluation of antibacterial potential of plant extracts using resazurin based microtiter dilution assay. **International Journal Pharmacology and Pharmacy Science** 5(2): 372-376.
- GHASI, S., C. EGWUIBE, P. U. ACHUKWU & J. C. ONYEANUSI, 2011. Assessment of the medical benefit in the folkloric use of *Bryophyllum pinnatum* leaf among the Igbos of Nigeria for the treatment of hypertension. **African Journal of Pharmacy and Pharmacology** 5(1): 83-92.
- GILL, L. S., 1992. **Ethnomedical uses of plants in Nigeria**. University of Benin Press, Benin City.
- GOYAL, P., N. JAIN, N. S. PANWAR, G. K. SINGH & B. P. NAGORI, 2013. Investigation of hypoglycemic and antidiabetic activities of ethanol extracts of *Kalanchoe pinnata* leaves in streptozocin-induced diabetic rats. **International Journal of Pharmacology and Toxicology** 3: 9-18.
- JUDD, W. S., C. S. CAMPBELL, E. A. KELLOGG, P. F. STEVENS & M. J. DONOGHUE, 2009. **Sistemática vegetal: um enfoque filogenético**: 3. ed. Artmed, Porto Alegre.
- KAMBOJ, A. & A. K. SALUJA, 2009. *Bryophyllum pinnatum* (Lam) Kurz: phytochemical and pharmacological profile: a review. **Pharmacognosy Reviews** 3(6): 364-374.
- KIRTIKAR, K. R. & B. D. BASU, 1975. **Indian medicinal plants**: 2: 1-999. Bishen Singh Mahendra Pal Singh, Dehradun.
- KLANCNIK, A., S. PISKERNIK, B. JERSEK & S. S. MOZINA, 2010. Evaluation of diffusion and dilution methods to determine the antibacterial activity of plant extracts. **Journal of Microbiological Methods** 81(2): 121-126. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2010.02.004>.
- KUETE, V., 2010. Potential of Cameroonian plants and derived products against microbial infections: a review. **Planta Medica** 76(14): 1479-1491. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0030-1250027>.
- LANS, C. A., 2006. Ethnomedicines used in Trinidad and Tobago for urinary problems and diabetes mellitus. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine** 2: 45. DOI: <https://doi.org/10.1186/1746-4269-2-45>.
- LIPSKY, B. A., 2007. Empirical therapy for diabetic foot infections: are there clinical clues to guide antibiotic selection? **Clinical Microbiology and Infection** 13(4): 351-353. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2007.01697.x>.
- LIU, W., J. LIU, D. YIN & X. ZHAO, 2015. Influence of ecological factors on the production of active substances in the anti-cancer plant *Sinopodophyllum hexandrum* (Royle) T.S. Ying. **PLoS One** 10(4): e0122981. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0122981>.
- LUBER, P., E. BARTELT, E. GENSCHOW, J. WAGNER & H. HAHN, 2003. Comparison of broth microdilution, E Test, and agar dilution methods for antibiotic susceptibility testing of *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli*. **Journal of Clinical Microbiology** 41(3): 1062-1068.
- MAHATA, S., S. MARU, S. SHUKLA, A. PANDEY, G. MUGESH, B. C. DAS, & A. C. BHARTI, 2012. Anticancer property of *Bryophyllum pinnata* (Lam.) Oken. leaf on human cervical cancer cells. **BMC Complementary and Alternative Medicine** 12: 15. DOI: <https://doi.org/10.1186/1472-6882-12-15>.
- MATTHEW, S., A. K. JAIN, C. MATTHEW, M. KUMAR & D. BHOWMIK, 2013a. Antidepressant activity of ethanolic extract of plant *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. in mice. **Indian Journal of Research in Pharmacy and Biotechnology** 1(2): 153-155.
- MATTHEW, S., D. SINGH, S. JAISWAL, M. K. B. JAYAKAR & D. BHOWMIK, 2013b. Antidiabetic activity of *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. in alloxan induced diabetic rats. **Journal of Chemical and Pharmaceutical Research** 6(1): 1-7.

- MUZITANO, M. F., L. W. TINOCO, C. GUETTE, C. R. KAISER, B. ROSSIBERGMANN & S. S. COSTA, 2006. The antileishmanial activity assessment of unusual flavonoids from *Kalanchoe pinnata*. **Phytochemistry** 67(18): 2071-2077. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2006.06.027>.
- MUZITANO, M. F., C. A. B. FALCÃO, E. A. CRUZ, M. C. BERGONZI, A. R. BILIA, F. F. VINCIERI, B. ROSSI-BERGMANN & S. S. COSTA, 2009. Oral metabolism and efficacy of *Kalanchoe pinnata* flavonoids in a murine model of cutaneous leishmaniasis. **Planta Medica** 75(4): 307-311. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0028-1088382>.
- OFOKANSI, K. C., C. O. ESIMONE & C. R. ANELE, 2005. Evaluation of the in vitro combined antibacterialeffect of the leaf extracts of *Bryophyllum pinnatum* and *Ocimum gratissimum* (Labiatae). **Plant Products Research Journal** 9: 6-10. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/pprj.v9i1+35242>.
- OJEWOLE, J. A. O., 2002. Antihypertensive properties of *Bryophyllum pinnatum* {(Lam) Oken} leaf extracts. **American Journal of Hypertension** 15(S3): 34a. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0895-7061\(02\)02353-1](https://doi.org/10.1016/S0895-7061(02)02353-1).
- OKWU, D. E. & F. U. NNAMDI, 2011a. A novel antimicrobial phenanthrene alkaloid from *Bryopyllum pinnatum*. **Journal of Chemistry** 8(3): 1456-1461. DOI: <https://dx.doi.org/10.1155/2011/972359>.
- OKWU, D. E. & F. U. NNAMDI, 2011b. Two novel flavonoids from *Bryophyllum pinnatum* and their antimicrobial activity. **Journal of Chemical and Pharmaceutical Research** 3(2): 1-10.
- PAL, S. & A. K. NAG CHAUDHURI, 1991. Studies on the anti-ulcer activity of a *Bryophyllum pinnatum* leaf extract in experimental animals. **Journal of Ethnopharmacology** 33(1-2): 97-102.
- PALOMBO, E. A., 2011. Traditional medicinal plant extracts and natural products with activity against oral bacteria: potencial application in the prevention and treatment of oral diseases. **Evidence Based Complementary and Alternative Medicine** 2001: 680354. DOI: <https://dx.doi.org/10.1093/ecam/nep067>.
- PATHARE, N. A., A. BAL, G. V. TALVALKAR & D. U. ANTANI, 1998. Diabetic foot infections: a study of microorganisms associated with the different Wagner grades. **Indian Journal of Pathology & Microbiology** 41(4): 437-441.
- PERIM, M. C., J. C. BORGES, S. R. C. CELESTE, E. F. ORSOLIN, G. O. MENDES, R. R. MENDES, R. L. FERREIRA, S. C. CARREIRO, & M. C. S. PRANCHEVICIUS, 2015. Aerobic bacterial profile and antibiotic resistance in patients with diabetic foot infections. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical** 48(5): 546-554. DOI: <https://doi.org/10.1590/0037-8682-0146-2015>.
- QUAZI MAJAZ, A., S. NAZIM, Q. ASIR, Q. SHOEB & G. M. BILAL, 2011. Screening of in-vitro anthelmintic atcivity of *Kalanchoe pinnata* roots. **International Journal os Research in Ayurveda and Pharmacy** 2(1): 221-23.
- RAJSEKHAR, P.B., R. S. ARVINDBHARANI, M. RAMACHANDRAN, K. JINI ANGEL & S. P. V. RAJSEKHAR, 2016. The "wonder plant" *Kalanchoe pinnata* (Linn.) Pers.: a review. **Journal of Applied Pharmaceutical Science** 6(3): 151-158. DOI: <https://doi.org/10.7324/JAPS.2016.60326>.
- RAMAKANT, P., A. K. VERMA, R. MISRA, K. N. PRASAD, G. CHAND, A. MISHRA, G. AGARWAL, A. AGARWAL & S. K. MISHRA, 2011. Changing microbiological profile of pathogenic bacteria in diabetic foot infections: time for a rethink on which empirical therapy to choose? **Diabetologia** 54(1): 58-64. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00125-010-1893-7>.
- SALAMI, E. O., R. I. OZOLUA, S. O. OKPO, G. I. EZE & D. O. UWAYA, 2013. Studies on the anti- asthmatic and antitussive properties of aqueous leaf extract of *Bryophyllum pinnatum* in rodent species. **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine** 6(6): 421-425. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1995-7645\(13\)60067-X](https://doi.org/10.1016/S1995-7645(13)60067-X).
- SALAZAR-ARANDA, R., L. A. PÉREZ-LÓPEZ, J. LÓPEZ-ARROYO, B. A. ALANÍSGARZA & N. W. TORRES, 2009. Antimicrobial and antioxidant activities of plants from northeast of Mexico. **Evidence - Based Complementary and Alternative Medicine** 2001: 536139. DOI: <https://doi.org/10.1093/ecam/nep127>.
- SHARMA, A. L., M. A. BHOT & N. CHANDRA, 2014. Gastroprotective effect of aqueous extract and mucilage from *Bryophyllum pinnatum* (Lam.) Kurz. **Ancient Science of Life** 33(4): 252-258. DOI: <https://doi.org/10.4103/0257-7941.147434>.
- SUPRATMAN, U., T. FUJITA, K. AKIYAMA, H. HAYASHI, A. MURAKAMI, H. SAKAI, K. KOSHIMIZU & H. OHIGASHI, 2001. Anti-tumour promoting activity of bufadienolides from *Kalanchoe pinnata* and *K. daigremontiana* × *tubiflora*. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry** 65(4): 947-949. DOI: <https://doi.org/10.1271/bbb.65.947>.
- TATSIMO, S. J., D. TAMOKOU JDE, L. HAVYARIMANA, D. CSUPOR, P. FORGO, J. HOHMANN, J. R. KUIATE & P. TANE, 2012. Antimicrobial and antioxidant activity of kaempferol rhamnoside derivatives from *Bryophyllum pinnatum*. **BMC Research Notes** 5: 158. DOI: <https://doi.org/10.1186/1756-0500-5-158>.
- URBANCIC-ROVAN, V. & M. GUBINA, 2009. Bacteria in superficial diabetic foot ulcers. **Diabetic Medicine** 17(11): 814-815. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1464-5491.2000.00374-2.x>.
- WILLCOX, M. L. & G. BODEKER, 2004. Traditional herbal medicines for malaria. **British Medical Journal** 329(7475): 1156-1159. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.329.7475.1156>.
- YADAV, N. P. & V. K. DIXIT, 2003. Hepatoprotective activity of leaves of *Kalanchoe pinnata* Pers. **Journal of Ethnopharmacology** 86(2-3): 197-202.



A black and white photograph of a woodpecker perched on a tree branch. The bird is facing right, with its head slightly turned. It has a distinctive pattern of dark spots on its back and wings. The background is filled with long, thin, vertical leaves, likely bamboo, which are slightly out of focus. The text "NOTAS DE PESQUISA" is overlaid in the center of the image in a simple, black, sans-serif font.

NOTAS DE PESQUISA

Registro de *Celeus obrieni* (Aves: Piciformes: Picidae) no Parque Estadual do Cantão: implicações para conservação da espécie e para consolidação dos limites da primeira unidade de conservação de proteção integral em Tocantins

Record of *Celeus obrieni* (Aves: Piciformes: Picidae) in the Cantão State Park: implications for species conservation and boundary consolidation of the first integral protection conservation unit in Tocantins, Brazil

Túlio Dornas^I, George Georgiadis^{II}

^IUniversidade Federal do Tocantins. Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente. Palmas, Tocantins, Brasil

^{II}Instituto Araguaia de Proteção Ambiental. Caseara, Tocantins, Brasil

Resumo: O pica-pau-do-parnaíba, *Celeus obrieni* Short, 1973, é uma espécie ameaçada de extinção e representa um caso de endemismo brasileiro. Inúmeros registros da espécie foram realizados ao longo do bioma Cerrado e em porções do extremo leste da Amazônia. Contudo, os registros nunca ocorriam dentro dos limites de unidades de conservação de proteção integral. Aqui, apresentamos o registro de *Celeus obrieni* em um fragmento de 600 hectares de floresta semidecidual com tabocais, localizado no Centro Administrativo e de Recepção de Visitantes do Parque Estadual do Cantão (CERAD-PEC), no oeste do Tocantins. Embora essa área seja de domínio público, pertencente ao estado, seus limites não foram incorporados ainda aos limites legais do PEC. Entende-se que, por um lado, a incorporação desta área resultará em ganhos significativos à proteção e à conservação da espécie e, por outro, fortalecerá ainda mais o trabalho de conservação da biodiversidade do ecótono Cerrado-Amazônia desenvolvido pelo PEC.

Palavras-chave: *Celeus obrieni*. Espécie ameaçada. Parque Estadual do Cantão. Unidades de conservação.

Abstract: Kaempfer's woodpecker (*Celeus obrieni* Short, 1973) is an endangered species and a Brazilian endemic. Numerous records of the species have been made in the Cerrado biome and portions of eastern Amazonia. However, sightings of this species were never within the limits of Integral Protection Areas. Here, we present the record of *Celeus obrieni* in a 600 hectares fragment of semideciduous forest with bamboo in the Administrative and Visitor Reception Center of the Cantão State Park (CSP), in western Tocantins, Brazil. Although this area is under public domain, belonging to Tocantins state, its limits have not yet been incorporated into the legal limits of the CSP. To include this area within the legal limits would result in significant gains in the protection and conservation of the species and further reinforce the importance of the CSP for the conservation of Cerrado-Amazon ecotone biodiversity.

Keywords: *Celeus obrieni*. Endangered species. Cantão State Park. Protect areas.

DORNAS, T. & G. GEORGIADIS, 2019. Registro de *Celeus obrieni* (Aves: Piciformes: Picidae) no Parque Estadual do Cantão: implicações para conservação da espécie e para consolidação dos limites da primeira unidade de conservação de proteção integral em Tocantins.

Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais 14(1): 103-110.

Autor para correspondência: Túlio Dornas. Quadra 303 Norte, Alameda 7, Lote 29, Setor Norte. Palmas, TO, Brasil. CEP 77001-246 (tuliodornas@yahoo.com.br).

Recebido em 13/11/2018

Aprovado em 22/02/2019

Responsabilidade editorial: Fernando da Silva Carvalho Filho



O pica-pau-da-taboca ou pica-pau-do-parnaíba, *Celeus obrieni*, é uma espécie endêmica brasileira, descoberta em 1926, na região de Uruçuí, margem direita do rio Parnaíba, na divisa entre os estados do Maranhão e do Piauí (Short, 1973; Prado, 2006; Pinheiro & Dornas, 2009). A espécie foi redescoberta em 2006, na região de Goiatins, no nordeste do Tocantins (Prado, 2006), após período de 80 anos de anonimato, no qual pelo menos cinco registros não foram confirmados (Dornas *et al.*, 2009).

A partir de então, centenas de registros foram efetuados ao longo do bioma Cerrado, entre os estados do Maranhão e do Mato Grosso, e também na Amazônia maranhense, aumentando substancialmente a distribuição geográfica conhecida da espécie (Santos & Vasconcelos, 2007; Pinheiro & Dornas, 2009; Pacheco & Maciel, 2009; Santos *et al.*, 2010; Dornas *et al.*, 2011, 2014). Mais recentemente, sua ocorrência foi confirmada nas florestas ombrófilas mescladas a tabocais da serra dos Carajás, no sudeste do Pará (Pablo Cerqueira e colaboradores, comunicação pessoal; Pinto, 2017).

O *status* de conservação de *C. obrieni* ainda é bastante preocupante, sendo a espécie considerada 'vulnerável' de extinção em nível nacional (MMA, 2014) e globalmente é dada como 'em perigo de extinção' (IUCN, 2018), devido à sua baixa população e ao elevado processo de perda de *habitat*. A espécie é altamente especializada a ambientes florestais associados à ocorrência de extensos tabocais (*Guadua paniculata* Munro) (Pinheiro & Dornas, 2009; Leite *et al.*, 2013; Dornas *et al.*, 2014), sendo eventualmente detectada em embaúbas (Santos & Vasconcelos, 2007; Crozariol, 2018; Túlio Dornas, comunicação pessoal, 2018). Nesses ambientes, a espécie obtém seu item alimentar: formigas (Leite *et al.*, 2013; Crozariol, 2018). Inclusive, devido a essa forte relação com florestas mescladas a tabocais, a espécie teve novos nomes vernáculos sugeridos: pica-pau-da-taboca, em português, e *Brazilian Bamboo-Woodpecker*, em inglês (Dornas *et al.*, 2017). Não foi documentado o uso, pela espécie, de matrizes

antropizadas, como áreas de pastagens e monoculturas de grãos, e o uso de ambientes campestres foi pouquíssimo relatado (Marcelino *et al.*, 2012).

Contudo, ao longo desses últimos 12 anos, um cenário inusitado tem se desenhado para *Celeus obrieni*: a ausência de registros em unidades de conservação de proteção integral ao longo de sua distribuição geográfica. A presença da espécie já havia sido confirmada em unidades de conservação de uso sustentável como a Área de Proteção Ambiental (APA) Ilha do Bananal/Cantão, no oeste do Tocantins, ou APA Pouso Alto, na região de Colinas do Sul, no nordeste de Goiás (Pinheiro *et al.*, 2012). Também são conhecidos registros adjacentes a terras indígenas, no limite norte da Terra Indígena (TI) Xerente (Túlio Dornas, comunicação pessoal, 2012). Contudo, essas unidades de conservação não oferecem proteção plena à espécie, devido à possibilidade de alteração de seus ambientes naturais, conforme previsto na legislação ambiental. Na própria APA Bananal/Cantão, áreas naturais onde sabidamente havia a presença de *C. obrieni* foram suprimidas para abertura de áreas de plantio de soja (Moreira & Collicchio, 2017).

Todavia, o inédito registro de *Celeus obrieni*, em dezembro de 2017, realizado pelo ornitólogo Pablo Cerqueira e pelo guia de observação de aves Filho Manfredini, no interior da Floresta Nacional (FLONA) da Serra dos Carajás, em Parauapebas, no sudeste do Pará, trouxe nova perspectiva sobre a proteção legal da espécie (Filho, 2017; Pinto, 2017). Embora as florestas nacionais sejam consideradas como unidades de conservação de uso sustentável, a FLONA dos Carajás possui zoneamento ambiental estabelecido que vem sendo rigorosamente cumprido (ICMBio, 2016). As diferentes zonas estabelecidas destinadas à conservação da cobertura vegetal de forma irrestrita e/ou com reduzido impacto negativo, devido ao manejo florestal, alcançam aproximadamente 70% dos limites da FLONA dos Carajás (ICMBio, 2016). Diante do nível de integridade da conservação dos ambientes naturais,

supõe-se que *C. obrieni* apresenta-se, em escala temporal e espacial, como uma espécie satisfatoriamente protegida no interior da FLONA dos Carajás.

Contudo, essa proteção legal mais efetiva de *Celeus obrieni* pode ser consideravelmente fortalecida com a descoberta da ocorrência da espécie nos limites do Centro Administrativo e de Recepção de Visitantes do Parque Estadual do Cantão (CERAD-PEC) (Tocantins, 2016). O Parque Estadual do Cantão (PEC), localizado no extremo oeste do estado do Tocantins, é uma Unidade de Conservação de Proteção Integral (UCPI) com área um pouco superior a 90.000 hectares, sendo formada, em sua grande maioria, por florestas inundáveis, situadas entre os rios Javaés, Coco e Araguaia (Tocantins, 2016).

Adjacente aos seus limites, existe uma área de 600 hectares, localizada à margem direita do rio Coco, próximo 6 km da sede municipal de Caseara, onde está estabelecido o CERAD-PEC, cujos limites constituem uma área pública, de domínio do estado do Tocantins, sobre a qual se recomenda a inserção em definitivo em relação aos limites originais e legais do PEC (Tocantins, 2016). Essa área tem predomínio de florestas semidecíduais não inundáveis e de áreas de cerrado *sensu stricto*, apresentando algumas partes formadas por campos alagáveis, denominados regionalmente de varjões (Tocantins, 2016).

Nos dias 23 e 27 de julho de 2018, TD registrou pelo menos três casais de *Celeus obrieni* em um remanescente de floresta semidecidual na porção sudeste da área correspondente ao CERAD-PEC, muito próximo à divisa com as propriedades vizinhas. No dia 23, por volta das 06:20 h, um casal da espécie vocalizou espontaneamente ao longo da trilha escolhida para prospecções, na divisa leste entre o CERAD-PEC e a fazenda São Rafael, propriedade vizinha (9° 18' S; 49° 55' O). Notou-se a presença de *habitat* florestal (cerradão) mesclado a abundante tabocal (*Guadua paniculata* Munro). Após a manifestação sonora espontânea do casal, foi reproduzida a vocalização da espécie, cujas resposta e

aproximação ocorreram de imediato, sendo possível a documentação de uma fêmea (Figura 1A).

Diante do achado e da extensão da área de cerradão mesclado a tabocal, uma visita a outro ponto, sabidamente ocorrente de tabocais e de cerradão, foi prontamente realizada. Um novo trecho na porção sul da divisa do CERAD-PEC com a fazenda São Rafael foi percorrido por volta das 11:00 h, onde confirmou-se a presença do tabocal, o qual se adensava à medida que se caminhava para o interior da propriedade vizinha.

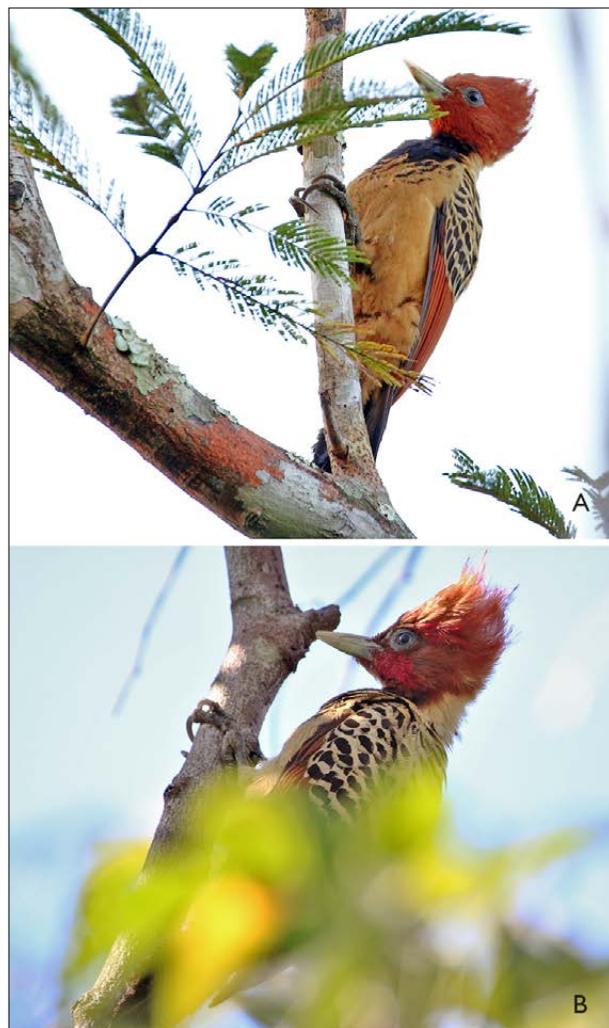


Figura 1. Casal de *C. obrieni* encontrado nos limites do CERAD-PEC, em Caseara, oeste do Tocantins: A) fêmea; B) macho. Fotos: Túlio Dornas (2018).

Após o uso do *playback*, tivemos a resposta imediata de um novo indivíduo. Nenhuma documentação foi realizada, nem avistamento, apenas o registro auditivo de três repetições sucessivas do tradicional canto da espécie.

No dia 27, nova incursão foi conduzida à mesma área do primeiro registro do dia 23, e às 7:00 h encontramos espontaneamente um casal, o qual foi assumido ser o mesmo registrado dias atrás. A partir do ponto deste registro, seguiu-se adiante, avançando ao longo da divisa do CERAD-PEC e da Fazenda São Rafael, no sentido sudoeste, atravessando o cerradão mesclado a extenso tabocal. Após quase 1,5 km de caminhada, às 9:30 h, um novo *playback* foi realizado, com resposta imediata de um novo casal. O macho se aproximou rapidamente e vocalizou, sendo fotografado (Figura 1B), enquanto a fêmea tamborilava a alguns metros dali, embrenhada no tabocal e cerradão.

Após a concretização do registro mencionado, foi conduzida uma prospecção de reconhecimento dos diferentes ambientes e *habitats* ao longo dos 600 hectares do CERAD-PEC e matas semidecíduais limítrofes da fazenda São Rafael junto à divisa do CERAD-PEC (Figura 2). Constatou-se a existência de um bloco de aproximadamente 450 hectares contínuos, em cuja área foi observada a presença de *habitat* florestal mesclado a abundante tabocal, onde é possível assumir a presença de vários indivíduos da espécie. Estudo sobre as medidas da área de vida e território de *C. obrieni* apontam uma variação entre 30 a 570 hectares, com média de 200 hectares (Corrêa, 2012). Desta forma, considerando estes valores, disponibilidade e estrutura dos tabocais e florestas, presume-se a presença de pelo menos cinco casais no polígono delimitado entre o CERAD-PEC e a fazenda São Rafael (Figura 2).

Aproximadamente 50% dos 450 hectares mensurados estão no interior do PEC, de modo que os demais 50% estão inseridos na fazenda São Rafael, em áreas cuja destinação é categorizada como Reserva Legal (RL) e Áreas de Proteção Permanente (APP), conforme

consta, após consulta pública, no Cadastro Ambiental Rural (CAR) (Serviço Florestal Brasileiro, 2019). A determinação destas áreas marginais ao CERAD-PEC como RL e APP gera expectativas positivas em médio e longo prazos quanto à permanência e à manutenção do *habitat* da espécie, com grandes possibilidades de delimitação de um corredor ecológico entre as áreas vizinhas. Há registros de *Celeus obrieni* em outras áreas dentro de um raio de 15 a 30 km do CERAD-PEC, refletindo condições de conexão entre os indivíduos da região, demonstrando a evidente importância e aplicabilidade de um corredor ecológico.

A descoberta de *Celeus obrieni* nos limites do CERAD-PEC tem reflexos extremamente relevantes para a conservação deste ameaçado e endêmico pica-pau brasileiro e para a consolidação e o reconhecimento definitivo dos limites do Parque Estadual do Cantão. O plano de manejo revisado do PEC recomenda que os 600 hectares destinados ao CERAD-PEC devam ser incorporados em definitivo aos limites originais do PEC (Tocantins, 2016). Uma vez concretizada esta recomendação, além de toda estrutura física de visitação e da administração presente no CERAD-PEC serem formalmente integradas ao PEC, concomitantemente, haverá reconhecimento formal da presença de *Celeus obrieni* dentro de uma UCPI ao longo de sua distribuição geográfica, em especial na porção sobreposta aos limites do bioma Cerrado.

A presença de *Celeus obrieni* nos limites do PEC fortalece muito a proteção da espécie, pois ela passa a ser regida por parâmetros de proteção estabelecidos por lei em uma UCPI. Dessa forma, a espécie torna-se reconhecida no interior de duas unidades de conservação públicas com regimentos e normas prioritariamente favoráveis à conservação da biodiversidade: Floresta Nacional (FLONA) dos Carajás e Parque Estadual do Cantão. Isso é representativo de um expressivo aumento do *status* de conservação da espécie, visto que há 12 anos suspeitava-se de sua extinção (Prado, 2006).



Figura 2. Polígono de linha amarela, área de 600 hectares referentes ao Centro Administrativo e de Recepção de Visitantes do Parque Estadual do Cantão (CERAD-PEC). O polígono verde hachurado, com aproximadamente 450 hectares, representa as formações florestais mescladas a tabocais onde ocorre *Celeus obrieni*. Os pontos 1 e 2 representam os registros cronologicamente realizados no dia 23 de julho, e o ponto 3, o registro do dia 27 de julho. Mapa: Tulio Dornas (2018).



Tais reforços no *status* de conservação, no entanto, ainda não são suficientes, mesmo regionalmente. O contingente populacional ainda é pouco conhecido e presumidamente reduzido, encontrando-se fortemente fragmentado e sujeito a incêndios florestais, tanto na região do Cantão quanto no restante da distribuição geográfica da espécie. Portanto, além da incorporação do CERAD-PEC aos limites do PEC, duas outras ações são urgentes e minimamente essenciais na região do Cantão: i) defesa efetiva de áreas legais de proteção permanente ao longo das propriedades da redondeza, como matas ciliares e de galerias, assim como reservas legais, as quais, em conjunto, favorecem a constituição de corredores ecológicos; ii) manutenção constante das brigadas de incêndio, atualmente constituídas e atuantes no combate a incêndios florestais na região, sobretudo nos limites do PEC.

Adicionalmente, é imprescindível a consolidação do plano de manejo da APA Bananal/Cantão, com a ordenação de suas atividades socioeconômicas e o estabelecimento de seu zoneamento ambiental, definindo, de forma criteriosa e técnica, áreas de uso restrito e irrestrito, semelhante ao que é estabelecido na FLONA dos Carajás (ICMBio, 2016). Este ordenamento e o seu cumprimento podem elevar significativamente o *status* de proteção de *Celeus obrieni*, uma vez que existem vários registros deste pica-pau ao longo dos limites da APA Bananal/Cantão (Pinheiro & Dornas, 2009; Leite *et al.*, 2013; Corrêa, 2014; Dornas, 2017; Túlio Dornas, comunicação pessoal, 2017, 2018). Essa consolidação deve ocorrer o mais breve possível, pois, segundo dados do Projeto MapBiomas, a APA Bananal/Cantão perdeu, desde 1985, mais de 400.000 hectares de cobertura vegetal nativa, aproximadamente 25% de sua área total (MapBiomas, 2019), sendo que, nos últimos dez anos, ela tem sido um dos celeiros da produção de soja no estado do Tocantins, havendo abertura contínua de novas áreas de plantio (Moreira & Collicchio, 2017).

Espera-se, ainda, que levantamentos ornitológicos mais amplos, contemplando os limites de outras unidades

de conservação de proteção integral pouco exploradas do bioma Cerrado, sobrepostas à distribuição geográfica de *C. obrieni*, descubram novos registros da espécie. No Tocantins, as regiões do Parque Estadual do Lajeado e do Monumento Natural das Árvores Fossilizadas são áreas potenciais à presença de formações florestais mescladas a tabocais que podem abrigar a espécie e merecem buscas paulatinas. Por outro lado, a criação de UCPI, como Parque Estadual da Serra da Cangalha, na região nordeste, e do Parque Estadual das Águas de Paranã (PEAP), na região sudeste de Tocantins, imediatamente cumprirão seu papel na conservação da espécie e de toda biodiversidade associada, uma vez que o *habitat* da espécie ocorre de forma maciça nessas áreas. Nos limites propostos para o PEAP, inclusive, há registros de *C. obrieni* já confirmados (Pacheco & Olmos, 2006; Moss, 2015).

Em contrapartida, vale ressaltar a alternativa aplicada ao fortalecimento da proteção de *Celeus obrieni* na região do Cantão. Em meados de 2017, também em Caseara, foi criada a Reserva Particular do Patrimônio Natural Canto do Obrieni (RPPNCO). Visando exclusivamente à conservação da espécie e de biodiversidade associada, a RPPNCO, cuja coordenação e tutela pertencem à organização não governamental (ONG) Instituto Araguaia de Proteção Ambiental, possui aproximadamente 250 hectares e teve registrados em seus limites, até o momento, pelo menos quatro casais. A exemplo do ocorrido com a RPPN Canto do Obrieni, outras propriedades da região do Cantão estão planejando, em uma perspectiva de sustentabilidade ambiental, a criação de RPPN em cujos limites ocorrem confirmadamente indivíduos de *C. obrieni*. Portanto, o incentivo à criação de RPPN nas áreas conhecidas da ocorrência da espécie, principalmente ao longo do bioma Cerrado, pode representar alternativas eficientes de conservação da espécie.

AGRADECIMENTOS

TD e GG agradecem a *Rain Forest Trust* e ao Parque Estadual do Cantão, pelos apoios financeiros e logísticos,



respectivamente, que permitiram as inúmeras incursões a campo na região. TD agradece ao Instituto Araguaia de Proteção Ambiental, nas pessoas de George Geogiordis, Silvana Campelo, Thais Susana e Benaya Leles. TD agradece também a Geoffrey Macmullan, pelas correções no *abstract*, sendo ainda muito grato ao amigo Juarez Feitosa, o estimado Juarez do Cantão, pela amizade e companheirismo nos trabalhos de campo nestes últimos dez anos. A presença de Juarez na descoberta desta espécie emblemática nos limites do CERAD-PEC enaltece e premia sua vida dedicada à conservação da região do Cantão.

REFERÊNCIAS

- CORRÊA, A. G., 2012. **Uso de habitat e distribuição do pica-pau-do parnaíba *Celeus obrieni***. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ecótonos) – Universidade Federal do Tocantins, Porto Nacional.
- CORRÊA, A. G., 2014. [WA1524183, *Celeus obrieni* Short, 1973]. **WikiAves - A Enciclopédia das Aves do Brasil**. Disponível em: <<http://www.wikiaves.com/1524183>>. Acesso em: 16 agosto 2018.
- CROZARIOL, M. A., 2018. *Celeus obrieni*: um 'especialista em bambu' forrageando em *Cecropia* sp. **Cotinga** 40: 86-90.
- DORNAS, T., N. C. VALLE & J. HIDASI, 2009. *Celeus obrieni*: dois novos registros históricos para o estado de Goiás. **Atualidades Ornitológicas** 147: 18-19.
- DORNAS, T., G. A. LEITE, R. T. PINHEIRO & M. A. CROZARIOL, 2011. Primeiro registro do criticamente ameaçado pica-pau-do-parnaíba *Celeus obrieni* no estado do Mato Grosso (Brasil) e comentários sobre distribuição geográfica e conservação. **Cotinga** 33: 91-93.
- DORNAS, T., R. T. PINHEIRO, A. G. CORRÊA, A. D. PRADO, E. S. FERREIRA & R. S. VIEIRA, 2014. Novos registros e implicações sobre a ocorrência de *Celeus obrieni*, pica-pau-do-parnaíba no cerrado norte e Amazônia maranhense. **Ornithologia** 7(1): 23-28.
- DORNAS, T., 2017. [WA2593582, *Celeus obrieni* Short, 1973]. **WikiAves - A Enciclopédia das Aves do Brasil**. Disponível em: <<http://www.wikiaves.com/2593582>> Acesso em: 16 agosto 2018.
- DORNAS, T., E. R. LUIZ, M. F. PESQUERO, R. T. PINHEIRO, A. G. CORRÊA, G. LEITE & D. G. MARCELINO, 2017. Proposta de alteração dos nomes vernáculos técnicos em português e inglês de duas aves endêmicas do Brasil: *Pyrrhura pfrimeri* (Psittaciformes: Psittacidae) e *Celeus obrieni* (Piciformes: Picidae). **Atualidades Ornitológicas** (196): 8-13.
- FILHO, J. A., 2017. [WA2956796, *Celeus obrieni* Short, 1973]. **WikiAves - A Enciclopédia das Aves do Brasil**. Disponível em: <<http://www.wikiaves.com/2956796>>. Acesso em: 16 agosto 2018.
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio), 2016. **Plano de manejo da Floresta Nacional de Carajás**. Volume II: Planejamento. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Brasília.
- INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE AND NATURAL RESOURCES (IUCN), 2018. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2018-1. International Union for Conservation of Nature. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org>>. Acesso em: 16 agosto 2018.
- LEITE, G. A., R. T. PINHEIRO, D. G. MARCELINO, J. E. FIGUEIRA & J. H. C. DELABIE, 2013. Foraging behavior of Kaempfer's woodpecker (*Celeus obrieni*), a bamboo specialist. **Condor** 115(2): 221-229. DOI: <https://doi.org/10.1525/cond.2013.120062>.
- MAPBIOMAS, 2019. **MapBiomias v. 3**. Disponível em: <<http://mapbiomas.org/map#coverage>>. Acesso em: 25 agosto 2018.
- MARCELINO, D. G., A. G. CÔRREA, T. DORNAS & R. T. PINHEIRO, 2012. Diagnóstico ambiental das áreas de ocorrência do pica-pau-do-parnaíba *Celeus obrieni*, na região norte de Goiás, Brasil. **Neotropical Biology and Conservation** 7(2): 129-139.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA), 2014. Portaria nº 444, de 17 de dezembro de 2014. Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, nº 245, 18 de dezembro de 2014. Seção 1, p. 122-126. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/2014/p_mma_444_2014_lista_esp%C3%A9cies_ame%C3%A7adas_extin%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 16 agosto 2018.
- MOREIRA, D. C. & E. COLLICCHIO, 2017. Prerrogativas da legislação ambiental estadual em relação à APA Ilha do Bananal/Cantão, Tocantins. **Revista Liberato** 18(30): 133-258.
- MOSS, M., 2015. [WA1879430, *Celeus obrieni* Short, 1973]. **WikiAves - A Enciclopédia das Aves do Brasil**. Disponível em: <<http://www.wikiaves.com/1879430>>. Acesso em: 12 novembro 2018.
- PACHECO, J. F. & F. OLMOS, 2006. As aves do Tocantins 1: região sudeste. **Revista Brasileira de Ornitologia** 14(2): 85-100.
- PACHECO, J. F. & E. MACIEL, 2009. Um registro recente e documentado de *Celeus obrieni* (Piciformes: Picidae) para o estado de Goiás. **Atualidades Ornitológicas** (150): 14.
- PINHEIRO, R. T. & T. DORNAS, 2009. Distribuição e conservação das aves na região do Cantão, Tocantins: ecótono Amazônia/Cerrado. **Biota Neotropica** 9(1): 187-205. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032009000100019>.

PINHEIRO, R. T., T. DORNAS, G. A. L. LEITE, M. A. CROZARIOL, D. G. MARCELINO & A. G. CORRÊA, 2012. Novos registros do pica-pau-do-parnaíba e status de conservação no estado de Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Ornitologia** 20(1): 59-64.

PINTO, M. A., 2017. [WA2555942, *Celeus obrieni* Short, 1973]. **WikiAves - A Enciclopédia das Aves do Brasil**. Disponível em: <<http://www.wikiaves.com/2555942>>. Acesso em: 16 agosto 2018.

PRADO, A. D., 2006. *Celeus obrieni*: 80 anos depois. **Atualidades Ornitológicas** (134): 4-5.

SANTOS, M. P. D. & M. F. VASCONCELOS, 2007. Range extension for Kaempfer's Woodpecker *Celeus obrieni* in Brazil, with the first male specimen. **Bulletin of the British Ornithologists' Club** 127: 249-252.

SANTOS, M. P. D., P. V. CERQUEIRA & L. M. S. SOARES, 2010. Avifauna em seis localidades no Centro-Sul do estado do Maranhão, Brasil. **Ornithologia** 4(1): 49-65

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO, 2019. **SICAR**. Disponível em: <<http://www.car.gov.br/publico/imoveis/index>>. Acesso em: 10 de janeiro 2019.

SHORT, L. L., 1973. A new race of *Celeus spectabilis* from eastern Brazil. **The Wilson Bulletin** 85: 465-467.

TOCANTINS, 2016. **Plano de Manejo do Parque Estadual do Cantão**: revisão. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos e Instituto Natureza do Tocantins, Palmas. Disponível em: <http://gesto.to.gov.br/site_media/upload/plano_manejo/Plano_de_Manejo_-_PEC_-_2016.pdf>. Acesso em: 16 agosto 2018.

Provável híbrido entre *Myiothlypis flaveola* (Baird, 1865) e *M. leucophrys*
(Pelzeln, 1868) (Passeriformes: Parulidae)
Possible hybrid of *Myiothlypis flaveola* (Baird, 1865) and *M. leucophrys* (Pelzeln, 1868)
(Passeriformes: Parulidae)

Fernando Igor de Godoy¹, Vagner de Araujo Gabriel¹

¹Casa da Floresta Ambiental S.S. Piracicaba, São Paulo, Brasil

Resumo: Relatamos o registro de um possível híbrido entre dois congêneres, *Myiothlypis flaveola* e *M. leucophrys*, ainda não reportados na literatura. Em 29 de janeiro de 2015, um indivíduo com plumagem intermediária foi capturado através de uma rede de neblina em uma área de restauração florestal localizada no município de Piracicaba, no estado de São Paulo, Brasil. Este indivíduo foi recapturado e observado no campo, onde foi possível gravar sua vocalização, para comparar com a espécie em questão.

Palavras-chave: Hibridismo. Sudeste brasileiro. Taxonomia. Pula-pula.

Abstract: We report on a possible hybrid between two congeners, *Myiothlypis flaveola* and *M. leucophrys*, that have not been found to hybridize previously. On January 29, 2015, an individual with intermediate plumage between *M. flaveola* and *M. leucophrys* was captured in a mist net in a forest restoration area in the municipality of Piracicaba, São Paulo state, Brazil. The same individual was recaptured and observed in the field, where it was possible to record its song to compare with its purported parental species.

Keywords: Hybridization. Southeastern Brazil. Taxonomy. Warbler.

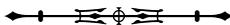
GODOY, F. I. & V. A. GABRIEL, 2019. Provável híbrido entre *Myiothlypis flaveola* (Baird, 1865) e *M. leucophrys* (Pelzeln, 1868) (Passeriformes: Parulidae). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 14(1): 111-117.

Autor para correspondência: Fernando Igor de Godoy. Casa da Floresta Ambiental S.S. Av. Joaquina Morganti, 289 – Monte Alegre. Piracicaba, SP, Brasil. CEP 13415-030 (fernando@casadafloresta.com.br).

Recebido em 19/06/2018

Aprovado em 12/03/2019

Responsabilidade editorial: Fernando da Silva Carvalho Filho



A hibridização é um processo no qual há cruzamento entre duas espécies distintas (Futuyma, 1992). Os passeriformes representam grande parte dos casos de hibridismos, estando Parulidae entre os casos reportados (McCarthy, 2006). Essa família é composta por aves de hábitos predominantemente insetívoros, cuja distribuição abrange quase todo o continente americano, sendo que muitos de seus representantes possuem comportamentos migratórios (Sick, 1997; Lovette *et al.*, 2010). Em meio às 22 espécies de parúldeos registradas para o Brasil, apenas 12 são consideradas residentes (Piacentini *et al.*, 2015). O gênero *Myiothlypis*, recém-desmembrado de *Basileuterus* (Lovette *et al.*, 2010), abrange sete espécies com esse *status* (Piacentini *et al.*, 2015). Nesse contexto, o presente manuscrito objetiva descrever um provável caso de hibridismo entre dois desses parúldeos, *Myiothlypis flaveola* (Baird, 1865) e *M. leucophrys* (Pelzeln, 1868), ainda não relatado na literatura.

Myiothlypis flaveola apresenta ampla distribuição no território nacional (Curson & Bonan, 2019), com ocorrência prevalente em matas mais secas, tais como florestas estacionais e cerradões, no estrato inferior, preferencialmente no chão (Marini & Cavalcanti, 1993). Mede 140 mm e possui coloração geral amarela, com partes superiores ocráceas (dorso, asas e cauda) (Ridgely & Tudor, 1989; Sick, 1997) (Figura 1A). Já *M. leucophrys* é restrita ao Cerrado, bioma da qual é considerada endêmica (Bencke *et al.*, 2006), associada a matas ciliares densas (Sick, 1997; Curson, 2019), vivendo no chão e no sub-bosque da floresta. Essa espécie atinge 160 mm de comprimento e apresenta cabeça cinza, com faixa superciliar branca bem marcada, assim como garganta e região malar, ventre e partes inferiores esbranquiçados, peito acinzentado, dorso, asa, cauda e flancos verde-oliváceos e patas alaranjadas (Curson *et al.*, 1994; Sick, 1997; Gwynne *et al.*, 2010) (Figura 1B). De acordo com McCarthy (2006), que reúne a compilação de diversos hibridismos, não são citados híbridos para essas espécies, embora este autor reporte a existência de avistamentos de pares mistos de *M. flaveola* e *B. culicivorus hypoleucus* Bonaparte (1850), outro parúldeo de ocorrência simpátrica.

No dia 29 de janeiro de 2015, um indivíduo com plumagem aparentemente intermediária entre *M. flaveola* e *M. leucophrys* foi capturado em rede de neblina durante o monitoramento de uma área de restauração, no município de Piracicaba, em São Paulo (47° 36' 33" W, 22° 42' 36" S). Essa área possui 6,18 ha e constitui-se de uma faixa com cerca de 60 m ao redor de um açude, abrangendo sua Área de Preservação Permanente (APP), cujo plantio com espécies nativas foi efetuado no ano de 2006. Atualmente, a localidade possui altura média de 7 m e enquadra-se em um estágio inicial de sucessão de floresta estacional semidecidual.

Tal ave foi anilhada e sua biometria foi obtida (comprimento total de 145 mm, asa com 66 mm, cauda com 61 mm e peso de 12 g). A hipótese de hibridização é oriunda da plumagem intermediária com relação às supostas espécies parentais (*M. flaveola* e *M. leucophrys*): cabeça com coloração acinzentada, com porção superciliar, laterais da cabeça, garganta, pescoço e peito esbranquiçados (*M. leucophrys*); tarsos fortemente alaranjados (como em *M. flaveola*), ventre claro, com nuances amareladas que se estendiam até os flancos e o cristo, onde se tornavam mais acentuadas (*M. leucophrys*); dorso, uropígio, rêmiges e retrizes verde-oliváceas (padrão intermediário de cores entre ambas as espécies) (Figuras 1C e 1D). Quando foi solta, a ave emitiu diversos chamados e alertas equivalentes aos de *M. flaveola*.

Em 23 de maio de 2015, a ave foi novamente observada, forrageando nas porções inferiores do sub-bosque em meio a um bando misto, com *Conopophaga lineata* (Wied, 1831), *Synallaxis frontalis* Pelzeln (1859) e *Basileuterus culicivorus hypoleucus* Bonaparte, 1850. Por estar naturalmente bastante ativa, seu canto foi gravado e depositado no acervo digital do banco de dados do Xeno Canto (Godoy, 2015c), o qual aparentou ser muito similar auditivamente ao de *M. flaveola*, assim como já mencionado para os seus chamados. Para comparação mais fidedigna, sonogramas foram elaborados, evidenciando que, embora existam



Figura 1. *M. flaveola* (Piracicaba, São Paulo) (Godoy, 2019) (A); *M. leucophrys* (Três Lagoas, Mato Grosso do Sul) (Godoy, 2013) (B); provável híbrido entre *Myiothlypis flaveola* versus *M. leucophrys* (C-D) (Piracicaba, São Paulo) (Godoy, 2015a, 2015b). Fotos: F. I. Godoy (acervo Casa da Floresta).

pequenas variações estruturais, as vocalizações, de fato, são bastante similares, seja através do padrão de notas seja de acordo com a duração, pois o possível híbrido apresentou duração ligeiramente mais longa (média de 2,3 s, $dp \pm 0,07$) do que as gravações realizadas para *M. flaveola* (média de 2,1 s, $dp \pm 0,08$) (Figura 2). As variações da estrutura das notas podem ser expressivas na espécie, já que indivíduos de localidades distintas exibiram divergências. Pode, ainda, de acordo com Carvalho (2010), haver diferença na duração dos cantos de *M. flaveola* entre os períodos de seca e chuvosos,

no entanto, segundo esse trabalho, a duração também se revela menor ($2 \text{ s} \pm 0,19$) em relação ao padrão observado para o possível híbrido.

O mesmo indivíduo foi recapturado nos dias 25 de junho e 29 de julho de 2015, sendo a descoberta feita nesta última data em uma rede localizada a cerca de 300 m das anteriores. Apesar de pouco mais distante, esta área ainda se enquadra no tamanho territorial de *M. flaveola*, constituída por aproximadamente 2 ha (Duca & Marini, 2005). Em nenhuma recaptura, a ave exibiu qualquer alteração da plumagem ou de condição física.

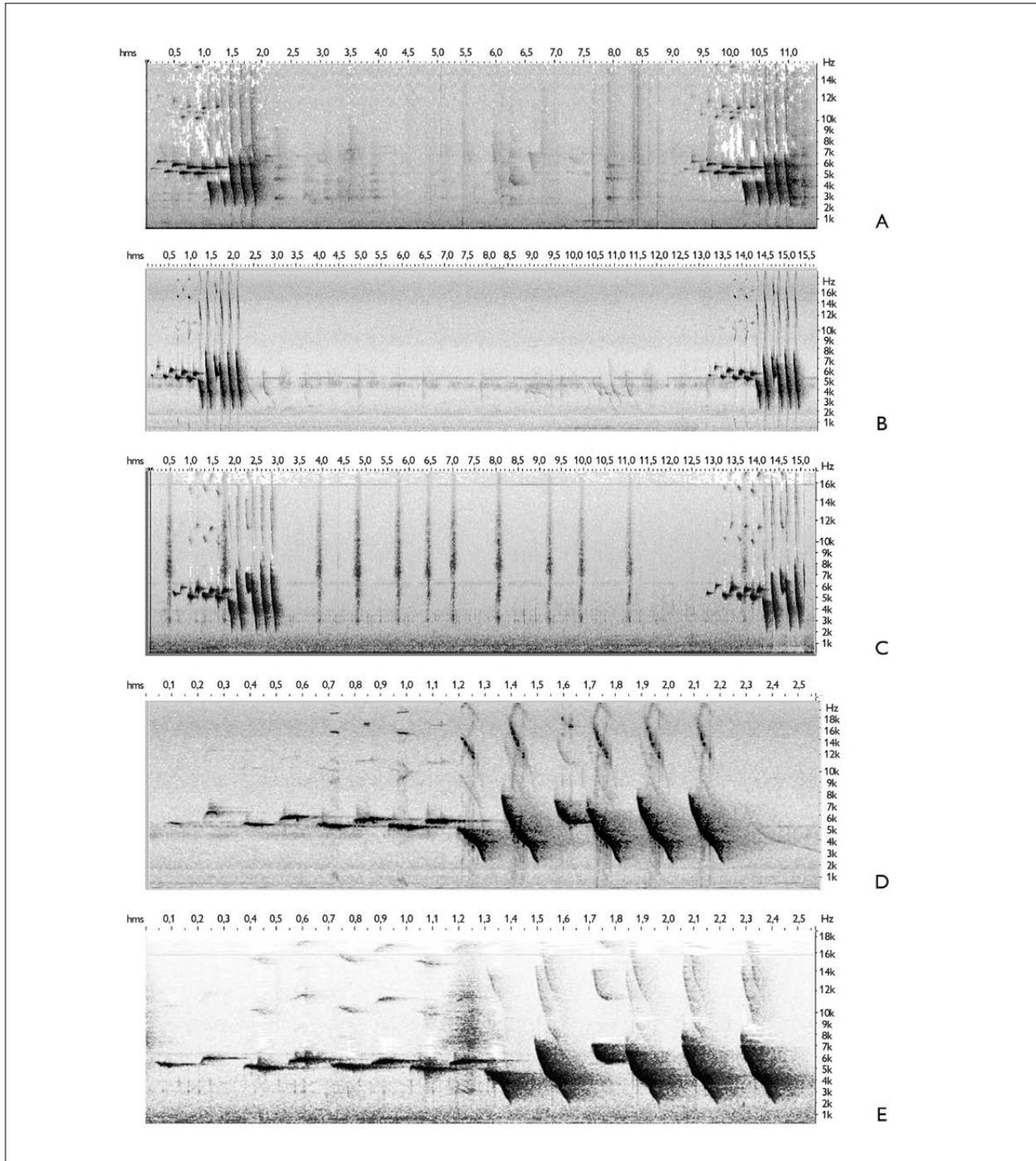


Figura 2. Sonogramas: A) *Myiothlypis flaveola*, canto gravado no município de Garça, em São Paulo, por FIG, em 30 de outubro de 2010 – XC185822 (Godoy, 2010); B) *Myiothlypis flaveola*, canto gravado na área de estudo, em Piracicaba, São Paulo, por FIG, em 27 de outubro de 2010 – XC435984 (Godoy, 2016); C) provável híbrido *M. flaveola* versus *M. leucophrys*, gravação realizada por FIG na área de estudo, em 23 de maio de 2015 – XC4613333 (Godoy, 2015d); D) detalhe da gravação da Figura 2B focando as notas; E) detalhe da gravação da Figura 2C focando as notas.

A conjectura de que se trata de um híbrido entre as duas espécies advém dos seguintes fatos: (i) forrageiam em estratos comuns, quais sejam as porções inferiores e a serrapilheira das florestas (Marini & Cavalcanti, 1993); (ii) ambos pertencem ao mesmo gênero e, portanto, apresentam maior grau de parentesco, sendo que *M. flaveola* é bastante abundante no local e *M. leucophrys* é raro na região, inclusive considerado ameaçado de extinção em São Paulo (São Paulo, 2014), sem registros no município, o que dificultaria o encontro de parceiros reprodutivos; (iii) coloração de plumagem intermediária entre as duas espécies. De fato, as vocalizações corroboram o padrão de *M. flaveola*, não havendo dúvidas de que um de seus progenitores pertença à espécie. Descarta-se também a possibilidade de hibridização com outra espécie bastante similar em plumagem, *M. leucoblephara* (Vieillot, 1817), que, embora a sua distribuição ocorra também nesta localidade, possui poucos registros na região, sendo associada a florestas densas e úmidas da Mata Atlântica (Mendonça-Lima *et al.*, 2004; Bencke *et al.*, 2006; Curson & Kirwan, 2018). Diferentemente de *M. leucoblephara*, o indivíduo avaliado exibiu a porção inferior do corpo, ventre e peito, inteiramente esbranquiçada, com padrão da faixa superciliar e malar semelhante ao de *M. leucophrys*, embora com tons ocre-amarelados (uma possível evidência parental do amarelo de *M. flaveola*).

O fato de algumas manchas de floresta estacional e ciliar do entorno terem sido, em parte, suprimidas para a construção de uma rodovia próxima em anos antecedentes (2013-2014) pode ter influenciado no acontecimento aqui relatado. Sendo assim, a supressão possivelmente obrigou o deslocamento de alguns indivíduos, os quais podem ter sofrido com a ausência de parceiros reprodutivos da mesma espécie em áreas recém-colonizadas.

Atualmente, o estudo de híbridos tem ganhado relevância em algumas áreas, desde a reprodução comercial a diversos ramos da ciência (McCarthy, 2006). Na taxonomia, por exemplo, pode contribuir

significativamente para a identificação de táxons atípicos, seja em museu seja em campo (Crozarior & Indiani, 2010). Isso é enfatizado pelo fato de que, anteriormente, muitos híbridos, assim como outras variações, já foram descritos erroneamente como espécies plenas (e.g. Mallet-Rodrigues, 2005; Areta *et al.*, 2016). Sabe-se, ainda, que a hibridização pode ser essencial no processo evolutivo, através de especiações (Aliabadian & Nijman, 2007; Barrera-Guzmán *et al.*, 2018).

Portanto, ampliar a compreensão sobre esse fenômeno se torna essencial, pois ainda existe lacuna sobre o assunto, sendo desconhecidos tópicos como o real impacto da existência de híbridos nas populações locais, a exemplo da possibilidade de retrocruzamento (Rezende *et al.*, 2013), da taxa de ocorrência e se há fertilidade do táxon em questão (McCarthy, 2006).

AGRADECIMENTOS

Somos gratos à Casa da Floresta Ambiental S.S. e ao Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), pela realização do trabalho e pelo incentivo à publicação deste manuscrito. Agradecemos também aos estagiários Antonio B. A. Fontanella e Mariana Pariz, pelo auxílio em campo, e a Marcelo Ducatti, pela coordenação do projeto de monitoramento da recuperação ambiental da área estudada.

REFERÊNCIAS

- ALIABADIAN, M. & V. NIJMAN, 2007. Avian hybrids: incidence and geographic distribution of hybridisation in birds. **Contributions to Zoology** 76(1): 59-61.
- ARETA, J. I., V. D. Q. PIACENTINI, E. HARING, A. GAMAUF, L. F. SILVEIRA, E. MACHADO & G. M. KIRWAN, 2016. Tiny bird, huge mystery – the possibly extinct hooded seedeater (*Sporophila melanops*) is a capuchino with a Melanistic Cap. **PLoS ONE** 11(5): e0154231. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154231>.
- BARRERA-GUZMÁN, A. O., A. ALEIXO, M. D. SHAWKEY & J. T. WEIR, 2018. Hybrid speciation leads to novel male secondary sexual ornamentation of an Amazonian bird. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America** 115(2): E218-E225. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1717319115>.



- BENCKE, A., G. N. MAURÍCIO, P. F. DEVELEY & J. M. GOERK, 2006. **Áreas importantes para a conservação das aves no Brasil: parte 1 – estados do domínio da Mata Atlântica**. SAVE Brasil, São Paulo. Disponível em: <http://www.savebrasil.org.br/wp-content/uploads/2013/11/Áreas-Importantes-para-Conservacao-das-Aves_Parte_1.pdf>. Acesso em: 21 maio 2018.
- CARVALHO, L. S. D., 2010. **Repertório vocal e variações no canto de *Basileuterus* spp. (Passeriformes, Parulidae) em fragmentos de mata (Uberlândia, MG)**: 1-68. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- CROZARIOL, M. A. & J. INDIANI, 2010. Um híbrido entre a pomba-galega (*Patagioenas cayennensis*) e pombão (*Patagioenas picazuro*) (Columbiformes: Columbidae). **Atualidades Ornitológicas** (153): 6-7.
- CURSON, J., D. QUINN & D. BEADLE, 1994. **New world warblers**: 1-252. A&C Black, London.
- CURSON, J. & G. M. KIRWAN, 2018. White-browed Warbler (*Basileuterus leucoblepharus*). In: J. DEL HOYO, A. ELLIOTT, J. SARGATAL, D. A. CHRISTIE & E. DE JUANA (Ed.): **Handbook of the birds of the world alive**. Lynx Edicions, Barcelona. Disponível em: <<http://www.hbw.com/node/61560>>. Acesso em: 21 maio 2018.
- CURSON, J., 2019. White-striped Warbler (*Basileuterus leucophrys*). In: J. DEL HOYO, A. ELLIOTT, J. SARGATAL, D. A. CHRISTIE & E. DE JUANA (Ed.): **Handbook of the birds of the world alive**. Lynx Edicions, Barcelona. Disponível em: <<http://www.hbw.com/node/61561>>. Acesso em: 21 maio 2018.
- CURSON, J. & A. BONAN, 2019. Flavescent warbler (*Basileuterus flaveolus*). In: J. DEL HOYO, A. ELLIOTT, J. SARGATAL, D. A. CHRISTIE & E. DE JUANA (Ed.): **Handbook of the birds of the world alive**. Lynx Edicions, Barcelona. Disponível em: <<http://www.hbw.com/node/61559>>. Acesso em: 21 maio 2018.
- DUCA, C. & M. A. MARINI, 2005. Territory size of the Flavescent Warbler, *Basileuterus flaveolus* (Passeriformes, Emberizidae), in a forest fragment in Southeastern Brazil. **Lundiana** 6(1): 29-33.
- FUTUYMA, D. J., 1992. **Biologia evolutiva**: 2: 1-646. Sociedade Brasileira de Genética/CNPq, Ribeirão Preto.
- GODOY, F. I., 2010. XC185822 - canário-do-mato - *Myiothlypis flaveola*. **Xeno-Canto**. Disponível em: <<https://www.xeno-canto.org/185822>>. Acesso em: 21 maio 2018.
- GODOY, F. I., 2013. Pula-pula-de-sobrancelha - *Myiothlypis leucophrys* (Pelzeln, 1868). **Wiki Aves - A Enciclopédia das Aves do Brasil**. Disponível em: <<https://www.wikiaves.com.br/1948185>>. Acesso em: 21 maio 2018.
- GODOY, F. I., 2015a. *Myiothlypis* sp. - ML145007471. **Cornell Lab of Ornithology**. Disponível em: <<https://macaulaylibrary.org/asset/145007471>>. Acesso em: 21 maio 2018.
- GODOY, F. I., 2015b. *Myiothlypis* sp. - ML145007481. **Cornell Lab of Ornithology**. Disponível em: <<https://macaulaylibrary.org/asset/145007481>>. Acesso em: 21 maio 2018.
- GODOY, F. I., 2015c. XC461333 - canário-do-mato - *Myiothlypis flaveola* presumed hybrid with *M. leucophrys*. **Xeno-Canto**. Disponível em: <<https://www.xeno-canto.org/461333>>. Acesso em: 21 maio 2018.
- GODOY, F. I., 2015d. XC461333 - canário-do-mato - *Myiothlypis flaveola* presumed hybrid with *M. leucophrys*. **Xeno-Canto**. Disponível em: <<https://www.xeno-canto.org/461333>>. Acesso em: 21 maio 2018.
- GODOY, F. I., 2016. XC435984 - canário-do-mato - *Myiothlypis flaveola*. **Xeno-Canto**. Disponível em: <<https://www.xeno-canto.org/435984>>. Acesso em: 21 maio 2018.
- GODOY, F. I., 2019. Canário-do-mato - *Myiothlypis flaveola* ML145007171. **Cornell Lab of Ornithology**. Disponível em: <<https://macaulaylibrary.org/asset/145007171>>. Acesso em: 21 maio 2018.
- GWYNNE, J. A., R. S. RIDGELY, G. TUDOR & M. ARGEL, 2010. **Aves do Brasil: Pantanal & Cerrado**. Horizonte, São Paulo.
- LOVETTE, I. J., J. L. PÉREZ-EMÁN, J. P. SULLIVAN, R. C. BANKS, I. FIORENTINO, S. CÓRDOBA-CÓRDOBA, M. ECHEVERRY-GALVIS, F. K. BARKER, K. J. BURNS, S. M. LANYON & E. BERMINGHAM, 2010. A comprehensive multilocus phylogeny for the wood-warblers and a revised classification of the Parulidae (Aves). **Molecular Phylogenetics and Evolution** 57(2): 753-770. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ympev.2010.07.018>.
- MALLET-RODRIGUES, F., 2005. Táxons de aves de validade questionável com ocorrência no Brasil: 1 - Introdução e lista geral. **Revista Brasileira de Ornitologia** 13: 210-211.
- MARINI, M. A. & R. B. CAVALCANTI, 1993. Habitat and foraging substrate use of three *Basileuterus* warblers from central Brazil. **Ornitologia Neotropical** 4(2): 69-76.
- MCCARTHY, E. M., 2006. **Handbook of avian hybrids of the world**: 1-583. Oxford University Press, Oxford, U. K.
- MENDONÇA-LIMA, A., S. M. HARTZ & A. KINDEL, 2004. Foraging behavior of the White-Browed (*Basileuterus leucoblepharus*) and the Golden-Crowned (*B. culicivorus*) warblers in a semidecidual forest in southern Brazil. **Ornitologia Neotropical** 15(1): 5-15.
- PIACENTINI, V., A. ALEIXO, C. E. AGNE, G. N. MAURÍCIO, J. F. PACHECO, G. A. BRAVO, G. R. R. BRITO, L. N. NAKA, F. OLMOS, S. POSSO, L. F. SILVEIRA, G. S. BETINI, E. CARRANO, I. FRANZ, A. C. LEES, L. M. LIMA, D. PIOLI, F. SCHUNCK, F. R. AMARAL, G. A. BENCKE, M. COHN-HAFT, L. F. A. FIGUEIREDO, F. C. STRAUBE & E. CESARI, 2015. Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee. **Revista Brasileira de Ornitologia** 23(2): 91-298.



REZENDE, M. A., M. F. VASCONCELOS, W. NOGUEIRA, J. C. SILVA, D. P. BECHO, L. F. SILVA & T. P. SOUZA. 2013. Novas ocorrências de híbridos entre *Chiroxiphia caudata* e *Antilophia galeata* em Minas Gerais, Brasil, com a primeira descrição de uma fêmea híbrida e comentários sobre os riscos da hibridação. **Atualidades Ornitológicas** (174): 33-39.

RIDGELY, R. S. & G. TUDOR, . **The birds of South America - the oscine passerines**: 1-521. University of Texas Press, Austin.

SÃO PAULO (ESTADO), 2014. Decreto n. 60.133, de 7 de fevereiro de 2014. Declara as espécies da fauna silvestre ameaçadas de extinção, as quase ameaçadas e as deficientes de dados para avaliação no Estado de São Paulo e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado de São Paulo** 124(27): 25, 8 fevereiro 2014.

SICK, H., 1997. **Ornitologia brasileira**: 1-912. Nova Fronteira, Rio de Janeiro.



A fauna da África e da Ásia descrita pelos viajantes cristãos entre os séculos XIII e XV

The fauna of Africa and Asia described by Christian travelers between the thirteenth and fifteenth centuries

Rafael Afonso Gonçalves

Universidade de São Paulo. São Paulo, São Paulo, Brasil

Resumo: Durante os séculos XIII a XV, um número significativo de cristãos latinos se lançou em incursões para destinos muito além dos limites da cristandade, como a Índia, a China, a Mongólia e as costas da África. Para contar a seus conterrâneos o que haviam visto naquelas terras desconhecidas, muitos desses viandantes colocam por escrito suas memórias e impressões. Entre as diversas descrições presentes nesses relatos, chama a atenção o espaço reservado aos animais que habitavam aquelas terras – alguns até então incógnitos, outros já familiares. Esta nota visa apresentar algumas opções e desafios de pesquisa ainda em andamento, cujo objetivo principal é a catalogação das espécies mencionadas pelos viajantes. Entre as informações que se propõe a recolher, o catálogo procura saber qual era a variedade das espécies descritas, como eram denominadas e classificadas, em quais lugares eram comumente encontradas, quais suas principais características e seus comportamentos e como eram normalmente utilizadas.

Palavras-chave: História medieval. Animais. Viagens e viajantes. Meio ambiente. Oriente. África.

Abstract: During the thirteenth, fourteenth and fifteenth centuries, a considerable number of European Christians traveled to destinations far beyond the limits of Christianity, such as India, China, Mongolia and the African coasts. To tell their countrymen what they had seen in those unknown lands, many of these travelers wrote their memories and impressions. Among the many descriptions on these reports, the ones about the animals that inhabited those lands – some completely unknown, others familiar to them – draw attention. The aim of this brief research note is to present the main options and challenges of an ongoing research project, whose goal is to promote an accurate cataloging of the species mentioned by travelers. Among the data that will be collected, the catalog seeks to identify how those animals were named and classified, in what places they were commonly found, what were their main characteristics and behaviors and how they were used by natives.

Keywords: Medieval History. Animals. Travels and travelers. Environment. East. Africa.

GONÇALVES, R. A., 2019. A fauna da África e da Ásia descrita pelos viajantes cristãos entre os séculos XIII e XV. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 14(1): 119-126.

Autor para correspondência: Rafael Afonso Gonçalves. Universidade de São Paulo. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Rua Tomás de Aquino, 900. Franca, SP, Brasil. CEP 14405-012 (goncalves.hist@gmail.com).

Recebido em 23/03/2018

Aprovado em 04/09/2018

Responsabilidade editorial: Fernando da Silva Carvalho Filho



INTRODUÇÃO

Em 1460, a frota comandada pelo capitão português Pedro de Sintra cruzou o cabo Mensurado, passando a navegar sobre águas até então totalmente desconhecidas. Quando ainda avançava para os mares do sul, ao percorrer a costa das terras que batizou de serra Leoa, ele notou a aproximação de uma pequena embarcação com um grupo de nativos, com quem entrou em contato. Nenhum dos tradutores presentes entre a tripulação conseguiu, porém, se comunicar com eles, o que levou o capitão a transportar um daqueles homens para Portugal. Tratava-se de um procedimento ordenado pela Coroa para angariar informações sobre as últimas terras avistadas pelos navegadores. Ao chegar em Lisboa, o africano foi conduzido a uma audiência com o rei, mas sua língua se mostrou novamente um enigma que nem mesmo os intérpretes da corte eram capazes de decifrar. Finalmente, foi encontrada uma ‘escrava’ que parecia compreender algumas das palavras balbuciadas por ele em um idioma estrangeiro aos dois. Reuniram-se os especialistas e o próprio rei, D. Afonso V, para indagar aquele homem sobre seu reino. Pedro de Sintra, também ali presente, contou para um célebre navegador italiano os resultados daquelas inquirições: “[...] o que o dito negro referiu a El-Rei por meio daquela mulher não se entendeu bem, exceto que entre outras coisas lhe afirmou acharem-se na sua terra unicórnios vivos” (Cadamosto, 1812, p. 69-70).

Se, por um lado, pode parecer duvidoso ter o nativo realmente relatado a existência desses animais em suas terras, por outro, é completamente plausível acreditar que o português se convenceu disso. Tal entendimento, sem dúvida, estava ligado à tentativa de encontrar algum sentido naquelas palavras estrangeiras pronunciadas pelo africano, mas, especialmente, às expectativas nutridas por aqueles europeus acerca do que encontrariam nas terras incógnitas que passavam a contatar.

Nesta breve exposição, serão apresentados os principais documentos, caminhos e propostas de uma pesquisa ainda em andamento cuja meta central é a catalogação das espécies mencionadas em relatos de viagem

à África e à Ásia, escritos por cristãos europeus entre os séculos XIII e XV. Produzidas séculos antes da constituição da ciência moderna, as descrições da fauna presentes nesses documentos medievais não obedecem a um sistema estável e universal de identificação, caracterização e classificação. Ainda que não compartilhem os mesmos critérios das disciplinas científicas contemporâneas, esses registros permitem saber como os animais, especialmente aqueles que viviam em outros continentes, eram conhecidos pelos círculos de saber da Europa. Nesse sentido, serão apresentadas aqui algumas interrogações possíveis de serem lançadas para esses registros históricos, que buscam esclarecer o que os viajantes europeus daquela época sabiam sobre os animais encontrados nos outros dois continentes então conhecidos.

ANIMAIS DE UM ‘OUTRO MUNDO’

Antes de Pedro de Sintra embarcar em direção às costas da África, um número significativo de viajantes latinos havia registrado a existência de uma variedade de animais nas terras percorridas por eles. Em meados do século XIV, quando chegou à província de Tanam, na costa leste da Índia, o franciscano Odorico de Pordenone notou naquele lugar a presença de “diversos tipos de animais, sobretudo leões negros, em grandíssima quantidade; há também macacos, gatos-mouriscos e corujas, que são grandes como aqui as pombas. Também há ratos, tão grandes quanto aqui os cachorros”, de tal modo, conta o frade, que “os cães pegam os ratos; nisso, os gatos para nada servem” (Pordenone, 2005, p. 290). Pouco tempo antes de Odorico, ao final do século XIII, um outro viajante, o célebre mercador veneziano Marco Polo havia conhecido uma diversidade semelhante de animais em paragens ainda mais distantes. Sob a guarda de Kublai-Khan, na capital chinesa do império mongol, afirma ele ter avistado “[...] muitos leopardos e lincos, que [o soberano] utiliza na caça ao veado [...]”, além de “[...] muitos leões babilônicos, de boa pele e formosa cor, com riscas longitudinais brancas, pretas e vermelhas, destinados a caçar javalis, búfalos e burros selvagens, e bem assim ursos, veados,

corços e outros quadrúpedes [...]” (Polo, 2000, p. 135). Por se tratar de um elemento da natureza, por seu valor econômico, por ser usado na alimentação, transporte e proteção, enfim, por variados motivos, os animais existentes nesses longínquos domínios tornaram-se um objeto frequentemente retratado por viajantes e cronistas.

Entre meados do século XIII e o final do século XV, as viagens empreendidas por cristãos latinos conheceram um vigoroso desenvolvimento, em um primeiro momento, pelos caminhos terrestres que davam acesso ao interior da Ásia e, posteriormente, por meio das rotas marítimas no Índico e no Atlântico. Apesar dos conflitos suscitados pelos ataques dos mongóis no leste da Europa, líderes cristãos não demoraram a enxergar, na extensão e na coesão adquiridas pelo império oriental, uma via aberta para a realização de acordos militares e mercantis, assim como para a conversão de almas para o cristianismo (Mollat, 1992; Richard, 1998). As partidas para o Oriente distante encontraram novos obstáculos com a autonomia adquirida pelos poderes locais em relação ao Cã de Catai, mas, algum tempo depois, ganharam novo e vigoroso fôlego, com o desenvolvimento das navegações pela costa da África. Quando ainda se discutia se as terras encontradas por Cristóvão Colombo eram as ilhas de Cipango mencionadas por Marco Polo ou lugares nunca antes vistos, Bartolomeu Dias já havia cruzado o cabo das Tormentas ou da Boa Esperança, tornando mais concretos os planos de chegar às Índias pelas vias náuticas. Nesses cerca de dois séculos e meio, cristãos de diferentes reinos da Europa puderam alcançar lugares como a Índia, a China e a África subsaariana, a respeito dos quais tinham pouca ou nenhuma notícia.

Nos relatos escritos ou ditados por esses viajantes, nota-se um persistente sentimento de estar diante não de um Novo Mundo, como viriam a anunciar os pioneiros a chegarem na América, mas sim de um ‘outro mundo’. É o que assevera, por exemplo, Guilherme de Rubruc, um franciscano enviado aos mongóis por Luís IX em meados do século XIII, ao dizer que transpor os territórios daqueles orientais lhe suscitou “[...] a certeza de ter entrado em outro

mundo [...]” (Rubruc, 2005, p. 120). A expressão, reveladora do modo como perceberam as diferenças daquelas terras longínquas, foi repetida por outros cristãos que, em longas expedições, muito se distanciaram de sua terra natal. Ao relatar sua passagem pela Índia, em meados do século XIV, o missionário dominicano Jordan Catala de Sévérac chegou a afirmar que “[...] todas as maravilhas estão nesta Índia, de modo que isso é verdadeiramente um outro mundo [...]” (Sévérac, 2005, p. 275). Foram esses os mesmos termos utilizados por Alvise Cadamosto, navegador que reivindicou para si o título de “[...] primeiro veneziano a navegar o mar Oceano para fora do estreito de Gibraltar [...]” (Cadamosto, 1812, p. 1). Partindo em uma expedição a serviço do infante D. Henrique, Cadamosto diz que, em comparação a todas as outras terras conhecidas por ele, aquelas “[...] outro mundo se poderiam chamar [...]” (Cadamosto, 1812, p. 1).

O desejo de conhecer os animais e suas diferenças, por certo, não foi a primeira razão a animar tantos homens a partirem em empreitadas dispendiosas, longas e repletas de toda sorte de perigos. Para a salvação da alma, a segurança e a expansão da cristandade, para fazer fortuna ou para cumprir outros objetivos, travessias como essas precisavam de argumentos persuasivos o suficiente para mobilizar grandes esforços. De todo modo, as circunstâncias que permitiram a efetivação dessas empresas colocaram os viajantes diante de variadas espécies, entre as quais algumas lhes eram totalmente desconhecidas. Nos relatos por eles escritos, os contornos desses bichos ganham forma em passagens concernentes ao trajeto percorrido, aos hábitos dos nativos e também em notas minuciosas acerca de certas espécies encontradas no caminho. As descrições dos animais conhecidos pelos viajantes encontram-se, assim, dispersas ao longo dos relatos, dando pistas sobre como os conquistadores reconheceram aquelas terras a partir de sua relação com o mundo natural.

O CATÁLOGO DE ESPÉCIES ANIMAIS

Os diversos registros legados pelos viajantes sobre esses animais e as formas como eram percebidos e utilizados



pelos povos conhecidos em suas andanças são objeto de análise de pesquisa, ainda em desenvolvimento, cujas opções e desafios serão aqui apresentados. Três conjuntos de problematizações conduzem estas investigações: primeiramente, interrogar o que conheciam desses bichos e qual a extensão do repertório de espécies citado. Desdobram-se daí não apenas perguntas sobre as características físicas da fauna, seu comportamento e sua variedade, mas também os modos utilizados para a classificar e a incluir dentro de uma ordem do saber. Em segundo lugar, interessa saber sobre a presença, o transporte e a comutação de espécies, visto que é possível detectar, nos escritos deixados por esses viajantes, indícios sobre sua dispersão em diferentes lugares conhecidos por eles. Além das migrações e de outros deslocamentos realizados pelos próprios animais, pode-se notar formas de transferência e de transmutação empreendidas pelos homens, principalmente por meio da captura, do comércio e da criação. O terceiro grupo de questões diz respeito às concepções socioculturais que intermediavam o contato e o modo como concebiam o mundo natural, tanto em relação aos povos encontrados pelo itinerário quanto aos próprios viajantes. Quais seriam os parâmetros religiosos ou legais, por exemplo, que regravam os diferentes usos a que os animais foram submetidos?

Tendo em horizonte tais problemáticas, foi iniciada a elaboração de um catálogo dos animais descritos nos relatos produzidos nos séculos XIII a XV, período caracterizado pela expansão das fronteiras conhecidas pelos cristãos latinos. A partir de um mapeamento sistemático, o catálogo visa tornar perceptível o modo como os homens daquela época identificaram e descreveram os animais, a partir das peculiaridades, predicados e utilidades que lhes foram atribuídos. Comparando e confrontando as afirmações legadas pelos relatos, é possível observar com mais rigor a variação e a recorrência dessa coleção de bichos, e a maneira como essas informações eram articuladas. Assim, por meio da serialização dos enunciados (Foucault, 2009), a versão final do catálogo permitirá avaliar formas partilhadas – assim como aquelas menos usuais – de

descrever e de agir sobre o mundo natural. As passagens concernentes à fauna estão sendo organizadas a partir das diferentes espécies citadas, para que, uma vez concluído o catálogo, cada entrada apresente, entre outros pontos relevantes, o vocabulário utilizado para denominá-las, os lugares onde foram frequentemente avistadas, quais eram suas características físicas e seu comportamento e, ainda, as funções que cumpriam junto aos povos conhecidos.

Para se ter uma ideia do repertório de espécies mencionado pelos viajantes, cabe pontuar alguns dados sobre a quantidade de bichos presente em alguns dos relatos abordados. Na obra "Itinerário", escrita em meados do século XIII, Guilherme de Rubruc chega a citar cerca de trinta e cinco tipos de animais, sem contar os termos utilizados para designar gêneros das criaturas, como 'ave', 'peixe' ou 'quadrúpede' (Rubruc, 2005). Com a diversificação das rotas ao Oriente, e sobretudo pela inclusão da Índia e da China entre as paragens dos viajantes, pode-se notar, nos relatos escritos no século XIV, um crescimento significativo do número de espécies citadas. Jordan Catala de Sévérac, em um relato relativamente pequeno se comparado a outros escritos daquele tempo, chega a citar quarenta e cinco bichos diferentes (Sévérac, 2005). A diversidade de espécies ganhou ainda maior amplitude no livro de viagens de Marco Polo, que chega a citar cerca de oitenta e cinco espécies, entre animais de caça, feras selvagens, rebanhos, peixes e insetos (Polo, 2000). Destaca-se também o número de aves entre a fauna mencionada pelo veneziano: cerca de vinte e sete tipos diferentes. Já no relato deixado pelo citado Alvise Cadamosto, em que incluiu também a narração das viagens de Pedro de Sintra, é possível mapear por volta de quarenta animais diferentes (Cadamosto, 1812).

Essas primeiras especulações sobre a coleção de espécies aludida pelos viajantes dão pistas sobre a extensão de sua variedade, mas também apontam para a regularidade com que uma parte significativa delas é descrita nos relatos. Isto é, os viajantes dedicaram-se, em grande medida, a descrever os mesmos animais, dando subsídios para a definição de diferentes espécies e suas características. É

conhecido o 'unicórnio' descrito por Marco Polo, com um corpo "[...] semelhante ao do búfalo [...]", "[...] um chifre a meio do testuz [...]" em uma cabeça "[...] semelhante à do javali que curvam quando caminham [...]", enfim, um animal que nossos contemporâneos chamariam de rinoceronte. O viajante, no entanto, o define como unicórnio e não se furta a repreender aqueles que acreditavam se tratar de um animal que se deixa "[...] caçar por uma jovem virgem [...]", como "[...] lendariamente se crê na Europa [...]" (Polo, 2000, p. 241). Nesse sentido, sem deixar de indicar a correspondência entre as espécies citadas e aquelas que constam em nossos catálogos de zoologia contemporâneos, mas também sem estabelecer uma cisão entre real e fantasioso alheia à época em que viveram aqueles que as descrevem (Deluz, 2000), a pesquisa optou por esquadrihar os modos como os próprios viajantes descrevem e destacam as diferenças entre as espécies.

Tais critérios possibilitam também a melhor circunscrição de cada uma dessas entradas, visto que, sobre alguns animais, poucas informações nos foram legadas. Determinadas variedades de peixes são um exemplo disso, pois apenas algumas ganharam nos relatos descrições detalhadas, outras, ao contrário, são tratadas de forma genérica, o que nos obriga a incluir diferentes espécies citadas em uma única entrada, a dos 'peixes'. No caso dos cavalos, por exemplo, sobre os quais há uma grande quantidade de menções, é ainda preciso verificar se as características atribuídas a tipos específicos, como os cavalos mongóis, valeriam um subitem próprio, dado o destaque desse animal em diversos relatos.

De acordo com os primeiros levantamentos realizados, o catálogo constará de cerca de oitenta e cinco entradas diferentes, considerando também designações gerais e classificadoras, como quadrúpedes, aves, serpentes e vermes. Para as espécies que apresentarem maior interesse, a ideia é incluir um excerto de um dos relatos de viagem em que são descritas. Tendo em suas mãos a versão final do catálogo, o leitor encontrará, de maneira sistematizada, informações relevantes sobre as ocorrências nos relatos, as

características e os usos desses animais, ilustradas, quando convier, com as descrições dos próprios viajantes.

DOCUMENTOS E DIÁLOGOS

Para se ter uma ideia mais precisa do material abordado pelo catálogo e acerca de alguns dos domínios para os quais com ele pretendemos contribuir, vale a pena tratarmos, mesmo que brevemente, dos documentos selecionados e dos debates acadêmicos com que dialoga. Os documentos são constituídos essencialmente de relatos de viagem ao Oriente distante e à costa da África, produzidos entre meados do século XIII e o final do século XV. Escritos ou ditados por viajantes cristãos, esses textos versam sobre o itinerário, as gentes conhecidas, as coisas avistadas e também sobre os animais que povoavam aquelas terras. Nesse conjunto, incluem-se obras dedicadas a contar sequencialmente o trajeto percorrido, como o "Itinerário", de Guilherme de Rubruc (2005), ou o "Relatório", de Odorico de Pordenone (2005); alguns 'livros das maravilhas', título que dá nome à obra de Jordan de Catala de Sévérac (2005) e foi, posteriormente, atribuído ao relato de Marco Polo (2000); e também crônicas e histórias, como a escrita por João de Pian del Carpine (2005), a "História dos mongóis", e a "Crônica da Guiné", de Gomes Eanes Zurara (1973). Em primeira ou terceira pessoa, esses textos narram as experiências de cristãos latinos reconhecidos como testemunhas e fonte de informação sobre terras mais ou menos conhecidas. Levando em conta esse critério, foram também considerados, nessa seleção, textos que, apesar de terem sido elaborados a partir de compilações e das dúvidas a respeito da identidade e do efetivo deslocamento de seus autores, afirmam o caráter testemunhal de suas descrições e foram encarados por seus contemporâneos, pelos indícios trazidos como legítimos. É o caso, por exemplo, da narrativa de Jean de Mandeville, autor de quem pouco se sabe para além do que confessa em seu relato (Viagens..., 2007).

A seguir, dispomos uma lista com o título, o autor e o período aproximado de produção dos relatos abordados:



- “História dos mongóis”, de João de Pian del Carpine, de 1247 (Carpine, 2005);
- “História dos tártaros”, de Simon de Saint-Quentin, por volta de 1248 (Saint-Quentin, 2005);
- “Itinerário”, de Guilherme de Rubruc, de 1255 (Rubruc, 2005);
- “O livro de Marco Polo”, produzido por volta de 1298 (Polo, 2000);
- “Peregrinação na Terra Santa e no Oriente Médio”, de Riccold de Monte Croce, do início do século XIV (Monte Croce, 1997);
- “Descrição das maravilhas”, de Jordan Catala de Sévérac, escrito em 1330 (Sévérac, 2005);
- “Relatório”, de Odorico de Pordenone, escrito por volta de 1330 (Pordenone, 2005);
- “Crônica da Boêmia”, de Jean de Marignolli, finalizado em 1355 (Marignolli, 2009);
- “Viagens”, de Jean de Mandeville, escrito por volta de 1356 (Viagens..., 2007);
- “História do grande Tãmorlan”, de Ruy González de Clavijo, produzido em 1406 (Clavijo, 1999);
- “A viagem às Índias”, de Niccolo de Conti, escrito em 1444 (Bracciolini, 2004);
- “Crônica da Guiné”, de Eanes Gomes de Zurara, datado de 1453 (Zurara, 1973);
- “Andanças e viagens...”, de Pero Tafur, escrito entre 1453 e 1454 (Tafur, 1995);
- “Navegações”, de Alvise Cadamosto, incluindo os ditos de Pedro Sintra, escrito na década de 1460 (Cadamosto, 1812);
- “Descobrimiento primeiro da Guiné”, de Diogo Gomes de Sintra, após 1484 (Sintra, 2002);
- “Canárias...”, de Jean de Bèthencourt, de 1490 (Bèthencourt, 1874);
- “Relação do Reino do Congo”, de Rui de Pina, escrito em 1492 (Pina, 1992).

Em linhas gerais, esses textos reportam as viagens de missionários, representantes eclesiásticos ou da nobreza, mercadores ou navegadores subordinados à autoridade

de reis da cristandade ou da Sé apostólica. Seus autores, no intuito de contar aos conterrâneos como eram e o que havia naquelas terras distantes, procuraram dar a conhecer, entre outros assuntos, os animais avistados ou aqueles sobre os quais apenas haviam ouvido falar. Para descrevê-los, eram mobilizadas qualidades, classificações e conceitos que denotam a maneira como eles enquadravam as diferentes espécies no plano da Criação. E mais: são afirmados ou reiterados códigos que regiam práticas às quais esses animais eram submetidos, dando pistas sobre o modo como pensaram as possibilidades de ação do homem sobre o mundo natural.

As interrogações lançadas em relação a esses documentos surgiram da atenção e do interesse em relação a animais manifestado pelos viajantes e pelos homens de saber que viveram nos séculos XIII, XIV e XV, e pretendem elucidar práticas e ideias correntes naquela época. Não se pode afirmar, no entanto, que tais interrogações estejam descoladas de problemáticas de nosso tempo, que vem paulatinamente ganhando espaço nas pesquisas empreendidas no campo das ciências humanas. Embora seja possível identificar obras voltadas ao tema já nas primeiras décadas do século XX, notável renovação e diversificação das reflexões ocorreu a partir da década de 80 e, especialmente, da década de 90 do século XX, quando estudiosos de diferentes áreas e lugares voltaram sua atenção para a historicidade da relação entre os homens e o meio natural. A emergência do tema no domínio da história parece ter sido o resultado de discussões advindas de um ativismo que passou então a estender as bases do discurso ecológico e ambientalista para meios mais amplos da sociedade, abrangendo também as universidades. Tendo a ‘questão animal’ e o ‘problema do meio ambiente’ firmado sua relevância para o debate político, econômico e social contemporâneo, tornaram-se cada vez mais frequentes, no meio historiográfico inclusive, pesquisas preocupadas em lançar luz sobre o modo como o Ocidente tratou essas questões ao longo do tempo.

A configuração tomada pelo cristianismo durante o período medieval foi logo de saída apontada como um dos fatores que explicariam o modo pelo qual os animais e o meio ambiente foram utilizados. Essa é a conclusão apresentada por Lynn White, então professor da Universidade da Califórnia, em um artigo publicado no ano de 1967. Em “The historical roots of our ecologic crisis”, White (1967) argumenta que a maneira pela qual os medievais passaram a entender o lugar da espécie humana na hierarquia da criação está na origem da forma como o meio ambiente foi tratado e explorado no Ocidente, o que teria levado o mundo ao que ele chamou de ‘crise ecológica’.

Embora ainda embrionárias, as interpretações de White (1967) – e de outros autores que passavam a tratar do assunto naquela época – abriram espaço para o desenvolvimento de pesquisas de maior fôlego, cujos resultados colocaram no centro das discussões os processos históricos que explicam o modo como lidamos com os animais e o meio ambiente. Outras obras, principalmente ao longo da década de 70 e 80, retomaram o artigo do professor americano para especificar, matizar ou discordar de suas ideias. As críticas, de modo geral, incidem sobre o continuísmo presente em suas análises, enfatizando que processos como o da industrialização teriam um peso muito maior nas atitudes tomadas no Ocidente diante da natureza, ou até mesmo recordando que outras religiões não ocidentais davam aval semelhantes aos seus fiéis para explorar o mundo natural (Thomas, 2010, p. 29-32). Endossando ou criticando trabalhos como esse, o predomínio do homem e os modos para se legitimar sua ação sobre o mundo natural tornaram-se temas relevantes para o debate acadêmico.

Além desse, outro debate para o qual o catálogo em elaboração pretende contribuir é o que diz respeito ao papel do homem para a alteração ou a manutenção dos ambientes naturais. Aqui, o interesse recai, sobretudo, sobre as trocas, os usos e o transporte de animais entre os lugares conhecidos pelos viajantes. As viagens intercontinentais ocorridas durante os séculos XIII, XIV e

XV abrem as portas para a comunicação entre lugares que até então não possuíam nenhum contato entre si e que, cada vez mais, conectaram-se por meio do comércio e do envio de missionários. Perspectivas sobre esse processo podem ser encontradas em obras publicadas por nomes já reconhecidos nos meios universitários, como é o caso do autor estadunidense Alfred W. Crosby. Ele abordou o tema ainda em 1972, em sua obra intitulada “The Columbian exchange: biological and cultural consequences of 1492”. Nesse trabalho, Crosby (1972) procurava detectar as alterações provocadas pela introdução de plantas e de animais de origem europeia em solo americano, incluindo aí os parasitas trazidos com eles. Além disso, ele colocava em relevo a ‘guerra bacteriológica’ suscitada pelo encontro entre europeus e indígenas após as empresas comandadas por Cristóvão Colombo. O tema foi retomado, mas a partir de um arco temporal ampliado, em seu célebre “Ecological imperialism: the biological expansion of Europe, 900-1900”, de 1986, mas só publicado no Brasil em 1993 (Crosby, 1993). A obra deixa explícito um pressuposto que se tornava cada vez mais evidente para os estudiosos da época: uma sociedade não é formada apenas por inter-relações e trocas entre homens, mas também pela associação entre o homem e outras espécies. Desse modo, a sociedade é entendida, ela própria, como uma construção ecológica, postulado que leva ao questionamento quanto à relação entre a expansão europeia e a migração de espécies e culturas comuns na Europa para outros lugares. Percebe-se, na obra de Crosby (1993), assim como em outras publicações dadas a lume a partir de então, que o elemento ecológico se tornou alvo dos problemas históricos levantados para explicar de que forma foi possível aos europeus se lançarem a outros e novos mundos.

Ao lançar luz sobre a variedade de bichos descrita nos relatos de viagem, o catálogo em elaboração pretende trazer novas informações acerca da relação entre a ampliação das fronteiras conhecidas e a variedade e a extensão do conhecimento daqueles homens sobre o mundo natural. Em suma, ao organizar e sistematizar

as descrições da fauna contidas nos relatos de viagem, a pesquisa tem o potencial de ampliar o que sabemos tanto sobre o tratamento e a localização quanto acerca da valoração dos animais produzidos naquela época; caminho para interrogar as percepções, os saberes e os valores que mediaram a relação entre o homem e o mundo natural.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) (processo 2017/12152-0), pelo apoio concedido a esta pesquisa. Este trabalho também contou com auxílio do grupo de estudos “Escritos sobre os Novos Mundos: uma história da construção de valores morais em língua portuguesa”, financiado também pela FAPESP.

REFERÊNCIAS

BÈTHENCOURT, J., 1874. **Le Canarien**: histoire de la première découverte et conquête des Canaries Rouen. Charles Métérie, Paris.

BRACCIOLINI, P., 2004. **De L'Inde**. Les voyages en Asie de Niccolò de' Conti. Texte établi, traduit et commenté par Michèle Guéret-Laferté. Brepols, Turnhout.

CADAMOSTO, L., 1812. **Navegações**. Academia Real das Sciencias, Lisboa.

CARPINE, J. P., 2005. História dos mongóis. In: J. P. CARPINE, J. MONTECORVINO, G. RUBRUC, O. PORDENONE, I. SILVEIRA & A. E. PINTARELLI (Ed.): **Crônicas de viagem**: franciscanos no extremo oriente antes de Marco Polo (1245-1330): 29-104. EDIPUCRS/EDUSF, Porto Alegre.

CLAVIJO, R. G., 1999. **Embajada a Tamorlán**. Edição, introducción y notas de Francisco López Estrada. Clásicos Castalia, Madrid.

CROSBY, A., 1972. **The Columbian exchange**: biological and cultural consequences of 1492. Greenwood, Westport.

CROSBY, A., 1993. **Imperialismo ecológico**. A expansão biológica da Europa: 900-1900. Companhia das Letras, São Paulo.

DELUZ, C., 2000. **Le livre de merveilles du monde**. CNRS, Paris.

FOUCAULT, M., 2009. **A arqueologia do saber**. Forense Universitária, Rio de Janeiro.

MARIGNOLLI, J., 2009. **Au jardin d'Éden**. Traduit du latin, présenté et annoté par Christine Gadrat. Anacharis Ed., Toulouse.

MOLLAT, M., 1992. **Les explorateurs du XIIIe au XVIe siècle**. Premiers regards sur des mondes nouveaux. Editions du C.T.H.S., Paris.

MONTE CROCE, R., 1997. **Pérégrination en Terre Sante et au Proche-Orient**. Texte latin et traduction par René Kappler. Honoré Champion Ed., Paris.

PINA, R., 1992. Relação do Reino do Congo. In: C. RADULET (Ed.): **O cronista Rui de Pina e a relação do Reino do Congo**: 96-133. Imprensa Nacional/Casa da Moeda, Lisboa.

POLO, M., 2000. **O livro de Marco Polo**. Ed. Colares, Sintra.

PORDENONE, O., 2005. Relatório. In: J. P. CARPINE, J. MONTECORVINO, G. RUBRUC, O. PORDENONE, I. SILVEIRA & A. E. PINTARELLI (Ed.): **Crônicas de viagem**: franciscanos no extremo oriente antes de Marco Polo (1245-1330): 269-336. EDIPUCRS/EDUSF, Porto Alegre.

RICHARD, J., 1998. **La papauté et les missions d'Orient au moyen âge (XIIIe-XVe siècles)**. École Française de Rome (Collection de l'École Française de Rome 33), Rome.

RUBRUC, G., 2005. Itinerário. In: J. P. CARPINE, J. MONTECORVINO, G. RUBRUC, O. PORDENONE, I. SILVEIRA & A. E. PINTARELLI (Ed.): **Crônicas de viagem**: franciscanos no extremo oriente antes de Marco Polo (1245-1330): 107-243. EDIPUCRS/EDUSF, Porto Alegre.

SAINT-QUENTIN, S., 2005. Histoire des tartares. In: J. RICHARD. **Au-delà de la perse et de l'Arménie**: l'Orient latin et la découverte de l'Asie intérieure: quelques textes inégalement connus aux origines de l'alliance entre Francs et Mongols, 1145-1262. Brepols, Turnhout.

SÉVÉRAC, J. C., 2005. Les Mirabilia descripta. In: C. GADRAT (Ed.): **Une image de l'orient au XIVème siècle**: les Mirabilia descripta de Jordan Catala de Sévérac: 243-295. École des Chartes, Paris.

SINTRA, D. G., 2002. **Descobrimento primeiro da Guiné**. Ed. crítica de A. A. Nascimento. Edições Colibri, Lisboa.

TAFUR, P., 1995. **Andanzas y viajes de un hidalgo español**. Polífermo, Madrid.

THOMAS, K., 2010. **O homem e o mundo natural**. Mudanças de atitude em relação às plantas e aos animais. Companhia das Letras, São Paulo.

VIAGENS de Jean de Mandeville, 2007. Tradução, introdução e notas de Susani Lemos França. Edusc, Bauru.

WHITE, L., 1967. The historical roots of our ecologic crisis. **Science** 155(3767): 1203-1207. DOI: <http://dx.doi.org/10.1126/science.155.3767.1203>.

ZURARA, G. E., 1973. **Crônica da Guiné**. Introdução, novas anotações e glossário de José de Bragança. Livraria Civilização, Lisboa.



A black and white photograph of a woodpecker perched on a tree branch. The bird is facing right, with its head slightly turned. It has a prominent crest and a patterned back. The background is filled with long, thin, vertical leaves, likely bamboo, which are out of focus. The word "RESENHA" is written in a simple, sans-serif font across the middle of the image, overlapping the bird's head and the background foliage.

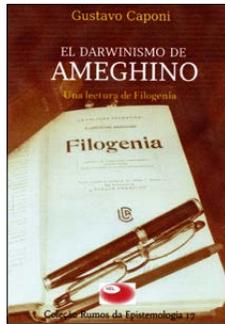
RESENHA

O “Filogenia” de Ameghino: além de uma análise epistemológica

The Ameghino’s “Filogenia”: beyond an epistemological analysis

Por Felipe Faria

Museu Nacional/Universidade Federal do Rio de Janeiro
Universidade Federal de Santa Catarina
(felipeafaria@gmail.com)



CAPONI, G., 2017.
El darwinismo de Ameghino. Una lectura de filogenia: 1-249. Núcleo de Epistemología e Lógica/Universidade Federal de Santa Catarina (Coleção Rumos da Epistemología, 17), Florianópolis. ISBN 978-85-87253-32-3.

Erros historiográficos requerem cautela e precisão em sua abordagem, sobretudo quando dizem respeito a questões delicadas, como a imagem de um naturalista que alavancou em seu país o desenvolvimento de uma ciência estreitamente relacionada com uma teoria tão importante quanto a evolucionista ou, ainda, quando tangenciam questões que envolvem elementos externos à ciência.

Com essa precisão, e levando em consideração a cautela necessária para se abordar temas muitas vezes considerados polêmicos, Gustavo Caponi escreveu seu mais recente livro, intitulado “El darwinismo de Ameghino: una lectura de Filogenia”, obra que integra a coleção “Rumos da Epistemologia”, publicada pelo Núcleo de Epistemologia e Lógica (NEL) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Em um texto eloquente, Caponi analisa a relevante obra de Florentino Ameghino (1854-1911), chamada

“Filogenia: principios de clasificación transformista basados sobre leyes naturales y proporciones matemáticas”, de 1884, a qual não somente apresentou uma proposta metodológica para a paleontologia evolutiva, mas também uma teoria sobre a origem do homem (Ameghino, 1915 [1884]). Ainda que essas propostas não fossem polêmicas, diversas leituras posteriores do “Filogenia” iniciaram e mantiveram erros de interpretação, que disseminam até hoje uma imagem polêmica acerca de Ameghino. Soma-se a esta situação a formulação de sua teoria antropogênica, esta sim controversa por razões que Caponi nos mostra serem internas e externas à ciência.

Para realizar essa análise a respeito da obra “Filogenia”, o livro de Caponi é dividido praticamente em duas partes. A primeira, composta por quatro capítulos, é dedicada à proposta metodológica de Ameghino e a segunda, composta por um pertinente adendo, centra-se em seu argumento teórico sobre a origem do homem. Em ambas, Caponi defende uma leitura contextualizadora que possibilite observar como foi construída a proposta metodológica de Ameghino para a paleontologia evolutiva, a qual clamava por métodos voltados aos seus novos objetivos cognitivos, em particular à produção de dados para a elaboração de filogenias. Estes dados eram obtidos por meio das reconstruções paleontológicas, mas, antes da aceitação do evolucionismo, eram utilizados como instrumentos para alcançar a compreensão acerca das possíveis formas de organização corporal existentes na natureza – o objetivo cognitivo da paleontologia pré-evolutiva cuvieriana. Apenas após a revolução darwiniana é que estes dados produzidos com as reconstruções paleontológicas passaram a ser utilizados na elaboração de filogenias. Tratava-se de uma alteração teórica que não incidia nos métodos das reconstruções paleontológicas, as quais continuavam sendo realizadas mediante às comparações anatômicas, como faziam os cuvierianos. Incidia apenas no cumprimento

do novo objetivo cognitivo, a elaboração de sequências evolutivas, ou seja, de filogenias.

Esse era o propósito do "Filogenia": prover os naturalistas, e em particular os paleontólogos, dos recursos metodológicos necessários para reconstruir as genealogias dos grupos taxonômicos. Ameghino queria reorganizar metodologicamente a paleontologia para que ela não só possibilitasse conhecer as formas a serem filogeneticamente classificadas, mas também para que pudesse contar com os princípios orientadores dessa classificação. Daí o subtítulo do livro: "princípios de classificação transformista baseados em leis naturais e proporções matemáticas".

A análise de Caponi apresenta, no primeiro capítulo, uma contextualização do momento em que "Filogenia" foi escrito e publicado, discutindo a influência que os trabalhos de naturalistas como Haeckel, Darwin, Geoffroy Saint-Hillaire, Cuvier, Lamarck, entre outros, tiveram na formulação das propostas metodológicas ali constantes. Com relação a Lamarck, Caponi desfaz um erro historiográfico recorrente nos estudos sobre diversos naturalistas que aderiram ao evolucionismo, como é o caso de Ameghino. Como muitos deles, inclusive Darwin, ele concedia algum papel à herança de caracteres adquiridos, ideia essa que é atribuída a Lamarck, também por erros historiográficos. Ameghino é incorretamente interpretado por alguns autores como sendo lamarckista simplesmente por conceder algum papel àquela ideia. O referido erro mostra-se mais evidente quando consideramos que a teoria transformista de Lamarck não concebia a construção de filogenias, porque o mecanismo em que ela se baseia é a marcha da natureza buscando atingir uma maior complexidade, não fazendo sentido o estabelecimento de relações genealógicas, ou seja, filogenéticas. Outro fator que evidencia este erro historiográfico é que a proposta constante no "Filogenia" era metodológica, e não teórica, uma vez que seu autor não estava interessado em explicações causais que pudessem elucidar os mecanismos evolutivos.

Prosseguindo em sua análise, no segundo capítulo, Caponi discute o papel que princípios da anatomia e

da morfologia comparadas pré-darwinianas tiveram na formulação das propostas de Ameghino, assim como qual o tratamento que a ideia de unidade de tipo recebeu na formulação dos princípios propostos no "Filogenia".

Sendo central para o evolucionismo darwiniano, a ideia de unidade de tipo, que era explicada pela filiação comum, recebia em Cuvier e Geoffroy Saint-Hillaire explicações baseadas em exigências funcionais ou morfológicas. Segundo Ameghino, era necessária uma ressignificação dos princípios de correlações formulados por eles, pois as correlações funcionais e morfológicas regiam os seres vivos somente dentro de certos limites, os quais estavam relacionados com as próprias vinculações genealógicas que a paleontologia evolutiva procurava estabelecer.

Tratando da importância dessa vinculação, o terceiro capítulo do livro de Caponi discute como Ameghino utilizou aquelas correlações para elaborar as seriações filogenéticas. Para ele, as leis que as regiam só permitiam inferir acerca de sua configuração geral. E essas inferências só eram válidas dentro de limites relativamente estreitos, que só a filogenia poderia estabelecer e que só diziam respeito à forma e às partes deste organismo, mas nada sobre sua filiação. Para isso, eram necessárias leis de outro tipo: as de sucessão evolutiva dos estados de caracteres.

Essas leis foram propostas no "Filogenia" como regras rigorosas que guiariam as inferências filogenéticas, visando à reconstrução de tipos intermediários. Segundo Ameghino, para esta reconstrução deveríamos tomar dois tipos extremos conhecidos e estabelecer o valor dos diferentes caracteres anatômicos em cada um deles. Mediante essas diferenças, poderíamos, então, determinar a forma do tipo intermediário. E se alguns estados de caracteres já podiam ser descritos numericamente, como os dentes e os dígitos, outros também poderiam ser e, por conseguinte, nos forneceriam valores que poderiam ser utilizados para o cumprimento do raciocínio ora descrito.

Ameghino buscava encontrar uma equação filogenética, mas não avançou muito na efetivação disso, apesar do subtítulo do seu livro. De fato, no "Filogenia", ele formulou

princípios de classificação transformista baseados em certas generalizações sobre padrões de sucessão de estados de caracteres, que ele considerava como leis de seriação, as quais, além de auxiliarem na descrição das sequências filogenéticas, também ajudavam na elaboração delas.

No quarto capítulo, Caponi discorre sobre a utilização prática das leis de Ameghino. Elas deveriam reger as relações de derivação entre estados de caracteres, os quais, se mudassem, deveriam fazê-lo sempre em um mesmo sentido, podendo avançar, mas nunca sendo possível retroceder. Esses caracteres poderiam proporcionar as diferentes variações de tamanho e forma que pode oferecer uma mesma estrutura na série filogenética, ou poderiam se referir ao número de peças osteológicas que cada parte animal desta série apresenta. Ameghino considerava o caráter da ossificação como sendo o mais importante para a elaboração de filogenias. Isso o levou a formular outra regra metodológica: uma estrutura cartilaginosa que, em sua evolução, chega a ossificar-se, não volta jamais ao seu estado primitivo, exceto para desaparecer.

Baseado nesta conclusão, e levando em consideração outra regra que ele também formulara – a existência de uma tendência à diminuição das partes durante o processo evolutivo –, ele elaborou uma sequência evolutiva dos vertebrados em três estágios. O primeiro dar-se-ia com um tipo cartilaginoso de esqueleto não segmentado, seguido por um tipo no qual este esqueleto estava dividido em peças que, ao se tornarem ósseas, teriam produzido o tipo vertebrado primitivo. E um terceiro estágio, onde essas peças básicas desapareceriam por atrofia ou fusão, mas não poderiam se multiplicar.

Portanto, utilizando as leis de seriação, Ameghino pôde estabelecer relações genealógicas que permitiram a elaboração de filogenias de grupos taxonômicos de vários níveis. Esse era o objetivo central do seu livro: reorganizar metodologicamente a paleontologia, para que ela não só nos possibilitasse conhecer as formas a serem filogeneticamente classificadas, mas para que pudesse contar com os princípios para gerar essa classificação.

Entretanto, apesar do poder heurístico dessa proposta, ele a utilizou pouco em sua teoria antropogênica apresentada no “Filogenia”. Mesmo que o último capítulo do livro tenha como título “Aplicación al hombre”, não é isso o que encontramos naquelas páginas. Nelas, Ameghino expõe sua tese sobre a origem pampiana do homem, a qual prejudicou consideravelmente sua imagem como um teórico lúcido e proponente de uma metodologia proffica.

Com base nisso e levando-se em consideração que a imagem de Ameghino permanece até os dias de hoje fortemente vinculada a esta equivocada teoria, é necessária uma contextualização, visando identificar quais as razões que levaram o autor de uma obra com uma proposta metodológica de grande valor a um erro teórico que contaminou sua imagem. É o que Caponi faz no adendo de sua “leitura do *Filogenia*”, mostrando-nos com muita clareza que o erro antropogênico de Ameghino não deriva do marco teórico estabelecido neste livro, mas sim dos contextos epistemológicos e ideológicos de sua época, ambos alheios ao campo dos conceitos e dos problemas sobre os quais foi escrito.

Com relação aos elementos epistemológicos envolvidos na formulação da teoria da origem pampiana do homem, Caponi apresenta-nos diversos fatores que incidiram naquela desacertada proposição. Erros de interpretação estratigráfica, que o levaram a datar erradamente os fósseis de homínídeos que Ameghino estudou, somados ao vazio epistêmico que havia naquela época com relação à possível região originária do ser humano, entre outros, foram preponderantes para seu equívoco teórico.

Mas, além disso, Caponi nos mostra que o “Filogenia” foi escrito em um contexto ideológico que pretendia legitimar o colonialismo e o extermínio dos povos indígenas da Argentina. Questões alheias à ciência, mas que, por meio de uma contextualização eficaz, se mostram completamente incidentes no erro de Ameghino.

Sua tese antropogênica servia a uma trama de discursos políticos e pseudocientíficos, cujo papel era a

legitimação do extermínio dos povos indígenas das regiões pampiana, patagônica, fueguina e chaqueana. Esse verdadeiro genocídio foi levado adiante em políticas governamentais que receberam as seguintes denominações: “Conquista do deserto” (1878-1885), “Campanha do deserto verde” (1884-1917) e “Campanha da Terra do Fogo” (1886 até o início do século XX). Como corolário dela, havia uma oportuna compreensão de que aqueles povos fossem remanescentes da primeira espécie do gênero *Homo*, apresentando um estágio de desenvolvimento humano muito primitivo. Baseando-se neste argumento, justificava-se a sua substituição – leia-se extermínio – por uma espécie considerada ‘mais evoluída’, a qual convenientemente era

representada pelos europeus e por seus descendentes. E a teoria antropogênica de Ameghino introduziu uma lógica evolucionista que avalizava tal política.

Por esses motivos, a análise epistemológica de Caponi adentra esse território alheio às questões científicas. Alheio, mas que, ainda assim, apresentava elementos capazes de promover a cooptação de um discurso científico, ainda que equivocados, para operar uma apologia a uma política nefasta.

REFERÊNCIA

AMEGHINO, F., 1915 [1884]. **Filogenia**: principios de clasificación transformista basados sobre leyes naturales y proporciones matemáticas. La Cultura Argentina, Buenos Aires.

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. Dígitos geralmente sem unhas, dorsais lisas	<i>Bachia flavescens</i>
Dígitos 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

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

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

Diversidade de espécies e chaves de identificação das Leguminosae ocorrentes nas restingas do estado do Pará, Brasil Leguminosae diversity and identification key for species in <i>restingas</i> of Pará State, Brazil Wanderson Luis da Silva e Silva, Mônica Falcão-da-Silva, Ely Simone Cajueiro Gurgel, Ricardo de S. Secco, Maria de Nazaré do Carmo Bastos, João Ubiratan Moreira dos Santos	11
Diversidade florística e estoque de carbono de sistemas agroflorestais em dois municípios do nordeste paraense, Brasil Floristic diversity and carbon stock of agroforestry systems in two municipalities of Northeast of State of Pará, Brazil Silvio Roberto Miranda dos Santos, Osvaldo Ryohei Kato, Manoel Malheiros Tourinho.....	31
O ponto de equilíbrio na assimilação de carbono em sistemas agroflorestais nos municípios de Cametá e Tomé-Açu, no estado do Pará, Brasil The balance point on carbon assimilation in agroforestry systems in the municipalities of Cametá and Tomé-Açu, State of Pará, Brazil Silvio Roberto Miranda dos Santos, Osvaldo Ryohei Kato, Manoel Malheiros Tourinho, José Felipe Souza de Almeida, Beatriz Lopes Pereira	43
Emprego dos focos de calor na avaliação das áreas queimadas e em incêndios florestais em Paragominas, Pará, Brasil Use of heat foci in the evaluation of burned areas and of forest fires in Paragominas, Pará, Brazil Gil Mendes Sales, Jorge Luis Gavina Pereira, Marcelo Cordeiro Thalês, René Pocard-Chapuis, Arlete Silva de Almeida	55
O sistema de valoração da geodiversidade, com enfoque nos serviços ecossistêmicos <i>sensu</i> Murray Gray The geodiversity valuation system, with focus on ecosystem services <i>sensu</i> Murray Gray Matheus Lisboa Nobre da Silva, Marcos Antonio Leite do Nascimento	79
Efeito dos extratos das folhas de <i>Kalanchoe pinnata</i> (Lam.) Pers. sobre bactérias resistentes a multidrogas Effect of leaf extracts of <i>Kalanchoe pinnata</i> (Lam.) Pers. against multidrug resistant bacteria Michele Cezimbra Perim, Joelma da Costa Borges, Thiago Antônio de Sousa Araújo, Ana Carolina Oliveira da Silva, Natália Mazzolani Zucchini, Solange Cristina Carreiro, Anderson Ferreira da Cunha, Maria Cristina da Silva Pranchevicius	91
Registro de <i>Celeus obrieni</i> (Aves: Piciformes: Picidae) no Parque Estadual do Cantão: implicações para conservação da espécie e para consolidação dos limites da primeira unidade de conservação de proteção integral em Tocantins Record of <i>Celeus obrieni</i> (Aves: Piciformes: Picidae) in the Cantão State Park: implications for species conservation and boundary consolidation of the first integral protection conservation unit in Tocantins, Brazil Túlio Dornas, George Georgiadis.....	103
Provável híbrido entre <i>Myiothlypis flaveola</i> (Baird, 1865) e <i>M. leucophrys</i> (Pelzeln, 1868) (Passeriformes: Parulidae) Possible hybrid of <i>Myiothlypis flaveola</i> (Baird, 1865) and <i>M. leucophrys</i> (Pelzeln, 1868) (Passeriformes: Parulidae) Fernando Igor de Godoy, Vagner de Araujo Gabriel.....	111
A fauna da África e da Ásia descrita pelos viajantes cristãos entre os séculos XIII e XV The fauna of Africa and Asia described by Christian travelers between the thirteenth and fifteenth centuries Rafael Afonso Gonçalves	119