

Atena
Editora
Ano 2021



Ecologia

e conservação da biodiversidade

Renan Monteiro do Nascimento
(Organizador)

Atena
Editora
Ano 2021



Ecologia

e conservação da biodiversidade

Renan Monteiro do Nascimento
(Organizador)

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

iStock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alessandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará

Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Edson Ribeiro de Brito de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atílio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramirez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lúvia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Prof. Me. Marcos Roberto Gregolin – Agência de Desenvolvimento Regional do Extremo Oeste do Paraná
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof. Dr. Sullivan Pereira Dantas – Prefeitura Municipal de Fortaleza
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Universidade Estadual do Ceará
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Ecologia e conservação da biodiversidade

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Giovanna Sandrini de Azevedo
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os autores
Organizador: Renan Monteiro do Nascimento

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E19 Ecologia e conservação da biodiversidade / Organizador
Renan Monteiro do Nascimento. – Ponta Grossa - PR:
Atena, 2021.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5983-258-3
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.583212007>

1. Ecologia. I. Nascimento, Renan Monteiro do
(Organizador). II. Título.

CDD 577

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

A Ecologia é a área da Biologia que estuda o meio ambiente e os seres vivos que vivem nele, ou seja, é o estudo científico da distribuição e abundância dos seres vivos e das interações que determinam a sua distribuição. As interações podem ser entre seres vivos e/ou com o meio ambiente.

A Biodiversidade, também chamada de Diversidade Biológica, pode ser definida como a variabilidade entre os seres vivos de todas as origens, a terrestre, a marinha e outros ecossistemas aquáticos e os complexos ecológicos dos quais fazem parte. A conservação da biodiversidade é fundamental para assegurar a diversidade de organismos vivos, incluindo os ecossistemas terrestres e aquáticos. Apresenta também importância econômica, pois os seres vivos são importante matéria-prima na fabricação de alimentos, medicamentos, cosméticos, vestimentas e até habitação. Preservar é garantir, portanto, que esses recursos não falem no futuro e que o meio ambiente permaneça em equilíbrio.

Nesse contexto, apresento o livro “Ecologia e Conservação da Biodiversidade”, uma obra que apresenta 14 capítulos distribuídos no formato de artigos que trazem de forma categorizada e interdisciplinar estudos aplicados as Ciências Biológicas. Esse e-book traz resultados de pesquisas desenvolvidas por professores e acadêmicos de instituições públicas e privadas. É de suma importância ter essa divulgação científica, por isso a Atena Editora se propõe a contribuir através da publicação desses artigos científicos, e assim, contribui com o meio acadêmico e científico.

Desejo a todos uma excelente leitura.

Renan Monteiro do Nascimento


SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ABELHAS NA ESCOLA: ESTRATÉGIAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS E CONSERVAÇÃO

Verônica Aparecida Ferreira de Moraes de Melo e Silva

Marcela Yamamoto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5832120071>

CAPÍTULO 2..... 14

CARACTERIZAÇÃO DAS ESTRUTURAS OCULARES DAS AVES


Elton Hugo Lima da Silva Souza

Ismaela Maria Ferreira de Melo

Fabrcio Bezerra de Sá

Bruno Daby Figuerêdo de Souza

Stéphanie Ingrand Vieira de Araújo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5832120072>

CAPÍTULO 3..... 26

COMUNIDADE DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS E *ECOTOXICOLOGICAL INDEX*: FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL EM UM RESERVATÓRIO URBANO

Evaldo de Lira Azevêdo


Wilza Carla Moreira Silva

Ricássio Alves de Sousa

Tágina Isabel Abrantes de Assis

Antônio Joaquim Batista Neto

Daniele Jovem-Azevêdo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5832120073>

CAPÍTULO 4..... 40

CONSERVATION FOREST ASPECTS AND MICROHABITAT STRUCTURE TO SMALL MAMMALS: A REVIEW

Felipe Santana Machado

Aloysio Souza de Moura

Ravi Fernandes Mariano

Cassiana Gonçalo Ayres

Dalmo Arantes Barros

Marco Aurélio Leite Fontes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5832120074>

CAPÍTULO 5..... 51

CONSIDERAÇÕES SOBRE OS COMPORTAMENTOS MATERNAIS E ALOMATERNAIS DE MACACOS-PREGO (*Sapajus spp.*) EM SEMILIBERDADE


Marco de Luca Monteiro Sturaro

Bárbara Héllen Lemos Fortunato

Reinaldo Fiumari Júnior

Cláudia Misue Kanno

José Américo de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5832120075>


CAPÍTULO 6..... 61

DIFERENCIAÇÃO DE NICHOS CLIMÁTICO EM DIFERENTES LINHAGENS
FILOGEOGRÁFICAS DE *PUMA CONCOLOR* (CARNIVORA: FELIDAE)

Jéssica Viviane Amorim Ferreira

Jefferson Rodrigues Maciel

Patrícia Avello Nicola

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5832120076>

CAPÍTULO 7..... 72

ESPECTRO DE PROVISÃO DE SAÚDE DO ECOSISTEMA (EHPS): CONCEPÇÃO E
APLICABILIDADE

Mariany Fernandes da Silva

Kleyton Pereira de Lima

Érica Rodrigues Fernandes Silva


Micaelle de Sousa Silva

Ana Karoline de Almeida Lima

Melina Even Silva da Costa

Maria Luiza Peixoto Brito

Antônio Germane Alves Pinto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5832120077>

CAPÍTULO 8..... 79

FERRAMENTAS DISPONÍVEIS PARA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA

Luiz Mauro Barbosa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5832120078>

CAPÍTULO 9..... 95

GERMINAÇÃO E PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE *PASSIFLORA LOEFGRENII* VITTA

José Francisco de Oliveira Neto

Luara Horrara Malucelli


Rayane Bueno

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5832120079>

CAPÍTULO 10..... 101

LA EXTENSIÓN RURAL AGROECOLÓGICA PARA LA RESTAURACIÓN CAMPESINA Y
EL MEDIO AMBIENTE EN EL PARAGUAY

Daniel Campos Ruiz Diaz


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.58321200710>

CAPÍTULO 11..... 116

O PLANTIO DE NEEN E O COMPROMETIMENTO DA DIVERSIDADE DA FLORA URBANA
DE SÃO FÉLIX DO CORIBE/BA

Anne Francis Bezerra Campos

Elisângela Silva Moura
Sandra Eliza Guimarães

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.58321200711>

CAPÍTULO 12..... 124

**PHYLOGENY AND THE PATTERNS OF ESSENTIAL OIL DIVERSITY IN THE GENUS
*HYPENIA***


Camila Fernandes de Jesus
Maria Tereza Faria
Heleno Dias Ferreira
Suzana da Costa Santos
Pedro Henrique Ferri

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.58321200712>

CAPÍTULO 13..... 135

**QUAIS PERCEPÇÕES O DNA AMBIENTAL PODE FOMERCER PARA AVALIAÇÃO
ECOLÓGICA DE RESERVATÓRIOS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO?**


Betsy Dantas de Medeiros
Magnólia de Araújo Campos Pfenning
Maria João Feio
Daniele Jovem-Azevêdo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.58321200713>

CAPÍTULO 14..... 149

**REMANESCENTES DE MATA ATLÂNTICA DO AGRESTE PERNAMBUCANO:
COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA, ENDEMISMO E ESPÉCIES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO**

Eric Bem dos Santos
Rejane Magalhães de Mendonça Pimentel
Milena Dutra da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.58321200714>

SOBRE O ORGANIZADOR..... 156

ÍNDICE REMISSIVO..... 157

CAPÍTULO 1

ABELHAS NA ESCOLA: ESTRATÉGIAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS E CONSERVAÇÃO

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 04/05/2021

Verônica Aparecida Ferreira de Moraes de Melo e Silva

Universidade Estadual de Goiás – Campus Sudoeste
Curso de Ciências Biológicas
Quirinópolis – Goiás
<http://lattes.cnpq.br/0598347823100891>

Marcela Yamamoto

Universidade Estadual de Goiás – Campus Sudoeste
Curso de Ciências Biológicas
Quirinópolis – Goiás
<http://lattes.cnpq.br/1077479686835951>

RESUMO: As abelhas são conhecidas como principais polinizadoras por dependerem dos recursos oferecidos pelas flores, sendo importantes nos cultivos cuja polinização é obrigatória, contribuindo na qualidade da produção de frutos e sementes. As ações humanas têm causado o declínio nas populações de abelhas, de forma que a divulgação do conhecimento pode contribuir para conservação. O ensino de Ciências deve ir além de conceitos memorizados, estimulando os estudantes a buscar possíveis soluções para seus questionamentos sobre os fenômenos cotidianos. Assim, o objetivo deste estudo foi executar uma atividade de intervenção visando divulgar o conhecimento das abelhas e as práticas de conservação. Desenvolvemos

a atividade com estudantes de 6º e 7º ano do Colégio Estadual Presidente Castelo Branco, no distrito de Itaguaçu-GO, município de São Simão, Goiás. Inicialmente aplicamos um questionário atividade para avaliar o conhecimento prévio dos participantes. Em seguida ministramos uma sequência de aulas abordando morfologia e diversidade de abelhas, flores, polinização e a produção de frutos e sementes, e encerramos com uma atividade chamada de café da manhã que envolvia a aplicação dos conhecimentos. Logo após a finalização da atividade aplicamos o questionário novamente e reaplicamos após 15 dias. Encontramos uma média de acertos significativamente maior após a atividade de intervenção, sem diferença significativa nos acertos após a atividade indicando fixação do conteúdo. Além dos acertos nas questões, notamos uma maior complexidade na redação das respostas incluindo aplicação de termos técnicos. Notamos a importância de atividades de divulgação, por oportunizar aos estudantes envolvidos, uma nova visão sobre as abelhas, nosso modelo escolhido, bem como as interações e contribuições no ambiente, de forma a contribuir para a conservação.

PALAVRAS - CHAVE: Educação ambiental. Interação ecológica. Polinizador. Polinização. Ciências da natureza.

BEES IN SCHOOL: TEACHING SCIENCE AND CONSERVATION STRATEGIES

ABSTRACT: Bees are known as main pollinators because they depend on the resources offered by flowers, being important in crops which pollination

is required, contributing to the quality of fruit and seed set. Human activities caused decline in bee populations, so the knowledge diffusion can contribute to conservation. Science teaching must go beyond memorized concepts, encouraging students to search for possible solutions to their questions about everyday phenomena. Thus, the objective of this study was to carry out an intervention activity aimed at disseminating the knowledge of bees and conservation practices. We developed the activity with 6th and 7th grade students at Colégio Estadual Presidente Castelo Branco, in the district of Itaguaçu-GO, municipality of São Simão, Goiás. Initially, we applied a survey to assess the participants' previous knowledge. Then we gave a sequence of classes addressing bees morphology and diversity, flowers, pollination, and fruits and seeds set, besides we ended with an activity called breakfast that involved the knowledge application. Right after the end of the activity, we applied the questionnaire again and reapplied after 15 days. We found a significantly higher average of correct answers after the intervention activity, with no significant difference in the correct answers after the activity indicating content fixation. In addition to the correct answers to the questions, we noticed a greater complexity in the writing of the responses, including the application of technical words. We realized the importance of outreach activities, as it provides the students involved with a new view of bees, our chosen model, as well as interactions and contributions to the environment, in order to contribute to conservation.

KEYWORDS: Environmental education. Ecological interaction. Pollinator. Pollination. Nature sciences.

1 | INTRODUÇÃO

A polinização é um processo importante no sucesso reprodutivo das plantas com flores que envolve o transporte de pólen ao estigma (OLIVEIRA; MARUYAMA, 2014), tanto por meios abióticos (vento, água ou gravidade) quanto por meios bióticos (animais) (KEVAN; VIANA, 2003). A polinização feita por animais determina o sucesso da produção de alguns cultivos e influencia na qualidade de frutos e sementes (KLEIN *et al.*, 2007). No Brasil estima-se que o valor do serviço prestado pela polinização corresponda a cerca de US\$ 12 bilhões ou 30% da produção total (GIANNINI *et al.*, 2015).

Entre os polinizadores bióticos, as abelhas são consideradas eficazes, pois ao visitar a flor em busca de alimento, néctar e pólen, na maioria das vezes, acabam carregando o pólen que fica aderido nos pelos de seu corpo (DELAPLANE; MAYER, 2000). Por isso, abelhas constituem um importante grupo de polinizadores seja em ambientes naturais ou agrícolas (MICHENER, 2007; POTTS *et al.*, 2010). Devido a dependência de muitas flores, esses polinizadores podem interferir na qualidade de frutos e sementes de cultivos agrícolas (WITTER, 2014). A polinização das abelhas é obrigatória em cultivos de maçã, melão, maracujá e acerola (FREITAS; BOMFIM, 2017). Por exemplo, as abelhas solitárias do gênero *Centris* são os principais agentes polinizadores nos cultivos de acerola e as do gênero *Xylocopa* são necessárias nos cultivos de maracujá para que haja a formação do fruto e das sementes (e.g. SIQUEIRA *et al.*, 2011; YAMAMOTO *et al.*, 2012; SAZAN *et al.*, 2014; WITTER, 2014). Em outros cultivos, como o do morango em que a polinização não

é obrigatória para a formação de frutos, as abelhas sem ferrão podem contribuir para a formação de frutos mais doces, bem formados e com maior peso (MALAGODI-BRAGA, 2018; BÄNSCH *et al.*, 2021).

Relatos do declínio do grupo e de potenciais consequências tornaram-se preocupantes (e.g. BIESMEIJER *et al.*, 2006; POTTS *et al.*, 2010; ZATTARA; AIZEN, 2019; BÄNSCH *et al.*, 2021), sendo enumeradas causas diversas como a perda e fragmentação de habitat, mudança climática (SOROYE *et al.*, 2020), intensificação das atividades agrícolas, patógenos e introdução de espécies não nativas, ou a combinação de um conjunto de fatores (ERENLER *et al.*, 2020; LANDER, 2020). Tais práticas afetam espécies nativas e cultivadas de plantas, e animais que consomem frutos ou sementes, portanto, são válidas atitudes desde a criação de abelhas até intervenções visando a educação e consciência ambiental (SANTOS; AIZEN; SILVA, 2014).

O ensino de Ciências deve despertar no estudante questionamentos sobre os fenômenos e as possíveis explicações, formando cidadãos críticos que vão além de conceitos memorizados (BRASIL, 1998a). As aulas expositivas tradicionais, na maioria das vezes, são insuficientes para relacionar a teoria ao cotidiano, tornando-se necessário a experimentação, a investigação e a argumentação para solucionar problemas cotidianos apresentados pelo professor (SASSERON; CARVALHO, 2011; SILVA; FERREIRA; VIERA, 2017).

Além dos conteúdos previstos, o professor de Ciências pode abordar temas transversais como a Educação Ambiental, apresentando os reais problemas ambientais e suas consequências (BRASIL, 1998b), partindo do pressuposto de que a educação ambiental, não busca solucionar os problemas, mas mediar as ações buscando o desenvolvimento de práticas sustentáveis (JACOBI, 2003; GUIMARÃES, 2020). Várias metodologias abordadas, pelo professor, contribuem para que essa abordagem seja diferenciada e estimulante, como filmes, jogos, desenhos e confecção de materiais (SANTOS; SILVA, 2016).

As abelhas não são conhecidas pelo serviço ambiental que prestam como polinizadoras, pois comumente associam uma espécie a produção de mel, por isso, a divulgação com a execução de projetos de intervenção nas escolas pode auxiliar na mudança da concepção dos estudantes com relação ao grupo (LEITE *et al.*, 2016). Assim como utilizar recursos atrativos como vídeos, apostilas, caixas entomológicas e jogos para facilitar a compreensão dos conceitos sobre polinização (GAGLIANONE *et al.*, 2015). Desta forma, nosso objetivo foi executar uma atividade de intervenção visando divulgar o conhecimento das abelhas e as práticas de conservação. Esperando contribuir nas práticas de conservação do ambiente, especialmente das abelhas.

2 | METODOLOGIA

A intervenção foi desenvolvida no Colégio Estadual Presidente Castelo Branco, no distrito de Itaguaçu, município de São Simão, Goiás. O município está localizado na região Sudoeste do estado de Goiás e com população estimada de 20.285 habitantes (IBGE, 2020). O colégio é o único no distrito que oferece as séries finais do ensino fundamental e ensino médio atendendo 99 estudantes matriculados, moradores locais e de fazendas vizinhas. A construção tem quatro salas de aula, sala dos professores, cantina, pátio, biblioteca, sala de computação, microscópios e lupas, mas não possui laboratório de ciências.

A proposta da atividade de intervenção envolveu a apresentação das abelhas: morfologia, hábitos alimentares e comportamentais; o processo de polinização: morfologia da flor e reprodução sexuada das angiospermas; e o serviço ambiental da polinização: importância das abelhas na polinização e na formação de frutos e sementes. O projeto encerrou com uma atividade, denominada café da manhã, com exposição de produtos normalmente consumidos, envolvendo a aplicação dos conhecimentos adquiridos.

Realizamos a atividade com duas turmas de ensino fundamental do 6º e 7º ano. Inicialmente aplicamos um questionário para avaliação de conhecimentos prévios, seguido de uma sequência de quatro aulas com duração de 50 minutos para cada turma, e finalizamos a atividade com um café da manhã em que houve a aplicação dos conhecimentos obtidos. Além da aplicação do questionário para avaliar o conhecimento adquirido após a intervenção e reaplicação após 15 dias.

Para a execução das atividades as aulas e os materiais foram elaborados previamente. O questionário e algumas atividades propostas foram baseadas no Caderno de atividades para educação ambiental - Sem abelha sem alimento (PERUCHI; GONÇALVES, 2015) e também na Cartilha Polinização e polinizadores (BARREIRA *et al.*, 2014).

Aplicamos o primeiro questionário para 27 alunos abordando assuntos sobre abelhas, flores, polinização e frutos, com a finalidade de avaliar o conhecimento prévio dos alunos. A primeira aula abordava aspectos morfológicos, comportamentais e alimentares das abelhas. Ministramos uma aula expositiva dialogada, com o auxílio do projetor. A segunda aula foi uma atividade prática com a exposição de espécimes de abelhas, evidenciando a diversidade do grupo com relação a tamanho, cores e morfologia. Alguns exemplares foram visualizados na lupa para identificação de estruturas. A terceira aula foi sobre as flores, envolvendo aspectos morfológicos e funcionais. Após uma exposição teórica, aplicamos uma atividade prática, na qual os estudantes manipularam diferentes flores analisando suas estruturas e fazendo um desenho para representar as flores que estudaram. A última aula foi sobre polinização e importância das abelhas para a produção de frutos, incluindo produtos consumidos diariamente dependentes da polinização por abelhas. Ministramos uma aula expositiva dialogada, utilizando tirinhas e vídeos sobre o assunto. Para o fechamento da atividade organizamos um café da manhã com a exposição

de diversos produtos incluindo frutos e sementes que são dependentes de polinizadores, no qual os estudantes deveriam aplicar o conhecimento adquirido ao longo das atividades. A sala foi dividida em dois grupos, um deveria montar um café da manhã com os produtos que não necessitam da polinização por abelhas e o outro grupo deveria montar um café da manhã com os produtos que necessitam da polinização por abelhas. A atividade foi finalizada com a confraternização do grupo e consumo do café da manhã.

Após a intervenção, reaplicamos o questionário para 26 estudantes para avaliar o conhecimento adquirido pelos estudantes e após 15 dias da execução das atividades, reaplicamos o questionário para 23 estudantes para avaliar se foi apenas memorização ou se os conceitos e aplicações ficaram fixados (CANDOTTI *et al.*, 2011).

Para a análise estatística, a normalidade dos dados foi analisada pelo teste Lilliefors. Para verificar se houve diferença no acerto das questões antes e após a intervenção foram aplicados os testes t, para dados paramétricos, e o teste U de Mann-Whitney, para dados não paramétricos. Todos os valores de média apresentados estão acompanhados do desvio padrão.

3 | RESULTADOS

O questionário aplicado antes da intervenção foi respondido por 15 estudantes do 6º ano e 12 do 7º ano. Os estudantes do 6º ano tinham média de $11,60 \pm 0,91$ anos de idade, enquanto que os do 7º ano apresentaram uma média de $12,83 \pm 1,19$ anos. Após a intervenção o questionário foi respondido por 26 estudantes e após 15 dias tivemos 23 estudantes. Os resultados são apresentados na Tabela 1.

A tabela 2 mostra a média de acertos das questões antes e após a atividade de intervenção. A quantidade de acertos foi significativamente maior após a atividade de intervenção ($t = -4,02$, $gl = 7$, $p = 0,0025$) e não houve diferença nos acertos do questionário reaplicado após 15 dias em relação ao questionário aplicado após a intervenção ($t = 0,71$, $gl = 7$, $p = 0,2487$) indicando que os estudantes fixaram o conteúdo.

Pergunta	6º ano			7º ano			Total		
	Antes	Após	Após 15 dias	Antes	Após	Após 15 dias	Antes	Após	Após 15 dias
	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)
1 Escreva o nome das abelhas que conhece.	14 (93%)	15 (100%)	12 (100%)	9 (60%)	11 (100%)	11 (100%)	23 (85%)	26 (100%)	23 (100%)
3 Hábitos sociais, alimentares, presença de ferrão e produção de mel	1 (7%)	13 (87%)	12 (100%)	2 (13%)	10 (91%)	11 (100%)	3 (11%)	23 (88, 5)	23 (100%)
4 Qual a função da flor?	8 (53%)	12 (80%)	12 (100%)	2 (13%)	9 (82%)	10 (91%)	10 (37%)	21 (81%)	22 (96%)
5 Você sabe como as plantas conseguem se reproduzir sexuadamente? Explique.	1 (7%)	13 (87%)	9 (60%)	1 (8%)	8 (73%)	6 (54,5)	2 (7,4%)	21 (81%)	15 (65%)
6 Você com certeza já viu abelhas visitando flores, mas você sabe o motivo dessas visitas?	9 (60%)	9 (60%)	11 (73%)	7 (58%)	8 (73%)	7 (64%)	16 (59%)	17 (65%)	18 (78%)
7 Você acha que as abelhas são importantes para o meio ambiente? Explique.	1 (7%)	14 (93%)	11 (73%)	3 (25%)	10 (91%)	10 (91%)	4 (15%)	24 (92%)	21 (91%)
8 Nas angiospermas, após a fecundação ocorre a formação do fruto, desenvolvido a partir de que estrutura da flor?	5 (33%)	7 (43%)	7 (47%)	2 (13%)	4 (36%)	5 (45,5)	7 (26%)	11 (42%)	12 (52%)
9 Se por algum motivo todas as abelhas desaparecessem, você acha que isso afetaria a produção de frutos? Por quê?	2 (13%)	8 (53%)	9 (60%)	2 (13%)	8 (73%)	10 (91%)	4 (15%)	16 (61,5%)	19 (83%)

Tabela 1. Quantidade de acertos no questionário aplicado antes, após e 15 dias após a atividade de intervenção sobre a importância das abelhas na polinização e produção de frutos no Colégio Estadual Presidente Castelo Branco, para estudantes do 6º e 7º ano do ensino fundamental.

Obs.: as questões dois 2 e 10 estão descritas nos resultados.

	Antes	Após	Após 15 dias
Total	8,63 ± 7,41 ^a	19,88 ± 1,74 ^{b,c}	14,67 ± 3,97 ^c
6º ano	5,12 ± 1,71 ^a	11,38 ± 2,97 ^{b,c}	10,12 ± 1,72 ^c
7º ano	3,50 ± 2,88 ^a	8,50 ± 2,14 ^{b,c}	8,75 ± 2,37 ^c

Tabela 2. Médias ± desvio padrão dos acertos antes, após e 15 dias após a atividade de intervenção sobre a importância das abelhas na polinização e produção de frutos no Colégio Estadual Presidente Castelo Branco no 6º e 7º ano do ensino fundamental.

Letras diferentes indicam diferença significativa (teste t ou equivalente não paramétrico, p<0,05)

A primeira questão solicitava ao estudante que escrevesse os nomes das abelhas que conheciam. Antes da intervenção 85% dos estudantes responderam corretamente e 63% citou um nome de abelha conhecida. Após a intervenção 100% dos estudantes responderam corretamente, dos quais 58% citaram dois nomes de abelhas conhecidas. Após 15 dias, 100% dos participantes responderam corretamente sendo que 44% citaram dois nomes. Ressalta-se que em cada turma tivemos pelo menos uma resposta com cinco nomes de abelhas após a intervenção.

A questão dois solicitava a descrição de características que identificam uma abelha. Antes da intervenção não houve nenhum acerto, com respostas relacionadas a presença de ferrão, produção de mel e cor. E após a atividade, nenhuma das respostas especificou detalhadamente as características de uma abelha, no entanto houve uma descrição da

morfologia com mais detalhes e com a aplicação de termos técnicos. As respostas do 7º ano apresentaram maior nível de complexidade e detalhamento, conforme respostas obtidas:

“Cinco olhos, quatro asas, seis pernas, duas antenas, corpo: cabeça, tórax e abdômen” (Estudante 6º ano).

“Abelha Europa: cor amarelo com preto e presença de ferrão; Abelha Arapuá: tamanho pequeno e cor preta; e Abelha de orquídea: cor verde ou azul” (Estudante 7º ano).

Após 15 dias da intervenção manteve-se o mesmo nível de resposta.

“Abelha jataí: não tem ferrão, vive em colmeia; abelha mamangava: grande, cor preta, solitária; abelha verde: pequena, cor verde, tem ferrão” (Estudante 6º ano).

“Duas antenas, uma língua comprida, corbícula e muitos olhos” (Estudante 7º ano).

“Três partes específicas: tórax, cabeça e abdômen, algumas são amarelas e pretas, outras são verdes ou azuis, algumas são grandes e outras pequenas” (Estudante 7º ano).

A terceira questão envolvia os hábitos alimentares, comportamento social, presença de ferrão e produção de mel. Antes da intervenção obtivemos apenas três respostas (11%) corretas, após a intervenção 23 respostas (88,5%) estavam corretas e após 15 dias após as atividades de intervenção, 100% de acerto.

A quarta questão perguntava sobre a função da flor. Inicialmente tivemos 37% de acertos, após a intervenção 81% e após 15 dias da intervenção 96% de respostas corretas.

A quinta questão perguntava sobre a reprodução sexuada das plantas. Antes da intervenção, dois estudantes (7%) responderam corretamente citando a polinização. Após a atividade, os acertos atingiram 81% e após 15 dias da intervenção 65% responderam corretamente, destacando as seguintes respostas:

“A abelha vai coletar o néctar, encosta no pólen, leva para outra flor e ele cai no estigma” (Estudante 6º ano).

“Quando a abelha vai coletar pólen, ele fica gruda nos pelos e pode cair no estigma quando for visitar outra flor” (Estudante 7º ano).

A questão sete abordou sobre a importância das abelhas para o meio ambiente. Antes da intervenção quatro estudantes (15%) responderam corretamente, afirmando que as abelhas eram importantes porque faziam a polinização. Após a atividade 69% dos estudantes e após 15 dias 91% conseguiram argumentar sobre a polinização associando com a produção de frutos. Algumas das respostas obtidas foram:

“Porque sem elas não há polinização e nem frutos” (Estudantes 6º ano).

“Para a reprodução da flor e também porque sem a polinização das abelhas os frutos seriam poucos e defeituosos” (Estudante 7º ano).

“As abelhas fazem a polinização para a produção e desenvolvimento dos frutos” (Estudante 7º ano).

A relação da estrutura da flor com a formação do fruto foi feita questão oito. Inicialmente tivemos 26% de acertos e após as atividades de intervenção 42% e 52% de

acertos.

Na questão nove os estudantes deveriam explicar como o desaparecimento das abelhas poderia afetar a produção dos frutos. Antes da intervenção 14% estudantes responderam corretamente. Após a intervenção 61,5%, e depois de 15 dias, 83% responderam corretamente, com os seguintes argumentos:

“Sim, porque não teria as abelhas para polinizar” (Estudante 6º ano).

“Sim, pois se as abelhas desaparecessem não teria polinização” (Estudante 6º ano).

”Sim, porque os frutos ficariam ruins ou talvez nem existissem” (Estudante 6º ano).

“Sim, pois os frutos seriam feios e sem vitaminas” (Estudante 7º ano).

“Sim, porque para alguns frutos é necessária a visita das abelhas para a fecundação” (Estudante 7º ano).

Na décima questão os estudantes deveriam escolher entre as 22 alternativas apresentadas, os produtos que dependem da polinização. Para análise, consideramos apenas os 20 estudantes que responderam os questionários nos três momentos. A média de acertos antes da intervenção foi $11,4 \pm 2,39$, após a intervenção foi $15 \pm 1,86$ e após 15 dias foi $14,8 \pm 1,71$. Encontramos maior quantidade de acertos após a atividade de intervenção ($U=47,50$, $p<0,0001$) sem diferença significativa nos acertos após a atividade ($U=180,00$, $p=0,2943$) (Figura 1).

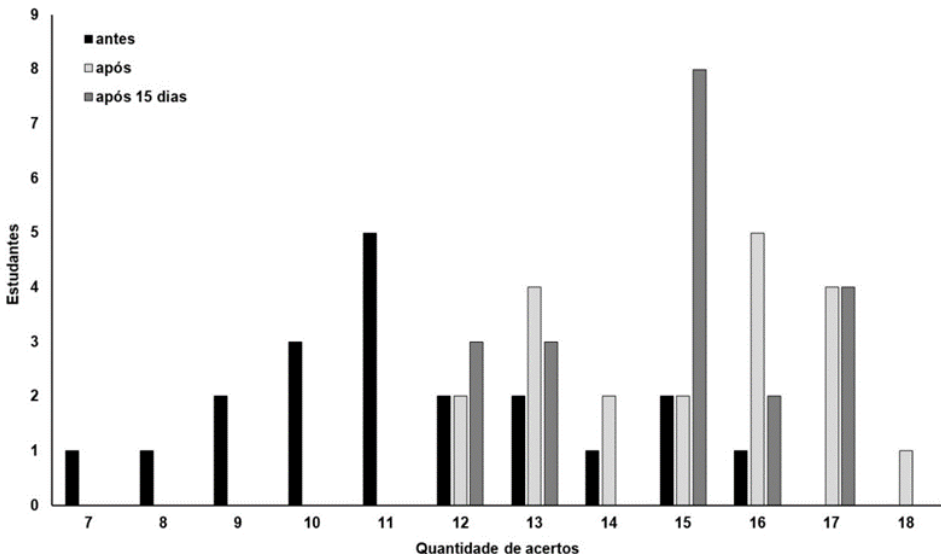


Figura 1. Acertos obtidos da questão 10 antes, após as atividades de intervenção e após 15 dias as atividades de intervenção sobre importância das abelhas na polinização e produção de frutos por estudantes do 6º e 7º ano do ensino fundamental do Colégio Estadual Presidente Castelo Branco, Itaguaçu-GO.

Na atividade final os estudantes montaram um café da manhã com os produtos, frutos e sementes, que dependiam da polinização e um café da manhã com os produtos que não dependiam da polinização por abelhas (Figura 2).



Figura 2. Atividade final de aplicação do conhecimento, desenvolvida por estudantes de 6º e 7º ano do ensino fundamental do Colégio Estadual presidente Castelo Branco, Itaguaçu-GO. A) café da manhã com produtos que não dependem da polinização por abelhas e B) café da manhã com produtos que dependem da polinização por abelhas.

4 | DISCUSSÃO

Nossos resultados apontam a efetividade da atividade executada com base nos resultados assertivos obtidos nos questionários aplicados antes e após a atividade, além da maior complexidade das respostas obtidas, especialmente com a aplicação de termos técnicos. Outro resultado que observamos, mas não foi medido envolve o interesse dos estudantes sobre abelhas e aspectos relacionados. É essencial no ensino de ciências a utilização da linguagem científica, o que possibilita ao estudante compreender os processos e teorias, assim como caracterizá-los (OLIVEIRA *et al.*, 2009)

Quando questionados sobre as espécies de abelhas que conheciam, verificou-se que inicialmente todos citaram a abelha europa ou abelha de mel. A presença da *Apis mellifera* em diferentes ambientes, seu hábito social e seu uso comercial, torna essa espécie popular e com estudos para analisar seu comportamento e aplicação (MINUSSI; ALVES-DOS-SANTOS, 2007, PINHEIRO *et al.*, 2014). Após a intervenção observamos que os estudantes conheceram novas abelhas e conseguiram citar dois nomes ou mais. Considerando a diversidade das abelhas, ainda temos um baixo número, sendo importante executar atividades de divulgação. Estima-se que atualmente existem mais de 20.000 espécies de abelhas em todo o mundo (MICHENER, 2007) e no Brasil são catalogadas 1.576 espécies, com estimativa para 3.000 espécies (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002).

Após a atividade de intervenção as respostas afirmaram que as abelhas possuem diferentes níveis sociais, se alimentavam de pólen e néctar, que nem todas possuíam ferrão e que a produção de mel não era sua única função. As abelhas possuem diferentes

níveis sociais, desde abelhas solitárias, que constroem seu ninho sozinhas, até altamente eussociais, que vivem em colônias organizadas (PINHEIRO *et al.*, 2014), utilizam os recursos extraídos das flores para sua alimentação, como o pólen, rico em proteínas e sais minerais, e néctar, a principal fonte de carboidratos (PINHEIRO *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2014). Nem todas as abelhas possuem ferrão, afinal os meliponíneos, conhecidos como abelhas indígenas sem ferrão, possuem o ferrão atrofiado (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

Após a atividade de intervenção as respostas caracterizavam a flor como estrutura responsável pela reprodução das plantas. Quando questionados sobre o mecanismo de reprodução sexuada existentes nas plantas, após a intervenção os estudantes elaboraram respostas que relacionava a reprodução sexuada das plantas ao processo de polinização e atribuiu essa função às abelhas. As plantas não apresentam mobilidade, por isso depende de vetores bióticos ou abióticos para realizar a polinização (OLIVEIRA; MARUYAMA, 2014). Entre os vetores bióticos, as abelhas se destacam como polinizadores eficientes, devido a dependência pelos recursos florais oferecidos pelas flores (WITTER *et al.*, 2014).

Notamos que após a atividade de intervenção os estudantes reconheciam a importância das abelhas como polinizadores, além de serem capazes de apontar implicações do seu possível desaparecimento relacionado a produção e qualidade dos frutos. As abelhas se destacam pela polinização e por sua importância em ambientes naturais e cultivos, interferindo na produção e qualidade (WITTER *et al.*, 2014). O desaparecimento desses polinizadores, atribuído a vários fatores como desmatamento e inseticidas, afetaria a produção agrícola e comprometeria a viabilidade de frutos, como maracujá, melão e maçã, que dependem da polinização (CGEE, 2017). Esse tipo de atividade de intervenção possibilita aos estudantes compreender a importância das abelhas como polinizadores e sua contribuição na produção de frutos e sementes consumidos no dia-a-dia.

Ao compararmos o desempenho dos estudantes verificamos que a intervenção atuou positivamente, pois com o uso das abelhas como modelo, notamos maior domínio sobre conhecimentos específicos relacionados a abelhas. A atividade de intervenção oportunizou aos estudantes uma nova visão sobre as abelhas. Nesse contexto possibilitou compreender os mecanismos de reprodução sexuada das plantas, a importância da polinização na reprodução cruzada e, principalmente, conhecer as abelhas como polinizadores, assim sua contribuição nos frutos e sementes utilizados no dia-a-dia na alimentação. A partir das atividades foi possível perceber a importância da conservação das abelhas e os prejuízos que seu desaparecimento causaria.

REFERÊNCIAS

- BÄNSCH, Svenja *et al.* Crop pollination services: complementary resource use by social vs solitary bees facing crops with contrasting flower supply. **Journal of Applied Ecology**, v. 58, n. 3, p. 476-485, 2021.
- BARREIRA, H. C. S. *et al.* **Polinização e polinizadores**. Rio de Janeiro: Funbio, 2014.
- BIESMEIJER, Jacobus C. *et al.* Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. **Science**, v. 313, n. 5785, p. 351-354, 2006.
- BRASIL. **Ministério da Educação Secretaria de Educação Fundamental**. Parâmetros curriculares nacionais: Ciências Naturais. Brasília: MEC / SEF, 1998a.
- BRASIL. **Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental**. Parâmetros Curriculares Nacionais: temas transversais. Brasília, 1998b.
- CANDOTTI, C. T. *et al.* Efeitos de um programa de educação postural para crianças e adolescentes após oito meses de seu término. **Rev. paul. pediatr.**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 577-583, 2011.
- CGEE, Centro de gestão e estudos estratégicos. **Importância dos polinizadores na produção de alimentos e na segurança alimentar global**. Brasília: CGEE, 2017.
- DELAPLANE, K. S.; MAYER, D. F. **Crop pollination by bees**. Cambridge: Cabi, 2000
- ERENLER, Hilary E.; GILLMAN, Michael P.; OLLERTON, Jeff. Impact of extreme events on pollinator assemblages. **Current Opinion in Insect Science**, v. 38, p. 34-39, 2020.
- FREITAS, B. M.; BOMFIM, I. G. A. **A necessidade de uma convivência harmônica da agricultura com os polinizadores**. In: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). **Importância dos polinizadores na produção de alimentos e na segurança alimentar global**. DF, 2017.
- GAGLIANONE, M. C. *et al.* Polinizadores e os serviços ambientais: Uma abordagem extensionista voltada à conservação. **Revista extensionista UEFN**, v. 2, n.1, 2015.
- GIANNINI, T. C., *et al.* The dependence of crops for pollinators and the economic value of pollination in Brazil. **Journal of economic entomology**, v. 108, n. 3, p. 1-9, 2015.
- GUIMARÃES, Mauro. **Dimensão ambiental na educação (a)**. Papirus Editora, 2020.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Perfil dos municípios: população estimada**. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/sao-simao/panorama>. Acesso em: 02 de maio de 2021.
- JACOBI, P. **Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade**. Caderno de pesquisa, n. 118, 2003.
- KEVAN, Peter G.; VIANA, Blandina F. The global decline of pollination services. **Biodiversity**, v. 4, n. 4, p. 3-8, 2003.

KLEIN, A. L., *et al.* Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Science**. v. 274, p. 303-313, 2007.

LANDER, Tonya. Network modelling, citizen science and targeted interventions to predict, monitor and reverse bee decline. **Plants, People, Planet**, v. 2, n. 2, p. 111-120, 2020.

LEITE, R. V. V. *et al.* **O despertar para as abelhas: educação ambiental e contexto escolar**. In: Congresso Nacional de Educação, 2016, Natal. Anais. Curitiba: CONEDU, 2016.

MALAGODI-BRAGA, Kátia Sampaio. A polinização como fator de produção na cultura do morango. **Embrapa Meio Ambiente-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2018.

MICHENER, C. D. **The Bees of the World**. Baltimore, Johns Hopkins University Press. 953p. 2007

MINUSSI, L.C.; ALVES-DOS-SANTOS, I. Abelhas nativas versus *Apis mellifera* Linnaeus, espécie exótica (Hymenoptera: Apidae). v.23, Uberlândia: **Jornal Biosci**, nov. 2007.

OLIVEIRA, E. O.; MARUYAMA, P. K. **Sistemas reprodutivos**. In: RECH, A. R. *et al.* (Org). *Biologia da polinização*. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, 2014.

OLIVEIRA, T. *et al.* **Compreendendo a linguagem científica na formação de professores de ciências**. Educar. Curitiba: Editora UFPR, 2009.

OLIVEIRA, F. F. *et al.* **Guia ilustrado das abelhas “sem-ferrão” das Reservas Amanã e Mamirauá, Brasil** (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). Tefé: IDSM, 2013.

PERUCHI, R. M. G.; GONÇALVES, L. S. **Sem abelha sem alimento: caderno de atividades para educação ambiental**. Rio de Janeiro: Funbio, 2015.

PINHEIRO, M. *et al.* **Polinização por abelhas**. In: RECH, A. R. *et al.* (Org). *Biologia da polinização*. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, 2014. P.205-233, 2014.

POTTS, Simon G. *et al.* Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. **Trends in ecology & evolution**, v. 25, n. 6, p. 345-353, 2010.

SANTOS, I. A.; AIZEN, M.; SILVA, C. I. **Conservação dos polinizadores**. In: RECH, A. R. *et al.* (Org). *Biologia da polinização*. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, 2014.

SANTOS, C. F.; SILVA, A. J. A importância da educação ambiental no ensino infantil com a utilização de recursos tecnológicos. **Revista Gestão e sustentabilidade ambiental**, v. 5, n.1, 2016.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, M. P. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de toulmin. Bauru: **Ciênc. educ.**, v. 17, n. 1, 2011.

SAZAN, M. S. *et al.* **Manejo dos polinizadores da aceroleira**, Ribeirão Preto, SP: Holos, 2014.

SILVA, C.I. *et al.* **Guia ilustrado de abelhas polinizadoras no Brasil**. 1 ed. São Paulo, 2014.

SILVA, A.F.; FERREIRA, J. H.; VIERA, C. A. O ensino de Ciências no ensino fundamental e médio: reflexões e perspectivas sobre a educação transformadora. Santarém: **Revista Exitus**, v. 7, n. 2, p. 283-304, 2017.

SILVEIRA, F. A.; MELO, G.A.R.; ALMEIDA, E.A.B. **Abelhas brasileiras: sistemática e identificação**. Belo Horizonte: Fernando A. Silveira, 2002.

SIQUEIRA, K. M. *et al.* Estudo comparativo da polinização em variedade de aceroleira (*Malpighia emarginata* DC, Malpighiaceae). Mossoró: **Revista Caatinga**, v. 24, n.2, p. 18-25, 2011.

WITTER, S. *et al.* **As abelhas e a agricultura**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2014.

YAMAMOTO, M.; MATOS, P. C. **Checklist de abelhas (Hymenoptera, Apidae) do Estado de Goiás**. In: OLIVEIRA- JUNIOR, J. M. B.; CALVÃO, L. B. (Org.). *A Interface do conhecimento sobre Abelhas 2*. 1ed., Atena Editora, Ponta Grossa, v. 2, p. 34-50, 2020.

ZATTARA, E.E.; AIZEN, M.A. Worldwide occurrence records reflect a global decline in bee species richness. **BioRxiv**. doi: <https://doi.org/10.1101/869784> 2020.

CARACTERIZAÇÃO DAS ESTRUTURAS OCULARES DAS AVES

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 05/04/2021

Elton Hugo Lima da Silva Souza

Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Departamento de Medicina Veterinária
Recife-PE
<http://lattes.cnpq.br/8726534357679895>

Ismaela Maria Ferreira de Melo

Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Departamento de Morfologia e Fisiologia
Animal
Recife-PE
Orcid: 0000-0002-4150-1923

Fabrcio Bezerra de Sá

Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Departamento de Anatomia
Recife-PE
<http://lattes.cnpq.br/5063398024530288>

Bruno Daby Figuerêdo de Souza

Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Departamento de Medicina Veterinária
Recife-PE
<http://lattes.cnpq.br/1713106372513699>

Stéphanie Ingrand Vieira de Araújo

Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Departamento de Morfologia e Fisiologia
Animal
Recife-PE
<http://lattes.cnpq.br/0796017158931810>

RESUMO: O estudo do sistema visual das aves é de extrema importância. Este grupo de animais tem uma série de adaptações e particularidades que dão acuidade visual superior à de outros vertebrados. Assim, este trabalho teve por objetivo fazer uma revisão de literatura sobre as particularidades do sistema visual dessa espécie, para isso, foi feita uma revisão de literatura realizada entre os meses de janeiro e março de 2021, no qual foram coletados dados a partir de estudos acadêmicos já existentes, artigos em jornais de grande circulação e boletins de empresas e agências públicas. Os artigos científicos foram selecionados através do banco de dados do Scielo, Google acadêmico, Science direct e Pubmed. Assim concluímos que o conhecimento sobre a visão das aves é de extrema relevância, visto sua necessidade para a alimentação, voo e proteção. Além do mais, mediante o grande número e variedades desses animais, as constantes pesquisas se tornam imprescindíveis, ajudando assim na sua preservação.

PALAVRAS - CHAVE: Aves; Preservação; Silvestre; Visão.

CHARACTERIZATION OF BIRD EYE STRUCTURES

ABSTRACT: The study of the visual system of birds is extremely important. This group of animals has a series of adaptations and peculiarities that give visual acuity superior to that of other vertebrates. Thus, this study aimed to make a literature review on the particularities of the visual system of this species, for this, a literature review was carried out between the months of January

and March 2021, in which data were collected from studies existing academics, articles in major newspapers and newsletters from companies and public agencies. Scientific articles were selected through the database of Scielo, Google Scholar, Science direct and Pubmed. Thus, we conclude that the knowledge about the birds' view is extremely relevant, given its need for food, flight and protection. Furthermore, due to the large number and varieties of these animals, constant research becomes essential, thus helping in their preservation.

KEYWORDS: Birds; Preservation; Wild; Eyesight.

1 | MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa constitui-se de uma revisão de literatura realizada entre os meses de janeiro e março de 2021, no qual foram coletados dados a partir de estudos acadêmicos já existentes, artigos em jornais de grande circulação e boletins de empresas e agências públicas. Os artigos científicos foram selecionados através do banco de dados do Scielo, Google acadêmico, Science direct e Pubmed. A busca nos bancos de dados foi realizada utilizando as terminologias utilizadas pelos descritores em ciências da saúde em português e inglês.

2 | INTRODUÇÃO

A oftalmologia é um ramo da medicina veterinária que vem crescendo significativamente e cada vez mais necessita de literatura especializada. Para tanto se faz indispensável constantes pesquisas, tanto em animais domésticos quanto em animais silvestres.

O sistema visual das aves, que é o mais importante, é essencial para um voo seguro, uma boa alimentação e proteção. Este grupo de animais tem uma série de adaptações que dão acuidade visual superior à de outros vertebrados (GÜNTÜRKÜN, 1998). Assim, este trabalho teve por objetivo para uma revisão de literatura sobre as particularidades do sistema visual dessa espécie, para isso, foi feita uma revisão de literatura realizada entre os meses de janeiro e março de 2021, no qual foram coletados dados a partir de estudos acadêmicos já existentes, artigos em jornais de grande circulação e boletins de empresas e agências públicas. Os artigos científicos foram selecionados através do banco de dados do Scielo, Google acadêmico, Science direct e Pubmed. A busca nos bancos de dados foi realizada utilizando as terminologias utilizadas pelos descritores em ciências da saúde em português e inglês.

3 | ASPECTOS MACROSCÓPICOS E MICROSCÓPICOS DO BULBO OCULAR DAS AVES

Uma característica singular é o tamanho do globo ocular das aves, o mesmo ocupa quase toda a órbita, permitindo apenas um limitado movimento rotacional, praticamente

sem espaço para os músculos, chegando a ser maior que o cérebro quando somados. Nas aves, assim como em outras classes, a posição dos olhos na órbita tem relação direta com o hábito alimentar, aves com características de predador possuem olhos voltados para frente, aumentando a visão binocular, mas reduzindo seu campo visual. Nas aves com outros hábitos alimentares como as graníferas, os olhos são dispostos lateralmente, isso possibilita um maior campo visual, permitindo a visualização de seus predadores por vários ângulos. Uma exceção na variação da localização do globo é o caso dos Socós, cujos olhos se localizam na região inferior da cabeça (COLVILLE; BASSERT, 2011).

Outra particularidade é o formato do bulbo ocular, que tem relação direta com seu hábito de vida (predominantemente diurno ou noturno) e com o tamanho do olho, onde pode ser classificado em três formatos: achatado (plano, arredondado ou oval), alongado (globular ou redondo) e tubular (em forma de sino) (POUGH *et al.*, 2003; COLVILLE; BASSERT, 2011).

As aves com formato de olhos achatados são a grande maioria, elas são predominantes diurnas. Esse formato se caracteriza pelo eixo anteroposterior pequeno. O formato alongado garante uma alta resolução visual, garantindo uma ótima visão a longas distâncias, nele a região intermediária (zona ciliar) tem formato côncavo e estende-se até o seguimento posterior e é encontrado em aves de rapina diurnas. Já na forma tubular, assim como o formato alongado, tem a região intermediária côncava, porém com um comprimento bem maior, similar a um tubo. Este formato maior é predominante em aves de rapina noturnas (MARTIN, 1993; BAYÓN; ALMELA; TALAVERA, 2007). Independente do formato, as estruturas do globo ocular nas aves, assim como nos mamíferos, eles se organizam em três túnicas, dispostas em camadas concêntricas denominadas de túnica fibrosa (camada externa), túnica vascular (camada média) e a túnica nervosa (camada interna) (SLATTER, 2005).

A túnica fibrosa é formada posteriormente pela esclera, normalmente branca, e anteriormente pela córnea, avascular e transparente. A região cortical da córnea, onde faz junção com a esclera é denominada limbo. A região anterior da esclera é reforçada por um anel de ossículos, denominado anel esclerótico (DYCE; SACK; WENSING, 1997; SLATTER, 2005; COLVILLE; BASSERT, 2011). A úvea é camada média ou intermediária, composta por vasos e pigmentos, constituída pela íris e corpo ciliar, na região anterior, e coroide na posterior. Na região anterior também são encontrados músculos ciliares e estriados. A abertura central da íris é denominada pupila.

A camada interna, túnica neural, tem como principal componente a retina, responsável pela fototransdução. Nela se encontra o disco óptico, porção intraocular do nervo óptico, e o pecten, estrutura altamente vascular, que se adere a ela e se projeta em direção à porção anterior do bulbo ocular (DYCE; SACK; WENSING, 1997; SLATTER, 2005; COLVILLE; BASSERT, 2011).

No bulbo ocular, também podemos encontrar outras estruturas além das que

constituem as três túnicas. Uma delas é o cristalino ou lente, que tem forma biconvexa transparente e é mantida em posição graças a um conjunto de ligamentos suspensórios (zonulares), que se distribuem circularmente sobre a cápsula do cristalino e se unem aos corpos ciliares (zônula ciliar), onde se inserem na camada média. Outras são o humor aquoso e o humor vítreo, que preenchem as câmaras oculares. Estas estruturas têm a função constante de proteção, nutrição, acomodamento e percepção da luz (JUNQUEIRA E CARNEIRO 2004; SLATTER, 2005).

4 | A CÓRNEA E ESCLERA

A córnea das aves é avascular e transparente, com funções que vão além de sustentação do conteúdo intraocular, refração da luz, diretamente ligada com a sua curvatura. Nos olhos das aves a córnea tem uma área relativamente pequena quando comparada com a do resto do globo ocular e isso fica mais evidente nos formato tubular, onde sua curvatura é ainda maior (REESE *et al.*, 2009). Na sua estrutura apresentam cinco camadas: o epitelial (*epithelium corneae externum*), a camada de Bowman (*lamina limitans superficialis*), o estroma (*substancia propria corneae*), a camada de Descemet (*lamina limitans profunda*) e camada endotelial (*epithelium corneae internum*) (CANDIOTO, 2011; WILLIAMS, 2012). O epitélio é composto por uma única camada de células basais, junto com duas ou três fileiras de células poliédricas e uma camada de células escamosas não queratinizadas com cerca de três a quatro células de espessura (CANDIOTO, 2011; WILLIAMS, 2012).

A camada de Bowman consistir em uma lâmina basal extremamente fina, acelular e superficial. Sua composição é de uma fina camada de estroma condensado, que não é encontrada em muitas espécies exceto nas aves, humanos e primatas. Nas aves, diferente das demais espécies, tem maior espessura e uma função estrutural prioritária na estabilidade da córnea (STEPP, 2006; REESE *et al.*, 2009). O estroma é a camada mais espessa da córnea, aproximadamente 90% da espessura total, sua formação predominante de tecido fibroso, constituído de sulfato de condroitina. Esse tecido é especializado na produção e organização da matriz extracelular, que se organiza em depósitos estratificados, o que facilita a sua separação em planos (PAJOOHESH-GANJI; STEPP, 2005; REESE *et al.*, 2009). A membrana limitante posterior ou membrana de Descemet é composta por fibrilas colágenas organizadas em uma rede tridimensional fina, o que confere elasticidade a córnea. Ela se divide em duas camadas, anterior (próximo ao estroma) e posterior (próxima ao endotélio) (REESE *et al.*, 2009). O endotélio é formado por células achatadas atreladas por junções apertadas, com a função de drenar o excesso de água da córnea, mantendo sua transparência, pelo estado de deturgescência. Qualquer falha na drenagem faz com que acumule água e torne o estroma opaco (PAJOOHESH-GANJI; STEPP, 2005; PIGATTO *et al.*, 2005). O epitélio também participa do estado de deturgescência,

como barreira hidrofóbica. Além da participação na desidratação ele contribui para a nutrição da córnea, que ocorre pela difusão do fluido do filme lacrimal pré-corneal e do humor aquoso da câmara anterior (realizado pelo endotélio), já que a córnea não possui vasos sanguíneos (PAJOOHESH-GANJI; STEPP, 2005; REESE *et al.*, 2009). Além da participação na manutenção da transparência, a córnea também participa do mecanismo de acomodação, pela função dos músculos de Crampton, que achatam a córnea periférica e projetam o centro anteriormente, tornando-o mais convexo (BRANCO, 2007; GELATT, 2012; WILLIAMS, 2012). Com um papel estrutural similar ao da córnea, a esclera é bem mais resistente, evitando a modificação do formato do globo pelas forças de pressão, tanto interna como externa (HILDEBRAND; GOSLOW, 2006; FRANZ-ODENDAAL, 2008). A esclera das aves é formada por cartilagem hialina revestida com tecido conjuntivo denso. Na região intermediária, dispostos em toda a circunferência do olho, é encontrado o anel esclerótico que pode variar em forma e quantidade de placas, dependendo da espécie. (BAYÓN; ALMELA; TALAVERA; 2007; SEKO *et al.*, 2008). Eles podem ser quadrados ou retangulares, como nos Falconiformes, podem ter bordas tortuosas, como nos Piciformes e ainda ser trapezoidais, como nos Psitaciformes e Columbiformes, ser encontrados de 2- 32 placas dependendo da espécie (ROMER, 1956; LIMA *et al.*, 2009). As principais funções do anel esclerótico são a proteção e sustentação o globo ocular principalmente nos momentos de voo ou mergulho e o auxílio na acomodação visual, mais especificamente nos músculos ciliares na porção anterior da córnea (ROMER, 1956; REESE *et al.*, 2009).

5 | ALENTE

A lente ou cristalino nas aves é transparente e similar a dos mamíferos, porém pode variar de forma dependendo da espécie e do hábito de vida. Nas aves noturnas são esféricos e nas diurnas são achatados na parte anterior. Possuem um poder bem maior de acomodação, diferente dos mamíferos, pois existe uma estrutura no seu córtex chamada almofada anelar que também são formadas pelas fibras lenticulares, porém com uma organização diferente, em formato radial, ao invés da forma concêntrica do resto do cristalino (BAYÓN; ALMELA; TALAVERA, 2007; GELATT, 2012). Nas aves de rapina diurnas essa almofada é muito grande quando comparada a outras aves (GELATT, 2012). 26 Nessa almofada se inserem os músculos responsáveis pela sua compressão, o de Cramptons, que além disso, modifica o formato da córnea e o de Brucke, que exerce tração sobre o corpo ciliar, movimentando-o anteriormente. Outra estrutura que facilita a acomodação é a câmara hidrostática (*vesicula lentis*), que se localiza entre o núcleo e a almofada do cristalino, que sofre compressão pelo músculo circunferencial da íris, na sua região central, aumentando seu comprimento axial (EVANS; MARTIN, 1993; BRANCO, 2007; GELATT, 2012; WILLIAMS, 2012).

6 | A ÍRIS

A íris tem a função de controlar a entrada de luz que chega na retina, isso ocorre pelo mecanismo similar a de um diafragma, que fecha (miose) e abre (midríase) dependendo da quantidade de luz no ambiente. Ela tem origem na região anterior do corpo ciliar, são formadas por vasos, nervos, colágeno, fibroblastos, células epiteliais e músculos estriados e não estriados. A presença de musculatura estriada permite a contração voluntária. Essa contração voluntária da pupila impede à avaliação dos reflexos pupilares a luz (direto e consensual) e em algumas vezes ocorre anisocoria, não sendo isto um sinal de enfermidade (WILLIS; WILKIE, 1999; BAYÓN, 2007; GELATT, 2012). Isso também anula o uso de midriáticos tópicos (como tropicamida e atropina) e obriga o uso de bloqueadores neuromusculares, como brometo de pancurônio (BARSOTT *et al.*, 2012). A cor da íris se dá pela presença de compostos carotenoides (purinas e pirimidinas), em algumas espécies existem iridiócitos (células refrativas), que é similar a um tapete lúcido, também em algumas espécies a coloração muda em relação ao sexo e a idade (BAYÓN; ALMELA; TALAVERA, 2007; BRANCO *et al.*, 2007; RODARTE-ALMEIDA *et al.*, 2013).

7 | O PÉCTEN

O pécten é mais uma estrutura intraocular das aves que faz divergir das outras classes. Ele é altamente vascularizado, pigmentado, tem origem na coroide e projeta-se do disco óptico em direção ao corpo vítreo (WILLIS; WILKIE, 1999; KIAMA *et al.*, 2006; BAYÓN; ALMELA; TALAVERA, 2007; RUGGERI *et al.*, 2010; CANDIOTO, 2011; GELATT, 2012; RODARTE-ALMEIDA *et al.*, 2013). Ele pode ter três formatos (Cônico, asa ou palhetas e em dobra ou pregueada) e é constituído por pregas, mais abundante em aves diurnas, unidas por tecido conjuntivo contendo grandes vasos cercados por capilares e melanócitos (KIAMA *et al.*, 2006; CANDIOTO, 2011; RODARTE-ALMEIDA, *et al.*, 2013; FERREIRA, 2015). As funções do pécten são as mais variadas, vão desde a nutrição da retina, redução do brilho, regulação da pressão e regulação do pH intraocular, entre outras (WILLIS; WILKIE, 1999; BAYÓN; ALMELA; TALAVERA, 2007; CANDIOTO, 2011; GELATT, 2012; FERREIRA, 2015).

8 | A RETINA

A retina é considerada como a região mais importante do olho, sendo uma camada neural localizada no fundo do globo ocular, tem uma organização de células laminares e em camadas. Essas células são responsáveis pela captação e transmissão das informações luminosas (imagem) através do sistema óptico, pela conversão de luz visível em impulsos elétricos na atividade neural. Tornando assim a córnea, o cristalino, a úvea e a esclera estruturas auxiliares (ARDEN, 2006; WILCOCK, 2007; GELATT, 2012).

Anatomicamente a retina vai da íris até o disco óptico e nas aves ela é avascular (anangiótica), podendo ser dividida em duas porções: visual (óptica ou neuroretina), que é sensível a luz; e a cega, que não é sensível à luz. Ademais, histologicamente a retina visual é subdividida em não sensorial (formada pelo epitélio pigmentar da retina) e pela retina sensorial, onde estão localizados os fotorreceptores e outros neurônios, que nas aves são mais abundantes que nos mamíferos (BAYÓN; ALMELA; TALAVERA, 2007; WILCOCK, 2007; SLATTER, 2008; GELATT, 2012). O epitélio pigmentar da retina forma a camada mais externa da retina, ela é uma única camada epitelial de células poligonais, não sensoriais. Ela forma uma parte da barreira hematoencefálica, protegendo a retina da circulação coroide. A sua pigmentação é na porção não tapetal do fundo ocular, conferindo uma cor castanha homogênea. O mesmo é responsável pela homeostase retiniana, já que nele ocorre a regeneração e síntese do fotopigmento (WILCOCK, 2007; SLATTER, 2008). Dentre outras funções, o epitélio pigmentar faz: a fagocitose das pontas envelhecidas dos segmentos externos dos fotorreceptores, que por sua intensa absorção de luz e fototransdução se desgastam; o transporte ativo de substâncias dos capilares da coroide para o interior dos fotorreceptores fazendo assim a sua nutrição; a absorção pelos grânulos de melanina dos fótons que passaram através ou entre os fotorreceptores, evitando danos na retina; adesão da retina à coroide subjacente; manutenção do meio extracelular; auxiliam no metabolismo dos derivados da Vitamina A e são responsáveis pela reciclagem do trans retinal para nova síntese de pigmento visual (LAMB; PUGH JR, 2006; JOSELEVITCH, 2008; EKESTEN, 2009).

A camada de fotorreceptores se classifica em dois tipos: cones e bastonetes. Os mesmos são responsáveis pela fotorrecepção, o processo de detecção de fótons, e pela conversão em um sinal eletroquímico. Nessa camada também se encontra os processos citoplasmáticos das células de Müller (SLATTER, 2008). A membrana limitante externa é uma barreira formada pelas membranas celulares dos cones, bastonetes e células de Müller (SLATTER, 2008; EKESTEN, 2009). A camada nuclear externa: É formada pelos corpos celulares dos cones e bastonetes, fibras de conexão entre os fotorreceptores, axônios dos fotorreceptores e processos das células de Müller (PEÑA, 2009). A camada plexiforme externa é formada pelas terminações axônicas dos fotorreceptores que são envolvidas pelo citoplasma das células de Müller e por células horizontais, que realizam sinapses laterais entre fotorreceptores e células bipolares, modulando a sua atividade (SLATTER, 2008; JORGE, 2009; PEÑA, 2009). A camada nuclear interna é constituída por núcleos de quatro tipos de células; bipolares, horizontais, amácrinas e Müller (PEÑA, 2009; SLATTER, 2008). As células bipolares fazem sinapse com os fotorreceptores na camada plexiforme externa e transmitem sinais dos fotorreceptores ou das células horizontais para as células ganglionares (SLATTER, 2008; EKESTEN, 2007; PEÑA, 2009). As células amácrinas estão em sinapse com as células bipolares e ganglionares e não apresentam axônios evidentes. Existem tipos diferentes de células amácrinas que se distinguem de acordo com o grau

de estratificação das suas dendrites. Elas são responsáveis pela integração horizontal de estímulos e inibição lateral das células ganglionares; ajustando-as com células bipolares (EKESTEN, 2009; PEÑA, 2009). As células de Müller são astrócitos, células da Glia, com uma função de manutenção da integridade estrutural da retina, semelhante as células da neuroglia. Os seus núcleos estão na camada nuclear interna, mas o seu citoplasma atravessa toda a retina. Os seus prolongamentos citoplasmáticos envolvem os axónios das células ganglionares e os vasos sanguíneos, junto com astrócitos, que se diferenciam na cobertura dos vasos por pés vasculares.

Porém em situações de agressão traumática e lesão da retina, as células de Müller são ativadas para formar tecido de cicatrização glial (EKESTEN, 2007; PEÑA, 2009; LEWIS, 2010). A camada plexiforme interna é composta pelos axónios das células bipolares e amácrinas. Porém na camada plexiforme ocorre as sinapses no sentido vertical entre as células bipolares e ganglionares (SLATTER, 2008; PEÑA, 2009). A camada de células ganglionares está formada pelos corpos celulares das células ganglionares e os dendritos das amácrinas (SLATTER, 2008). As fibras do nervo óptico (axónios das células ganglionares) formam um conjunto de fibras nervosas ópticas, que atravessam paralelamente a superfície da retina até o disco óptico e saem do globo ocular onde são mielinizadas para formar o nervo óptico ou segundo par craniano (SLATTER, 2008). A membrana limitante interna é uma membrana basal, vascularizada, responsáveis pela nutrição (exceto da camada nuclear externa,) onde se ligam as extremidades das células de Müller, formando a camada mais interna da retina, em contato direto com o humor vítreo (WILCOCK, 2007; SLATTER, 2008). Nas retinas das aves existe uma região responsável por uma maior resolução visual, denominadas fóvea. A fóvea tem uma densidade maior de cones e não apresentam as camadas sobre os fotorreceptores.

A retina pode ser classificada quanto à quantidade de fóveas em: afoveatas, que não possuem fóvea, mas possuem uma área central ou linha visual; monofoveatas, que possuem uma fóvea central ou temporal com ou sem linha visual ao redor da fóvea; bifoveatas, que possuem duas fóveas, uma central principal, mais profunda e outra temporal mais superficial com ou sem linha visual. Os rapinantes são exemplos desse último tipo (BAYÓN; ALMELA; TALAVERA, 2007; REESE *et al.*, 2009; RUGGERI *et al.*, 2010; GELATT, 2012; RODARTE-ALMEIDA, 2013). Na retina, por baixo do pécten é possível encontrar o disco óptico, que diferentemente dos mamíferos é longo, oval e dele é que saem os axónios mielinizados que formam o nervo óptico (SLATTER, 2005; GELATT, 2012; WILLIAMS, 2012).

9 | PERCEPÇÃO DE LUZ E MOVIMENTO NAS AVES

Os quatro tipos de cones em um pássaro ampliam o alcance da visão de cores até o ultravioleta. A maioria das aves são tetracromáticas, ou seja, possuindo cones sensíveis a luz ultravioleta (UV), bem como aqueles para o vermelho, verde e azul, mas algumas aves

têm um pigmento adicional, sendo, pentacromáticas (WILKIE, *et al.*, 1998). Cada cone de um pássaro ou réptil contém uma gota de óleo de cor, estas não existem nos mamíferos. As gotículas que contêm altas concentrações de carotenoides são colocadas de modo que a luz os atravessa antes de atingir os pigmentos visuais. Eles agem como filtros, remoção de alguns comprimentos de onda e estreitando o espectro de absorção dos pigmentos. Isto reduz a resposta por sobreposição entre pigmentos e aumenta o número de cores que um pássaro pode discernir (GOLDSMITH; COLLINS, 1984). Seis tipos de gotículas de óleo de cones foram indentificadas, cinco delas têm misturas de carotenoides que absorvem comprimentos de onda e intensidades diferentes, o sexto tipo não tem pigmentos. As cores e distribuições de gotículas de óleo da retina variam consideravelmente entre as espécies, sendo mais dependente do nicho ecológico exercido (caçador, pescador, herbívoro). Como exemplos, os caçadores diurnos, aves de rapina têm poucas gotas coloridas, enquanto que o Garajau comum tem um grande número de gotas de vermelho e amarelo na retina dorsal (ANDERSSON, ORNBORG, ANDERSSON, 1998).

Mesmo dentro da faixa de comprimentos de onda que são visíveis aos seres humanos, aves passeriformes podem detectar as diferenças de cor que os seres humanos não detectam. Esta discriminação mais fina junto com a habilidade de ver a luz ultravioleta, significa que muitas espécies mostram dimorfismo sexual que é visível para aves, mas não os seres humanos (ANDERSSON, ORNBORG, ANDERSSON, 1998). Um receptor UV pode dar a um animal uma vantagem na procura de alimentos. A superfície serosa de muitas frutas e bagas refletem a luz ultravioleta que pode anunciar sua presença (GOLDSMITH; COLLINS, 1984). As aves podem perceber movimentos rápidos melhores que os seres humanos, a uma taxa superior a 50 Hz aparecendo como um movimento contínuo (WILLIAMS; FLACH, 2003). Os seres humanos não podem, portanto, distinguir flashes individuais de uma lâmpada fluorescente oscilando em 60 Hz, mas periquitos e galinhas têm limites de oscilação de mais de 100 Hz.

Aves também podem detectar objetos em movimento lento. O movimento do sol e as constelações no céu são imperceptíveis para os seres humanos, mas são detectados pelos pássaros. A capacidade de detectar esses movimentos permite se orientar corretamente na migração (WILLIAMS; FLACH, 2003). Para obter imagens estáveis durante o voo ou quando empoleirados em um galho balançando, os pássaros seguraram a cabeça o mais estável possível e compensam os reflexos. Manter uma imagem estável é especialmente relevante para as aves de rapina (WILLIAMS; FLACH, 2003).

10 | CONCLUSÃO

O conhecimento sobre a visão das aves é de extrema relevância, visto sua necessidade para a sobrevivência dessas espécies. Além do mais, mediante o grande número e variedades desses animais, as constantes pesquisas se tornam imprescindíveis,

ajudando assim na sua preservação.

REFERÊNCIAS

- ANDERSSON, S.; ORNBORG, J.; ANDERSSON, M. "Ultravioleta dimorfismo sexual e acasalamento preferencial no melharucos azuis". **Procedendo da Royal Society B**, p. 445-50, 1998.
- ARDEN, G.B. Origin and Significance of the Electro-Oculogram. In: HECKENLIVELY, J.R; ARDEN, J.B. **Principles and practice of clinical electrophysiology of vision**. St Louis: Mosby, 2006. p. 123-138.
- BAYÓN, A.; ALMELA, R.M.; TALAVERA, J. Avian Ophthalmology. **European Journal of Companion Animal Practice**, v.17, n. 3, p. 253-266, 2007.
- BARSOTTI, G.; ANGELA BRIGANTI, A.; SPRATTE, J. R.; CECCHERELLI, R.; BREGHI, G., Safety and Efficacy of Bilateral Topical Application of Rocuronium Bromide 73 for Mydriasis in European Kestrels (*Falco tinnunculus*). **Journal of Avian Medicine and Surgery**, v.26, n.1, p.1-5, 2012.
- BRANCO, CRAIG R.; DIA, N; BUTLER, PJ; MARTIN, GR; BENNETT, PETER., "Visão e forrageamento em biguás: mais como as garças que falcões?" **PLoS ONE**, v. 2 2007.
- CANDIOTO, C. G, **Histomorfometria do bulbo do olho de peneireiro-de-dorso-malhado (*Falco tinnunculus* -LINNAEUS, 1758)**, Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, São Paulo, 2011.
- COLVILLE, T.; BASSERT, J. M., **Anatomia e fisiologia clínica para medicina veterinária**. Elsevier Brasil, Ed 2, 2011.
- DYCE, K. M.; SACK, W. O.; WENSING, C. J. G. **Tratado de Anatomia Veterinária**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997. p. 663.
- EKESTEN, B. **The Science and the Practice of Clinical Electrorretinography**. Dusseldorf, Berlin, 2009.
- EKESTEN, B. Electrodiagnostic evaluation of vision. In: GELATT, K. N. **Veterinary ophthalmology**. 4 ed. Iwoa: Blackwell Publishing, 2007. p. 527.
- EVANS, H. E; MARTIN, G. R, *Organa sensuum*. In J.J. Baumel (Ed.), **Handbook of avian anatomy: nomina anatomica avium** (2nd Ed.),1993, (pp.585-611).
- FERREIRA, Thiago Alegre Coelho. **Contribuições para a histopatologia, fisiologia e clínica na oftalmologia de aves**. 33f. Dissertação (Mestrado) - Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2015.
- FRANZ-ODENDAAL, T. A. Scleral ossicles of teleostei: evolutionary and developmental trends. **Anatomical Record**, v. 291, n. 2, p.161-168, 2008.
- GELATT, Kirk N. et al. **Veterinary ophthalmology**. John Wiley & Sons, 2012. cap. 33, p.1750-1819.

GOLDSMITH, T. H.; COLLINS, J. S.; LICHT, S. The cone oil droplets of avian retinas, **Vision Research**, v. 24, n. 11, p. 1661-1671, 1984.

GÜNTÜRKÜN, ONUR. “**Estrutura e funções do olho**” em Sturkie (1998) 18/01 Sinclair (1985) p. 88-100

HILDEBRAND, M.; GOSLOW, G. E. **Análise da estrutura dos vertebrados**. São Paulo: Atheneu, 2006, p.358-366.

JORGE, M. L. (2009). Células Mato na Retina: **Caracterização morfológica e funcional de uma nova população de células perivasculares auto fluorescentes em situação fisiológica e de retinopatia**. Tese de Doutorado em Ciências Veterinárias. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, Faculdade de Medicina Veterinária.

JOSELEVITCH, C; KAMERMANS, M. (2008). Parallel retinal pathways: Seeing with our inner fish. *Vision Research*, (in press).

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, José. *Histologia básica*. 10.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

KIAMA, S. G.; MAINA, J. N.; BHATTACHARJEE, J.; MWANGI, D. K.; MACHARIA, R. G.; WEYRAUCH, K. D. The morphology of the pecten oculi of the ostrich, *Struthio camelus*. **Annals of Anatomy**, v. 188, p. 519-528. 2006.

MARTIN, GRAHAM. “**Produzindo a imagem**” em Ziegler & Bischof, 1993, 24/05.

LAMB, T. D.; PUGH JUNIOR, E. N. Phototransduction, dark adaptation, and rhodopsin regeneration. **Investigative Ophthalmology and Visual Science**, v.47, p.5138-52, 2006.

LIMA, F. C.; VIEIRA, L. G.; SANTOS, A. L. Q.; DE SIMONE, S. B. S.; HIRANO, L. Q. L.; SILVA, J. M. M.; ROMÃO, M. F. Anatomy of the scleral ossicles in brazilian birds. **Brazilian Journal Morphology Science**. v. 26, n. 3-4, p. 165-169, 2009.

PAJOOHESH-GANJI, A.; STEPP, M. A. In search of markers for the stem cells of the corneal epithelium. **Biology of the Cell**. v. 97, n.4, p. 265–276, 2005.

PEÑA, T. 1º Encontro do Grupo de Interesse Especial em Oftalmologia da APMVEAC: Curso de Electrorretinografia em Medicina Veterinária, 10 e 11 Janeiro, FMV-UTL, Lisboa, 2009.

PIGATTO, J. A. T.; LAUS, J. L.; SANTOS, J. M.; CERVA, C.; CUNHA, L. S.; RUOPPOLO, V.; BARROS, P. S. M. Corneal endothelium of the magellanic penguin (*Spheniscus magellanicus*) by scanning electron microscopy. **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, v. 36, n. 4, p. 702-705, 2005.

POUGH, F. H.; JANIS, C. M.; HEISER, J. B., **A vida dos vertebrados**. S50 Paulo: Atheneu, 2003.

REESE, S; KORBEL, R.; LIEBICH, H-G. Sehorgan (Organum visus) In: KÖNIG, H.E., KORBEL, R., LIEBICH, H.G. (Ed.) Anatomie der Vögel-Klinische Aspekte und Propädeutik Zier-, **Greif-, Zoo-**, Wildvögel und Wirtschaftsgeflügel. Stuttgart: Schattauer GmbH, 2009, p.229-256.

RODARTE-ALMEIDA, A. C. V.; MACHADO, M.; BALDOTTO, S. B.; SANTOS, L. L.; LIMA, L.; LANGE, R. R.; FROES, T. R.; MONTIANI-FERREIRA, F.; O olho da coruja-orelhuda: observações morfológicas, biométricas e valores de referência para testes de diagnóstico oftálmico, **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 33, n. 10, p. 1275-1289, 2013.

ROMER, A.S. **Osteology of the reptiles**. Chicago: University of Chicago Press, 1956.

RUGGERI, M.; MAJOR JR, J. C.; McKEOWN, C; et al. Retinal structure of birds of prey revealed by ultra-high resolution spectral-domain optical coherence tomography. **Investigative ophthalmology & visual science**, v. 51, n. 11, p. 5789, 2010.

SEKO, Y.; AZUMA, N.; TAKAHASHI, Y.; et al. Human Sclera Maintains Common Characteristics with Cartilage throughout Evolution. **PLoS One**. e3709, v. 3, n. 11, p. 1-7, 2008.

SLATTER, D.; HANSON, S.; DELAHUNTA, A. Neurooftalmologia. In: SLATTER, D. **Fundamentos de Oftalmologia Veterinária**. 3. d. São Paulo: Roca, 2005. p. 493-494.

SLATTER, D., **Fundamentals of veterinary ophthalmology**, 4ed. Saunders Elsevier, 2008, p. 478.

STEPP, M. A. Corneal integrins and their functions. **Experimental Eye Research**, v. 83, n. 1, p. 3-15, 2006.

WILCOCK, B.P. Eye and ear. In: JUBB, K.V.F.; KENNEDY, P.C.; PALMER, N.C. **Pathology of domestic animals**. 5. ed, v. 1. China: Elsevier Saunders, 2007. p. 459-546.

WILKIE, S. E.; VISSERS, P. M.; DAS, D. et. al., The molecular basis for UV vision in birds: spectral characteristics, DNA sequence and location of the UV-sensitive retina of the parakeet's visual pigment (*Melopsittacus undulatus*), **The Biochemical Journal**, v. 330, p. 541-47, 1998.

WILLIS, A. M.; WILKIE, D. A. Avian ophthalmology part 1: anatomy, examination, and diagnostic techniques. **Journal of Avian Medicine and Surgery**, p. 160-166, 1999.

WILLIAMS, D. L.; FLACH, E. Symbléfaro with abnormal protrusion 40 of the nictitating membrane in the owl (*Nyctea scandiaca*). **Veterinary Ophthalmology**, v. 6, n. 1, p. 11-13, 2003.

WILLIAMS, D. L. **Ophthalmology of exotic pets**. John Wiley & Sons, 2012. cap. 9, p. 119-158.

COMUNIDADE DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS E *ECOTOXICOLOGICAL INDEX*: FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL EM UM RESERVATÓRIO URBANO

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 20/04/2021

Evaldo de Lira Azevêdo

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia da Paraíba
Cajazeiras - Paraíba
<https://orcid.org/0000-0002-1975-9805>

Wilza Carla Moreira Silva

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia da Paraíba
Cajazeiras - Paraíba
<http://lattes.cnpq.br/882422940134503>

Ricássio Alves de Sousa

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia da Paraíba
Cajazeiras - Paraíba
<http://lattes.cnpq.br/0812838364007628>

Tágina Isabel Abrantes de Assis

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia da Paraíba
Cajazeiras - Paraíba.
<http://lattes.cnpq.br/5984587286570246>

Antônio Joaquim Batista Neto

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia da Paraíba
Cajazeiras - Paraíba
<http://lattes.cnpq.br/5088570877591121>

Daniele Jovem-Azevêdo

Programa de Pós-Graduação em Ciências
Naturais e Biotecnologia, Universidade Federal
de Campina Grande
Cuité - Paraíba
<https://orcid.org/0000-0002-7925-5887>

RESUMO: Reservatórios urbanos representam elementos de harmonização da paisagem, no entanto, também podem representar fontes de veiculação de doenças, o que torna o monitoramento desses ecossistemas ainda mais necessário. O objetivo do presente estudo foi avaliar a qualidade ambiental de um reservatório urbano (Senador Epitácio Pessoa - Açude Grande, Cajazeiras/PB) por meio da análise dos aspectos estruturais da comunidade de macroinvertebrados bentônicos (composição, abundância, riqueza taxonômica e diversidade) e do cálculo do *Ecotoxicological Index*. As amostragens ocorreram a partir de dez sítios distribuídos na zona litorânea do reservatório, durante o período de menor volume hídrico (novembro de 2018) e maior volume hídrico (abril de 2019). A comunidade macrobentônica foi amostrada utilizando corer (capacidade de 1000 ml de sedimento). Durante o estudo foram identificados um total de 492 organismos distribuídos em 22 *taxa*. Os organismos que mais contribuíram para a abundância da comunidade foram *Melanoides tuberculata* (Mollusca), *Oligochaeta* (Annelida) e *Chironomus* (Chironomidae), organismos considerados tolerantes à degradação ambiental. O *Ecotoxicological Index* para o reservatório foi menor para o primeiro período e maior para o segundo, o que evidencia aumento da degradação ambiental ao longo do gradiente temporal. A análise dos aspectos estruturais da comunidade de invertebrados bentônicos e a aplicação do *Ecotoxicological Index*, confirmam o grau de degradação ambiental a que o reservatório está submetido. Os dados levantados, poderão ser

utilizados para traçar ações de reabilitação do reservatório, além de servirem como base para o acompanhamento contínuo da saúde do ecossistema.

PALAVRAS - CHAVE: Bioindicadores; Saúde ambiental; Recursos hídricos; Semiárido.

BENTHIC MACROINVERTEBRATE COMMUNITY STRUCTURE AND ECOTOXICOLOGICAL INDEX AND: ASSESSMENT TOOLS OF THE ENVIRONMENTAL QUALITY IN AN URBAN RESERVOIR

ABSTRACT: Urban reservoirs represent elements in the landscape harmonization (standardization); however, it also may represents disease spreading sources, which makes the monitoring of these ecosystems even more necessary. The aim of this study was to evaluate the environmental quality of an urban reservoir (Senador Epitácio Pessoa - Açude Grande, Cajazeiras/PB) by the analysis of structural aspects in the community of benthic macroinvertebrates (composition, abundance, taxonomic richness and diversity) and the calculation of the Ecotoxicological Index. The sampling has occurred from ten sites distributed in the littoral zone of the reservoir, during the dry (November, 2018) and the rainy period (April, 2019). The macrobenthic community has sampled using the corer (1000 ml of sediment). During the study were identified 492 individuals distributed in 22 *taxa*. The individuals, which contributed the most to the community abundance, were *Melanooides tuberculata* (Mollusca), *Oligochaeta* (Annelida) and *Chironomus* (Chironomidae), considered as tolerant to environmental degradation. The Ecotoxicological Index for the reservoir was smaller to the first period and larger to the second one what confirms the increase of environmental degradation along the time gradient. The analysis of structural aspects of the benthic invertebrates and the application of Ecotoxicological Index confirms the degree of environmental degradation to which the reservoir is submitted. The surveyed data could be used to delineate some actions of the reservoir rehabilitation, in addition to serving as a basis for the continuous monitoring of ecosystem health.

KEYWORDS: Bioindicators; Environmental health; Water resources; Semi-arid.

1 | INTRODUÇÃO

Os ecossistemas aquáticos representam um dos mais ameaçados do mundo, uma vez que são afetados por diversas atividades antropogênicas, sobretudo os reservatórios localizados em área urbana (MOLOZZI et al., 2011; NÓBREGA et al., 2017). A ocupação desregulada de ao entorno das bacias hidrográficas gera impactos que acabam comprometendo a qualidade ambiental (CALLISTO et al., 2005; MOLOZZI et al., 2013). Muitas das atividades humanas desenvolvidas contribuem para o assoreamento, redução de diversidade dos organismos aquáticos, degradação da qualidade da água e restrição nos serviços ecossistêmicos (BUSCH; LARY, 1996).

A construção de reservatórios no Nordeste do Brasil surgiu como forma de mitigar o problema histórico de escassez hídrica. Um marco na política de combate à seca foi a construção do reservatório Cedro em Quixadá (estado do Ceará, Brasil), no final do período imperial (século XIX) (PEREIRA; CUELLAR, 2015). Outras obras só foram realizadas a

partir da grande seca de 1930-1932, que causou a migração e morte de milhões de pessoas, perdas agrícolas e de rebanhos (NEVES, 2001). A partir de então, outros importantes reservatórios foram construídos, a exemplo: Estreito da Ema, Feiticeiro, Choró, General Sampaio, Jaibara (no estado do Ceará); Riacho dos Cavalos, Pilões, Santa Luzia, São Gonçalo, Condado e Soledade (no estado da Paraíba); Lucrécia, Itans e Inharé (no estado do Rio Grande do Norte) (MARENGO *et al.*, 2017). Com a mesma finalidade, o reservatório Senador Epitácio Pessoa, localizado no município de Cajazeiras □ Paraíba, foi construído. Sua construção foi concluída em 16 de abril de 1916. Até 1964, as águas acumuladas nesse ecossistema foram utilizadas para abastecimento do município (SOUZA, 2015). Com a expansão urbana do município, o reservatório começou a perder sua qualidade ambiental, especialmente pela poluição ocasionada pelo despejo de esgotos domésticos (ARRUDA, 2014). Ainda assim, é um dos principais cartões postais da cidade, representando um ambiente de importância ambiental, ecológica, histórica, social e cultural.

Apesar de muitos ecossistemas aquáticos (p.ex., rios, lagos e reservatórios) terem sido transformados devido ao processo de urbanização, existe uma tendência global de revitalização dos mesmos (GOUVEIA *et al.*, 2019). Para isso, é essencial que esses ecossistemas passem por prévia análise para estabelecimento da qualidade ambiental, a fim de subsidiar informações para proposição de projetos de revitalização.

A avaliação da qualidade ambiental de ecossistemas aquáticos pode ser realizada por meio da análise de variáveis bióticas, abióticas ou mesmo a partir de uma análise conjunta. Tradicionalmente, a avaliação foi realizada mediante análises químicas e físicas da água (GOULART; CALLISTO, 2003). Porém, bioindicadores como fitoplâncton, zooplâncton, macrófitas aquáticas, peixes e macroinvertebrados bentônicos têm sido empregados para o monitoramento mais holístico (AZEVEDO *et al.*, 2016; GONÇALVES *et al.*, 2015; PARMAR *et al.*, 2016; SCHUSTER *et al.*, 2015). O emprego de bioindicadores pode ser através de indivíduos ou comunidades inteiras (GOULART; CALLISTO, 2003).

Entre esses bioindicadores destaca-se a comunidade de macroinvertebrados bentônicos, a qual é formada por um grupo diverso de organismos, como: dípteros, moluscos e anelídeos, que vivem na zona bentônica de ecossistemas aquáticos (PAMPLIN *et al.*, 2006). Essa comunidade tem a capacidade de indicar, por meio de alterações na sua estrutura e distribuição, mudanças ambientais em longo prazo (AZEVEDO *et al.*, 2016; MARTINS *et al.*, 2015), fornecendo uma medida da alteração do ambiente ao longo de um gradiente de temporalidade.

Por meio da utilização de bioindicadores, vários índices de avaliação ambiental têm sido propostos, a exemplo do *Ecotoxicological Index*, proposto por Camargo (1990). Esse índice foi desenvolvido partindo do princípio de que quando ocorre aumento do impacto ambiental, há a substituição ou perda de espécies nas áreas degradadas, uma vez que espécies sensíveis não suportam a degradação, e com isso dão lugar a espécies resistentes, mais tolerantes às condições degradantes. Essa alteração pode ser avaliada

a partir da redução da riqueza de *taxa*. Ao testar o índice, que varia em uma escala de 0 a 100, Camargo (1990), constatou que os maiores valores do índice estiveram relacionados a menores valores de diversidade de organismos nas áreas amostradas de um rio, refletindo pior qualidade ambiental. Também constatou que o impacto ambiental diminuiu com o aumento da distância das fontes de perturbação dos locais de amostragem. Em 2017, Camargo voltou a testar o índice e, em conjunto com outras métricas calculadas para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos, constatou melhorias na qualidade ambiental em trechos recuperados de um rio na Espanha Central. Nesse sentido, o cálculo do *Ecotoxicological Index* em conjunto com métricas bióticas, como composição, abundância e diversidade, pode atuar como uma ferramenta eficiente na determinação da qualidade ambiental de ecossistemas aquáticos.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade ambiental de um reservatório urbano (Senador Eptácio Pessoa, Cajazeiras-PB) por meio da análise dos aspectos estruturais da comunidade de macroinvertebrados bentônicos (composição, abundância, riqueza taxonômica e diversidade) e cálculo do *Ecotoxicological Index*.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo e Desenho amostral

O estudo foi realizado no reservatório urbano Senador Eptácio Pessoa (6°53'16.98"S, 38°34'3.25"O), localizado no município de Cajazeiras, Estado da Paraíba, Nordeste do Brasil (Figura 1). Este reservatório é, em sua maior parte, cercado por residências e influenciado por diversos impactos ambientais associados a expansão urbana, tais como: despejo de esgotos domésticos, assoreamento, descarte de resíduos sólidos, retirada da vegetação ripária nativa e construções.

As amostragens ocorreram em novembro de 2018 (período seco na região) e abril de 2019 (período chuvoso na região). A seleção prévia dos sítios contemplou locais com diferentes níveis de impactos na zona litorânea do reservatório (Figura 1). Todos os sítios foram amostrados em cada um dos períodos hidrológicos.

2.2 Comunidade macroinvertebrados bentônicos

O sedimento contendo macroinvertebrados bentônicos foram coletados com auxílio de um amostrador do tipo corer com 10 cm de diâmetro e capacidade de 1000 ml. Em campo, o material foi transferido para sacos plásticos e conservado em formaldeído a 4%. Em laboratório, as amostras foram lavadas em peneiras de malha de 500µm e armazenadas em álcool a 70%. O procedimento de identificação foi realizado com auxílio de estereoscópio de luz e de bibliografia especializada (MUGNAI *et al.*, 2010; TRIVINHO-STRIXINO, 2014). Os organismos encontrados foram contados e identificados a nível de família, contudo, as larvas da família Chironomidae (Insecta: Diptera) foram identificadas

a nível de gênero.

Para avaliar a diversidade da fauna macrobentônica foi calculado o Índice de Diversidade de Shannon-Wiener (1949). Os valores foram obtidos para cada um dos locais de amostragem utilizando a matriz de abundância da comunidade.

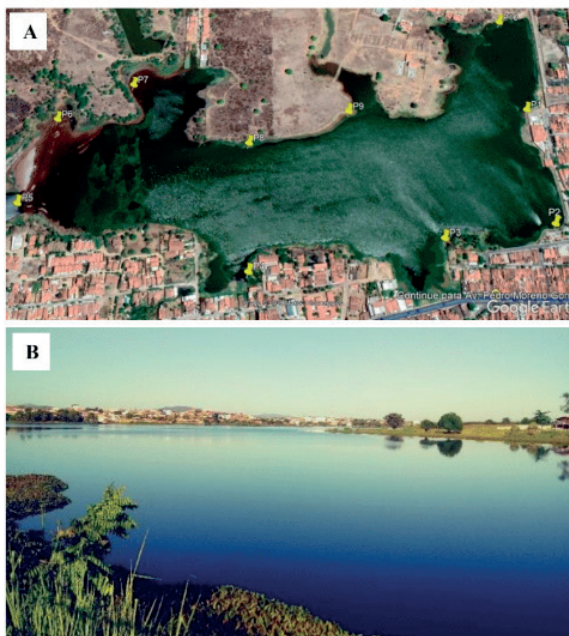


Figura 1—A -Distribuição dos sítios de amostragem no reservatório Senador Epitácio Pessoa (pontos amarelos), município de Cajazeiras –PB, Nordeste do Brasil. B –Vista parcial do reservatório.

Fonte: Figura A (Google maps) e Figura B (própria pesquisa)

2.3 Cálculo do Ecotoxicological Index

Baseado no princípio de aplicação *Ecotoxicological Index*, proposto por Camargo (1990), os sítios de amostragem foram previamente classificados locais em melhor e pior qualidade ambiental. Para isso nós utilizamos a matriz multivariada de composição da comunidade em cada um dos locais e períodos de amostragem. Análise de Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (nMDS) foi empregada, para o conjunto de dados em cada um dos períodos hidrológicos, a fim de avaliar o agrupamento temporal dos sítios com base na similaridade da comunidade. Após a avaliação da formação de grupos, uma análise de significância foi realizada ("Permutational Analysis of Variance"- PERMANOVA; matriz de similaridade de Bray-Curtis e 9999 permutações) para detectar diferenças significativas entre os grupos formados (ANDERSON *et al.*, 2008). A partir da confirmação de existência de diferenças significativas entre os grupos, os sítios com maior riqueza da comunidade foram classificados como sítios de melhor qualidade ambiental e, os sítios com menor

riqueza, como sítios de pior qualidade ambiental.

Após a classificação dos sítios, calculamos o *Ecotoxicological Index*, proposto por Camargo (1990). O referido índice é estimado considerando as diferenças na riqueza taxonômica da comunidade entre os locais de melhor e pior qualidade ambiental. O resultado da aplicação do índice gera valores percentuais entre 0 e 100. Os valores mais próximos de 0 indicam melhor qualidade ambiental, e os valores mais próximos de 100 indicam pior qualidade ambiental.

2.4 Análise de dados

Para avaliar a existência de diferenças significativas na abundância e composição da comunidade em cada período uma série de "Permutational Analysis of Variance Multivariate" (PERMANOVA: matriz de similaridade de Bray-Curtis; 9999 permutações; ANDERSON et al., 2008) foi empregada, sendo considerado dois fatores: períodos de amostragem (seco e chuvoso) e classificação dos sítios (dois níveis: melhor e pior qualidade ambiental). Diferenças significativas também foram investigadas para a riqueza taxonômica e diversidade de Shannon-Wiener, para isso, empregamos outra série de PERMANOVA's ("Univariate PERMANOVA": distância Euclidiana; 9999 permutações), considerando os mesmos fatores selecionados para a abundância e composição da comunidade (ANDERSON et al., 2008). Adicionalmente, avaliamos os taxa que mais contribuíram para a composição da comunidade através da "Similarity Percentage" (SIMPER), com ponto de corte de 95% (CLARKE; WARWICK, 2001). Todas as análises foram realizadas no Programa PRIMER 6 + PERMANOVA (ANDERSON et al., 2008).

3 | RESULTADOS

3.1 Classificação dos locais de amostragem e Cálculo do Ecotoxicological Index

Durante o período de estudo foram identificados 492 organismos pertencentes a 21 taxa. Dos taxa identificados, 16 foram registrados durante o período seco e 13 durante o período chuvoso. *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774), Pomaceae, Physidae, Planorbidae, Oligochaeta, Dytiscidae, *Aedokritus*, *Polypedilum* e *Larsia* ocorram em ambos os períodos de amostragem (Tabela 1). Análises de PERMANOVA's confirmam que a composição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos difere entre os dois períodos de estudo (seco e chuvoso) (PERMANOVA: Pseudo- $F_{1,19} = 3,81$; $p = 0,0001$).

A nMDS mostrou, com base na composição da comunidade, a formação de dois grupos entre os locais de amostragem para cada um dos períodos (Figura 2). A existência de diferenças significativas entre os locais de amostragens formados foi comprovada pela análise de significância, tanto para o período seco (PERMANOVA: Pseudo- $F_{1,9} = 1,73$; $p = 0,05$), como para o período chuvoso (PERMANOVA: Pseudo- $F_{1,9} = 3,93$; $p = 0,008$).

E essas diferenças na composição da comunidade refletiram na variação numérica da riqueza taxonômica entre os grupos formados. Nesse sentido, os locais com maior riqueza taxonômica (12 taxa no período seco e 9 no período chuvoso) foram classificados como de melhor qualidade ambiental e aqueles com menor riqueza taxonômica (10 taxa no período seco e 7 no período chuvoso) foram classificados como de pior qualidade ambiental (Tabela 1; Figura 2).

O valor do *Ecotoxicological Index* (calculado a partir das diferenças na riqueza taxonômica da comunidade entre os locais de melhor e pior qualidade ambiental) obtido durante o período seco para o reservatório estudado foi de 40,6. Durante o período chuvoso, o valor do índice sofreu elevação tendo atingido o total de 69,23.

	PERÍODO SECO		PERÍODO CHUVOSO	
	Melhor qualidade	Pior qualidade	Melhor qualidade	Pior qualidade
Mollusca				
<i>Melanoides tuberculata</i> (Müller, 1774)	68	62	6	5
Pomacea	3	*	*	1
Physidae	2	*	*	1
Planorbidae	5	2	13	5
Hydrobiidae	*	*	1	*
Annelida				
Oligochaeta	39	37	2	*
Hirudinea	7	13	*	*
Insecta/Coleoptera				
Dytiscidae	*	1	*	2
Noteridae	*	2	*	*
Gyrinidae	1	*	*	*
Insecta/Chironomidae				
<i>Aedokritus</i> (Roback, 1958)	*	1	1	*
<i>Chironomus</i> (Meigan, 1803)	*	*	170	*
<i>Cladopelma</i> (Kieffer, 1921)	2	*	*	*
<i>Dicrotendipes</i> (Kieffer, 1913)	*	*	2	*
<i>Polypedilum</i> (Kieffer, 1912)	5	1	3	*
<i>Tanytarsus</i> (Van der Wulp, 1874)	2	*	*	*
<i>Larsia</i> (Fittkau, 1962)	1	*	*	1
Insecta/Diptera				
Tipulidae	10	2	*	*

Scirtidae	*	2	*	*
Ceratopogonidae	*	*	6	*
Insecta/Odonata				
Libellulidae	*	*	*	6
RIQUEZA TAXONÔMICA	12	10	9	7
DIVERSIDADE	1,76 (\pm 0,38)	0,85 (\pm 0,64)	0,63 (\pm 0,47)	0,84 (\pm 0,50)

Tabela 1 - Abundância, riqueza taxonômica e diversidade média da comunidade de macroinvertebrados bentônicos entre os sítios com melhor qualidade e pior qualidade no reservatório Senador Epitácio Pessoa (Açude Grande), Cajazeiras-PB/ Nordeste do Brasil durante o período seco e chuvoso (2018 e 2019).

Fonte: Própria pesquisa.

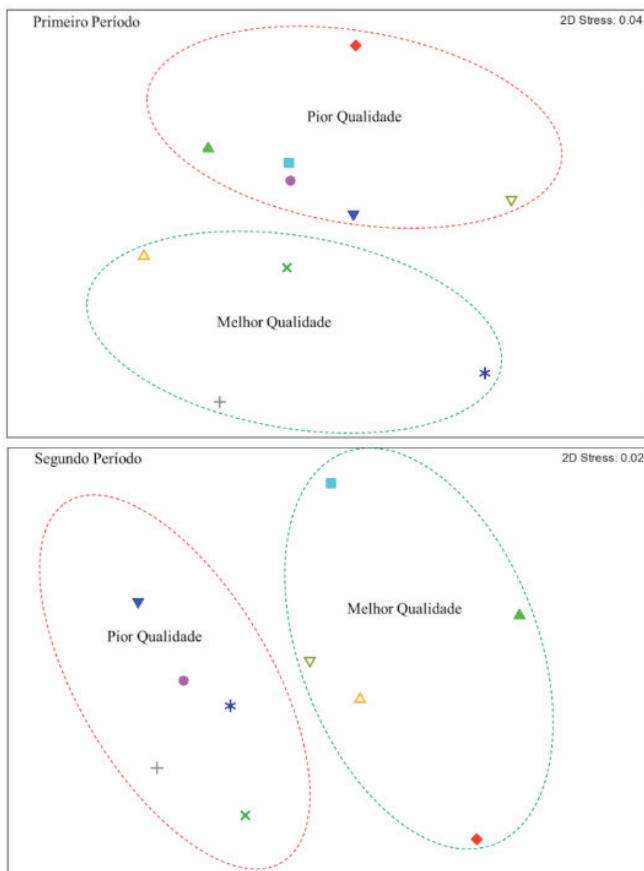


Figura 2: Ordenação dos sítios de amostragem baseado na composição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos no reservatório Senador Epitácio Pessoa (Açude Grande), Cajazeiras-PB/ Nordeste do Brasil durante o período seco e chuvoso (2018 e 2019). Melhor qualidade = sítios com maior riqueza taxonômica (sítios agrupados na elipse azul) e pior qualidade = sítios com menor riqueza taxonômica (sítios agrupados na elipse vermelha).

Fonte: Própria pesquisa.

3.2 Comunidade de macroinvertebrados bentônicos entre os grupos ambientais e períodos de amostragem

Em relação a abundância da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, não registramos diferenças significativas entre os sítios classificados com melhor e pior qualidade ambiental durante o período seco (PERMANOVA: Pseudo- $F_{1,9} = 0,96$; $p = 0,43$). Essa semelhança na abundância pode ser confirmada pela dominância do gastrópode *M. tuberculata* (melhor qualidade = 68 indivíduos, 65,91% de contribuição; pior qualidade = 62 indivíduos; 46,7% de contribuição) e de Oligochaeta (melhor qualidade = 39 indivíduos, 34,09% de contribuição; pior qualidade = 37 indivíduos, 43,5% de contribuição) na comunidade durante o período seco em ambos os grupos (Tabela 1; Figura 3). No entanto, durante o período chuvoso a representatividade dos organismos na comunidade foi alterada, sendo o gênero *Chironomus* o organismo mais representativo (170 organismos, 90,9% de contribuição) para o grupo de melhor qualidade ambiental e a família Libellulidae (6 organismos, 28,5% de contribuição) mais representativa para a abundância da comunidade no grupo de pior qualidade (Tabela 1; Figura 3). Essas diferenças entre os taxa das comunidades nos sítios de melhor e pior qualidade ambiental durante o período chuvoso foram confirmadas através da PERMANOVA (PERMANOVA: Pseudo- $F_{1,19} = 5,51$; $p = 0,007$).



Figura 3: Taxa mais abundantes para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos no reservatório Senador Epitácio Pessoa (Açude Grande), Cajazeiras-PB/ Nordeste do Brasil durante o período seco e chuvoso (2018 e 2019), onde: A = *Melanoides tuberculata*; B = Oligochaeta; C = Chironomidae.

Fonte: Própria pesquisa

Analisando a diversidade da comunidade de macroinvertebrados, observamos que essa métrica não difere entre os períodos hidrológicos amostrados (PERMANOVA: Pseudo- $F_{1,19} = 3,16$; $p = 0,08$). No entanto, quando consideramos a diversidade da comunidade entre os sítios classificados (melhor e pior qualidade ambiental), diferenças significativas são observadas entre os grupos no período seco (PERMANOVA: Pseudo- $F_{1,9} = 6,31$; $p = 0,04$). Nesse mesmo período, maior diversidade foi encontrada nos sítios de melhor qualidade ($1,76 \pm 0,38$), em comparação aos sítios de pior qualidade ambiental ($0,85 \pm 0,64$) (Tabela 1). Já para período chuvoso, constatamos redução na diversidade

da comunidade nos sítios de melhor qualidade ($0,63\pm 0,47$), enquanto nos sítios de pior qualidade a diversidade se manteve no mesmo nível que no período anterior ($0,84\pm 0,50$). Apesar das diferenças numéricas, não ocorreu diferença significativa da diversidade para os dois grupos de qualidade ambiental (melhor e pior qualidade) durante o período chuvoso (PERMANOVA: Pseudo- $F_{1,9} = 0,49$; $p = 0,46$) (Tabela 1).

4 | DISCUSSÃO

Durante todo o período de estudo constatamos elevadas abundâncias de *M. tuberculata*, *Oligochaeta* e *Chironomus*, taxa considerados tolerantes e frequentemente indicam elevado grau de degradação ambiental (AZÊVEDO *et al.*, 2017; GOULART; CALLISTO, 2003). Esses resultados podem indicar que o reservatório estudado já está submetido a certo nível de impacto, dada a preferência desses organismos por habitats com essa condição. Através da análise da dinâmica da comunidade ao longo dos períodos, observamos que houve uma redução da abundância de *M. tuberculata* e *Oligochaeta* no período chuvoso, o que pode indicar pior estado de degradação ambiental, o qual pode ter sido promovido pela maior entrada de matéria orgânica no reservatório. A partir da redução desses taxa houve dominância de *Chironomus*, mesmo em locais classificados como tendo melhor qualidade, fato que reafirma um pior nível de degradação ambiental no período chuvoso. Assim como *M. tuberculata* e *Oligochaeta*, larvas de *Chironomus* são frequentemente relacionadas a ambientes com elevado nível de degradação ambiental, devido a capacidade de resistir a baixos níveis de oxigênio no habitat (BIASI; RESTELLO, 2010, CORDEIRO *et al.*, 2016).

A baixa riqueza e diversidade de espécies no reservatório também é preocupante, uma vez que em ecossistemas impactados a riqueza e diversidade tende a se tornar cada vez menor, devido ao aumento do nível de degradação ambiental. O baixo nível de biodiversidade compromete funcionamento contínuo dos ecossistemas e, conseqüentemente, do provisionamento dos serviços (WALL; NIELSEN, 2012). Em alguns locais de amostragem foi registrado apenas o taxa *M. tuberculata*, molusco gastrópode pulmonado que utiliza o oxigênio atmosférico na respiração (HELSON *et al.*, 2006). Esse dado mostra que o ecossistema não fornece condições para o estabelecimento de espécies sensíveis, as quais têm populações representativas em ambientes com baixo nível de degradação (GOULART; CALLISTO, 2003; MOLOZZI *et al.*, 2013). Embora não tenha ocorrido diferença significativa da diversidade entre os períodos de estudo, é preciso destacar que os locais classificados como tendo melhor qualidade apresentaram valor de diversidade superior durante o período seco, em comparação aos valores obtidos para o segundo período de estudo.

Além do padrão da comunidade indicar um elevado nível de degradação (devido à baixa riqueza taxonômica e dominância de taxa tolerantes), os valores obtidos a partir

do *Ecotoxicological Index* também confirmam esse baixo nível de qualidade ambiental do reservatório. Ao analisar o índice para cada período de coleta foi possível perceber que ocorreu aumento da degradação ambiental do período seco para o período chuvoso, tendo em vista que no período chuvoso o valor do *Ecotoxicological Index* foi mais elevado (69,23). Esse dado confirma que mesmo o reservatório sendo já impactado, sofre aumento da degradação de um período para outro. E, portanto, a perda da qualidade ambiental pode também estar relacionada a temporalidade. Em nosso estudo, a degradação pode ter sofrido elevação durante o período chuvoso, pelo fato que a chuva pode promover o aumento da concentração de matéria orgânica alóctone na água (por carreamento), causando, conseqüentemente, aumento do processo de decomposição. Esse processo promove a redução da disponibilidade de oxigênio na água, restringido a permanência e subsistência tanto de espécies sensíveis. Dado semelhante foi registrado por Piedras et al. (2006), em estudo na barragem Santa Bárbara (Pelotas, Rio Grande do Sul), onde os autores registraram elevado processo de decomposição, baixas concentrações de oxigênio e aumento da abundância de espécies resistentes. No entanto, em nosso conjunto de dados ainda observamos que o alto grau de degradação do reservatório também promove a redução de espécies tolerantes, como visto pela redução na abundância *M. tuberculata*.

5 | CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo mostram que o reservatório Senador Epitácio Pessoa se encontra em elevado estado de degradação, o que é refletido, principalmente, pela baixa riqueza e diversidade, com dominância de *taxa* tolerantes (p. ex., *M. tuberculata* e *Oligochaeta*). Além da dinâmica da comunidade, o *Ecotoxicological Index* confirma o elevado nível de impacto que o ecossistema estudado está submetido. Salientamos que no mesmo sob um estado de baixa qualidade ambiental, o nível de degradação pode ser elevado com a chegada do período chuvoso, aumentando o risco de veiculação de doenças para a população residente ao entorno de ecossistemas como o estudado.

Desse modo, o monitoramento contínuo de ecossistemas aquáticos urbanos é imprescindível, a fim de acompanhar melhorias ou progressão da redução da qualidade ambiental. E, nesse último caso, propor ações de melhoria do estado de degradação. Padrões como os que aqui foram evidenciados, indicam que ações de reabilitação do ecossistema devem ser adotadas de forma urgente, tais como: retirada de fontes pontuais e difusas de poluição e implementação efetiva da área de preservação permanente do reservatório. Além disso, a implementação de um monitoramento participativo, que inclua a população, pode configurar uma das ações estratégicas para a efetivação de programas de recuperação do ecossistema.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, M.J., GORLEY, R.N., CLARKE, K. R. **PERMANOVA + for PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods**. Plymouth: PRIMER-E. 2008.

ARRUDA, M. S. M. **O espaço em construção: ocupação e usos das áreas no entorno do Açude grande na cidade de Cajazeiras, PB**. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de Campina Grande, Cajazeiras, 2014. Disponível em: <http://www.cfp.ufcg.edu.br/geo/monografias/MARIA%20DO%20SOCORRO%20MOREIRA%20DE%20ARRUDA.pdf>. Acesso em: 4 set. 2019.

AZEVEDO, E. L.; BARBOSA J. E. L.; VIDIGAL, T. H. D. A.; MARQUES, J.C.; CALLISTO, M. Potential ecological distribution of alien mollusk *Corbicula largillierti* and its relationship with human disturbance in a semi-arid reservoir. **Biota Neotropica**, v. 16(1), p. 1-8, 2016.

AZEVEDO, E. L.; BARBOSA, J. E. L.; VIANA, L. G.; ANACLETO, M. J. P.; CALLISTO, M.; MOLOZZI, J. Application of a statistical model for the assessment of environmental quality in neotropical semi-arid reservoirs. **Environmental monitoring and assessment**, v. 189(2), p. 65, 2017.

BIASI, C.; RESTELLO, R. M. Incidência de deformidades morfológicas em larvas de Chironomidae (Insecta: Diptera) como ferramenta de avaliação da qualidade de água em riachos de Erechim-RS. **Vivências**, v. 6(9), p. 1809-1636, 2010.

BUSCH, WD N.; LARY, S. J. Assessment of habitat impairments impacting the aquatic resources of Lake Ontario. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 53(1), p. 113-120, 1996.

CALLISTO, M.; GOULART, M.; BARBOSA, F. A. R.; ROCHA, O. Biodiversity assessment of benthic macroinvertebrates along a reservoir cascade in the lower São Francisco river (northeastern Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, v. 65(2), p. 229-240, 2005.

CAMARGO, J. A. Multimetric assessment of macroinvertebrate responses to mitigation measures in a dammed and polluted river of Central Spain. **Ecological Indicators**, v. 83, p. 356-367, 2017.

CAMARGO, J. A. Performance of a new ecotoxicological index to assess environmental impacts on freshwater communities. **Bulletin of environmental contamination and toxicology**, v. 44(4), p. 529-534, 1990.

CLARKE, K. R.; WARWICK, R. M. A further biodiversity index applicable to species lists: variation in taxonomic distinctness. **Marine ecology Progress series**, v. 216, p. 265-278, 2001.

CORDEIRO, G. G.; GUEDES, N. D. M.; KISAKA, T. B.; NARDOTO, G. B. (2016). Avaliação rápida da integridade ecológica em riachos urbanos na bacia do rio Corumbá no Centro-Oeste do Brasil. **Revista Ambiente & Água**, 11(3), 702-710.

GONÇALVES, P. S.; OLIVEIRA, C. S.; MENDES, P.; DUARTE, M. N.; RODRIGUES, W. C. Efficiency of the aquatic macrophyte *Salvinia auriculata* in purification of urban effluents, validated by allium test (*Allium Cepa* L.). **Revista Eletrônica TECCEN**, v. 8(2), p. 29-35, 2015.

GOULART, M. D.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, v. 2(1), p. 156-164, 2003.

GOUVEIA, R. L.; SELVA, V. S. F.; PAZ, Y. M. Governança ambiental: contribuição para a revitalização de rios urbanos. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 5(1), 2019.

- HELSON, J. E.; WILLIAMS, D. D.; TURNER, D. Larval chironomid community organization in four tropical rivers: human impacts and longitudinal zonation. **Hydrobiologia**, v. 559(1), p. 413-431, 2006.
- MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil—past, present, and future. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 129(3-4), p. 1189-1200, 2017.
- MARTINS, I.; SANCHES, B.; KAUFMANN, P. R.; HUGHES, R. M.; SANTOS, G. B. MOLOZZI, J.; CALLISTO, M. Ecological assessment of a southeastern Brazil reservoir. **Biota Neotropica**, v. 15(1), p. 1–10, 2015.
- MOLOZZI, J.; FRANÇA, J. S.; ARAUJO, T. L.; VIANA, T. H.; HUGHES, R. M.; CALLISTO, M. Diversidade de habitats físicos e sua relação com macroinvertebrados bentônicos em reservatórios urbanos em Minas Gerais. **Iheringia**. Série Zoologia, v. 101(3), p. 191-199, 2011.
- MOLOZZI, J.; SALAS, F.; CALLISTO, M.; MARQUES, J. C. Thermodynamic oriented ecological indicators: Application of Eco-Exergy and Specific Eco-Exergy in capturing environmental changes between disturbed and non-disturbed tropical reservoirs. **Ecological indicators**, v. 24, p. 543-551, 2013.
- MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J.L.; BAPTISTA, D. F. **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro-RJ: Technical Books Editora, pp. 174, 2010.
- NEVES, F. C. Getúlio e a seca: políticas emergenciais na era Vargas. **Revista Brasileira de História**, v. 21(40), p. 107-129, 2001.
- NÓBREGA, T. F.; SOUZA, R. F.; MEDEIROS, G. F. Avaliação ecotoxicológica de água e sedimento de um reservatório de água urbano e costeiro do nordeste brasileiro. **Revista Ambientia**, v. 13(2), p. 393-411, 2017.
- PAMPLIN, P. A. Z.; ALMEIDA, T. C. M.; ROCHA, O. Composition and distribution of benthic macroinvertebrates in Americana Reservoir (SP, Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 18(2), p. 121-132, 2006.
- PARMAR, T. K.; RAWTANI, D.; AGRAWAL, Y. K. Bioindicators: the natural indicator of environmental pollution. **Frontiers in life science**, v. 9(2), p. 110-118, 2016.
- PEREIRA, G. R.; CUELLAR, M. D. Z. Conflitos pela água em tempos de seca no Baixo Jaguaribe, Estado do Ceará. **Estudos avançados**, v. 29(84), p. 115-137, 2015.
- PIEDRAS, S. R. N.; BAGER, A.; MORAES, P. R. R.; ISOLDI, L. A.; FERREIRA, O. G. L.; HEEMANN, C. Macroinvertebrados bentônicos como indicadores de qualidade de água na Barragem Santa Bárbara, Pelotas, RS, Brasil. **Ciência Rural**, 36(2), 494-500, 2006.
- SCHUSTER, K. F.; TREMARIN, P. I.; SOUZA-FRANCO, G. M. D. Alpha and beta diversity of phytoplankton in two subtropical eutrophic streams in southern Brazil. **Acta Botânica Brasilica**, v. 29(4), p. 597-607, 2015.

SOUZA, J. A. P. **Aspectos gerais da degradação das águas do "Açude grande" de Cajazeiras-PB.** Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de Campina Grande, Cajazeiras, 2015. Disponível em: <http://www.cfp.ufcg.edu.br/geo/monografias/JOSE%20ADNAYLTON%20%20PEREIRA%20DE%20SOUZA.pdf>. Acesso em: 10 set. 2019.

TRIVINHO-STRIXINO, S. Ordem Diptera. Família Chironomidae. Guia de identificação de larvas. **Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia.** Manaus: Editora do INPA, p. 457-660, 2014.

WALL, D. H.; NIELSEN, U. N. Biodiversity and ecosystem services: is it the same below ground? **Nature Education Knowledge**, v. 3(12), 2012.

CAPÍTULO 4

CONSERVATION FOREST ASPECTS AND MICROHABITAT STRUCTURE TO SMALL MAMMALS: A REVIEW

Data de aceite: 01/07/2021

Felipe Santana Machado

Universidade Federal de Lavras – UFLA
Departamento de Ciências Florestais – DCF
MG, Brazil

Aloysio Souza de Moura

Universidade Federal de Lavras – UFLA
Departamento de Ciências Florestais – DCF
MG, Brazil

Ravi Fernandes Mariano

Universidade Federal de Lavras – UFLA
Departamento de Ciências Florestais – DCF
MG, Brazil

Cassiana Gonçalo Ayres

Universidade Federal de Lavras – UFLA
Departamento de Medicina Veterinária – DMV
MG, Brazil

Dalmo Arantes Barros

Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL
Instituto de Conservação da Natureza – ICN
Alfenas, MG

Marco Aurélio Leite Fontes

Universidade Federal de Lavras – UFLA
Departamento de Ciências Florestais – DCF
Lavras, MG, Brazil

ABSTRACT. Distribution patterns in the biomes are being modified by direct effects as modification of size and shape of forests,

availability of resources, conditions, as well as indirect effects that influence the interactions at different taxonomic levels. Exploratory action on the Cerrado and Atlantic Forest have resulted in the formation of small relict forest fragments inserted in matrix that makes it impossible to seedlings dispersion of vegetation and movement of small mammals hindering the understanding of these distribution patterns.. The situation is even more worrying for ecotone environments between these domains by the lack of information. So, this book chapter presents a briefly review about forest conservation aspects and microhabitat structure to small mammals with the objective of elucidate the effects of the modifications caused by humans on the environment. Here we concluded that the Brazilian domains are sharply reduced and endangered. And these aspects results in a different microhabitat structure that generate a simpler small mammal community.

KEYWORDS: Conservation of fragments. Diversity of rodents and marsupials. Forest diversity.

INTRODUCTION

One of the main objectives of ecology is to understand what determines species distribution patterns. This distribution is intrinsically related to certain habitats and, therefore, to the characteristics and variables that influence the appearance of flora and fauna. A great effort has been expended in the attempt to describe and relate patterns of distribution and microenvironments (JORGENSEN, 2004), but

these studies present areas of study in extensive forest environments. This situation is not in accordance with the reality of two of the most biodiverse and threatened morphoclimatic domains in the Brazilian territory, the Atlantic Forest and the *Cerrado* (MYERS et al., 2000). The distribution patterns in these domains are being modified by direct effects of changes in the size and shape of forests, as well as indirect effects on the availability of resources, abiotic conditions, intra and interspecific interactions.

The exploratory action has resulted in the formation of small relict fragments, usually smaller than 50 hectares (RIBEIRO et al., 2009), inserted in a matrix of lower plant biomass that makes it difficult to spread propagules of vegetation and the movement of small mammals. However, there is a lack of information on the ecology of these small forest fragments in areas with the intersection of the characteristics of the Atlantic and *Cerrado* domain, commonly called the ecotonal region. Ecotonal environments present changes in climatological, edaphic and vegetative patterns, thus generating patterns of microstructure not yet explored in the scientific literature (MACHADO et al., 2016).

In addition, there is an imminent need to expand knowledge about the ecology of small forest fragments to serve as technical-scientific arguments for future forest recovery and recomposition work (MACHADO et al., 2016; MACHADO et al., 2017). These works will aid in the conservation of rare and general habitat species, will encourage the permanence of legal reserve areas, the connection between remnants, ecological corridors and possible creation of conservation units in strategic sites with a focus on maintaining viable minimum populations. Then, this article presents a briefly review about forest conservation aspects and microhabitat structure to small mammals with the objective of elucidate the effects of the modifications caused by humans on the environment.

CONSERVATION FOREST ASPECTS

Brazil had a significant economic growth from the 1940s and 1950s (ROSA, 2006; PEREIRA; LESSA, 2011) during the Brazilian industrial revolution (BRESSER-PEREIRA et al., 1963). During this period, the ecological concepts related to the protection and maintenance of biodiversity were still incipient. Over the years, beyond economic aspects, the preservation and conservation of natural environments started to become essential for the maintenance of life on Earth. Ecological efforts related to the preservation of natural resources had its highpoint during the United Nations Conference on Environment and Development, ECO 92 (NOVAES, 1992).

The increasing expansion of anthropic areas has been gradually reducing native natural environments, modifying them in urban areas, plantations, pastures, mining, and hydroelectric areas, among others. This expansion has created a drastic alteration and reduction of the vegetative formations of the Brazilian morphoclimatic domains. It was precisely in the 1990s that there was a massive concern with natural environments that

resulted in the development of research on processes and patterns on continental scales culminating in disturbing publications. According to Fonseca (1985) and the NGO SOS *Mata Atlântica* (1993), the Atlantic domain was (and is) threatened with disappearance when it was estimated that only approximately 7% of its original coverage remained. More recent data from satellite data have shown that nearly 11.7% of the Brazilian Atlantic Forest remains (RIBEIRO et al., 2009). However, this new data did not change the situation of the Atlantic Forest since the advent of this more precise methodology showed that 83.4% of the total is formed by fragments smaller than 50 hectares, which is of concern from an ecological and conservationist point of view. This concern is related not only to the loss of biodiversity but also to the performance of the fauna and flora, such as the inability of persistent habitat species (PARDINI et al., 2010), problems in the movement through the matrix (PÜTTKER et al., 2011), dispersion of propagules preclusion (TABARELLI et al., 2012), among other factors.

Later on, Myers et al. (2000) included the *Cerrado* domain as one of the most biodiverse and threatened areas of extinction of the planet, which is considered a conservation hotspot. According to these authors, the percentage of remnants of primary forests was only 20%. Klink and Machado (2005) reported that 30,000 km² are modified per year, largely as a result of the opening of new agricultural fronts, occupying 53% of the total *Cerrado* area.

The other two major Brazilian morphoclimatic domains, the *Caatinga* and the Amazon Forest, still have extensive areas. However, predatory actions have drastically reduced their natural areas. For the *Caatinga* domain, it is estimated that nearly 30.4 - 51.7% of its total area has already been modified by some anthropic activity. This information places the *Caatinga* as the third most threatened Brazilian domain to disappear. The *Caatinga* can pass the *Cerrado* regarding its threat status if this last estimate is confirmed (LEAL et al., 2005). The Amazonian domain is the one that presents the greatest extension of tropical forest in the world and, unlike other areas (e.g. *Cerrado*) the legislation favors its preservation for the conservation of 80% of the forests in legal reserves (KLINK; MACHADO, 2005). However, the advance of new frontiers (e.g. invasion of land by organized landless squatters and highways – BARNI et al., 2012) has resulted in annual losses of approximately 30,500 km² (FEARNSIDE, 2005).

The exploratory and predatory actions on the morphoclimatic domains results in the formation of a mosaic in the landscape composed of forest fragments preserved in the form of Legal Reserves and Permanent Preservation Areas (BRASIL, 2012), which are inserted in a matrix composed of pastures, urban areas and exotic species, such as those for human consumption (e.g. beans and soybeans), as well as for silviculture (e.g. eucalyptus and pines - TABARELLI et al., 2010).

These small forest fragments present ecological peculiarities in their tree diversity because when a forest continuum is transformed into fragmented habitat, the survivors find

a reduced total area, greater isolation and an anthropic matrix (EWERS; DIDHAM, 2006). However, fragmentation and its effects are difficult to understand due to the great number of intermediate causal processes that synergistically act in different ways for each type of taxon. Some populations, for example, may decline or disappear from the fragments, while others may remain stable or even increase (DEBINSKI; HOLT, 2000; LAURANCE, 2008; LAURANCE et al., 2002). In the case of arboreal diversity, the richness and abundance in these small fragments are reduced when compared to large forest fragments, and the composition and structure are simplified (LAURANCE et al., 2002; LÔBO et al., 2011; ARROYO-RODRIGUES et al., 2013) by the influence of biotic and abiotic characteristics of the matrix and the forest environment together in association with a number of other stochastic (demographic, genetic and environmental) and deterministic factors. This effect is commonly called the edge effect (MURCIA, 1995).

The edge effect is the interaction between two contiguous systems that are not suddenly separated by a border (MURCIA, 1995). This border shows changes of environmental variables ranging up to 400 meters from the forest limits (LAURANCE et al., 2002), and three groups of these changes are more evident. The first group includes those that affect the abiotic parameters because of the intersection of the conditions of both boundary systems, resulting in a differentiated environment in relation to the matrix and the forest interior. The second group is formed by direct biological effects represented by the alteration of abundance patterns and species distribution. The alteration of the abiotic parameters incapacitates the occurrence of species with environmental requirements commonly found in mature forests as a result of their physiological tolerances. The third group is formed by indirect biological effects such as changes in rates of predation, parasitism, herbivores, and seed dispersal, among others (MURCIA, 1995).

Wind disturbances, alteration of fauna community patterns (vertebrates and invertebrates), reduction of relative air humidity, canopy height and soil moisture, among others, are common features in fragments with high edge effect (LAURANCE et al., 2002). These changes favor species substitution, generating an oligodominance pattern observed for both large-scale and fragmented forest environments (SCHEER et al., 2011; STEEGE et al., 2013). These bases of local domains with a general pattern of oligodominance on a larger scale are favored by the marked light intensity, which favors fast growing species (TABARELLI et al., 1999) in detriment of other species with reduced growth rates (VAN DEN BERG et al., 2012). Therefore, small fragments tend to present a high amount of plant species of initial stages of succession, favored by the anthropic action associated with environmental variables (MURCIA 1995; LAURANCE et al., 2002) with small fruits and easy anemocoric and autochoric dispersion (TABARELLI et al., 1999).

MICROHABITAT STRUCTURE TO SMALL MAMMALS

Populations of small mammals also suffer from the effects of habitat loss and fragmentation, with emphasis on changes in abiotic and biotic factors due to the edge effect, reduction of home range, interruption of gene flow and consequent reduction of genetic variability, increased inbreeding, parasitism, and population stress (FAHRIG, 2003; PRUGH et al., 2008). However, the relationship between mammalian community parameters and fragmentation is still controversial. For example, there is no consensus on the relationship between population abundances and fragment sizes. Some studies show that abundance increases with fragment size, while others show that there is only generalist or ecologically flexible species. Each study presents peculiar results for each study area, occupation history and forms of deforestation (see discussion in CHIARELLO, 2000).

Fragmentation promotes the formation of a forest mosaic surrounded by a matrix of lower biomass and less structural complexity (AUGUST, 1993). Simpler structures show marked variations in abiotic parameters while in more complex environments they tend to uniformity. These changes reflect on population changes, since few species have wide phenotypic flexibility capable of tolerating wide environmental variation. In this case, terrestrial mammals are good indicators of these variations (MALCOLM, 1994; CHIARELLO, 1999; CHIARELLO, 2000; PARDINI, 2004), since they respond differently because they have antagonistic responses to the expansion of anthropic environments, among other characteristics (CHIARELLO, 1999; CHIARELLO, 2000). As a consequence, most of these species are on the list of endangered animals (MACHADO et al., 1998; MACHADO; DRUMMOND; PAGLIA, 2008; MMA, 2003). Studies on the disturbances caused by fragmentation on the community of small mammals also document changes due to the invasion of exotic species, changes in forest dynamics and alteration in the trophic structure (BIERREGAARD et al., 1992; CHARLES; ANG, 2010; CHIARELLO, 1999; CHIARELLO, 2000). Therefore, small terrestrial mammals become indicators that allow an analysis of the consequences of fragmentation because of their ability to persist in isolated fragments or occupy non-forest environments and anthropically altered environments (PARDINI, 2004; PARDINI et al., 2005; UMETSU; PARDINI, 2007). Charles and Ang (2010) mentioned that fragmentation induces eight possible positive and negative responses on small mammals: (1) reduction in richness and alteration of composition, (2) disappearance of species with large living areas (3) invasion of opportunistic and generalist species, (4) absence of predators, (5) reduction of activity of generalist species, (6) changes in trophic structure, (7) changes in species abundance and (8) the dominance of a few species in small fragments. However, these aspects may occur in synergy and the communities of small mammals should be analyzed locally since they present peculiarities in relation to the topographic, climatological, phytophysiognomic and historical variations of occupation of the environment (CHIARELLO, 2000).

On the other hand, the study of the dynamics of fragmentation and its influence on the communities of small terrestrial mammals requires studies of the microstructure of habitat. For conceptual purposes, this thesis will use the same concepts of microstructure and macrostructure of habitats presented by Jorgensen (2004) and Hodara and Busch (2010). Thus, the macrostructure is the spatial area in which the individuals of a given community perform all their ecological and biological functions. Habitat microstructure is the composition of vegetative and environmental variables that directly or indirectly affect both the behavior of individuals and aspects of the community of small terrestrial mammals, determining which areas of life are used most intensively. This type of study focuses on how vegetation characteristics influence the composition and structure of the small mammal community. The fragmentation rates influence the structure of the forest, affect the occurrence of the species, as well as the community composition and, consequently, determine the sustainability of the habitat (TEWS et al., 2004; DUNN, 2004).

Considering that several Brazilian domains, such as the Atlantic Forest and the *Cerrado*, have been markedly reduced, the present remnants are small fragments with secondary vegetation, which makes the knowledge of the conditions in these environments preponderant to the understanding of the distribution of the organisms (PÜTTKER et al., 2008). A great effort has been expended in studies of habitat microstructure for small terrestrial mammals (JORGENSEN, 2004), not only for descriptive purposes, but also in the attempt to obtain information on spatial and temporal (niche) structuring and segregation (LIMA et al., 2010), community separation by biomass quantity or morphologic characteristics and microenvironment selection (NAXARA; PINOTTI; PARDINI, 2009), as well as species coexistence and community pattern descriptions.

The choice of habitat by a certain animal depends on two aspects. The first is where to establish a living area and the second is where to get shelter and resources that, consequently, generate high fitness. This choice varies between species and with the perception of size and degree of heterogeneity. The selection scale depends on habitat characteristics, responses in terms of dispersal capacity and available habitat aspects, such as size, shape and connectivity between environments (HODARA; BUSCH, 2010). In an attempt to join these aspects, Püttker et al. (2008) related vegetation structure parameters such as canopy cover and height, vegetation density in the various strata and the set of bamboos and other horizontal structures with five species of small terrestrial mammals: *Akodon montensis*, *Oligoryzomys nigripes*, *Gracilinanus microtarsus*, *Delomys sublineatus* and *Marmosops incanus*. The authors demonstrated that micro-scale preferences in vegetation influence the ability of some species to occupy altered areas, evidencing species vulnerable to fragmentation or alteration of environments. Naxara, Pinotti and Pardini (2009) compared seasonal aspects of litter and humidity, as well as woody debris and availability of arthropods, which are larger in mature forests and in rainy periods. It has been shown that seasonal variation alters the availability of food resources and shelters against predators,

resulting in a variation in the populations of some species. Lima et al. (2010) correlated environmental parameters such as canopy and cover, number of trees, understory, presence of bamboos and ferns, exposition of rocky outcrops, fallen logs and dry litter weight with the three most common rodent species, *Sooretamys angouya*, *Akodon montensis* and *Oligoryzomys nigripes*. The first two species are correlated with the abundance of bamboos, while the latter is correlated with the density of shrubs, demonstrating that this species present separation of microenvironments through their diets and locomotion.

Even with this wide range of studies, many of them present numerous problems. Jorgensen (2004) collected 70 studies on the microstructure of habitats and small terrestrial mammals and found a wide range of conceptual problems arising from inaccuracies and a consolidation of an incorrect paradigm. When analyzing “how robust are the microstructure studies of habitat?”, the studies presented a disturbing pattern of small scale spatial scales and modest efforts to capture individuals. The average grids studied were 3 to 4, for a sampling effort between 4000 and 5000 nights of capture, where vegetation was frequently not measured. When considered, 22% of the studies measured vegetation variables in only 8 m² or less and 88% assumed categorical variables or summarized the vegetation assessment in only 45 m². The author understood that there is no way to recognize patterns of occupation or population density determined by the microstructure, and there is a need to increase the effort both in catching individuals and in vegetation measurements for a sufficient reasoning about the microhabitat partition.

FINAL CONSIDERATIONS

Brazil is the neotropical country with the greatest diversity of species, and has domains with the greatest diversity in the world, highlighting the Cerrado and the Atlantic Forest, which are two global hotspots, being the Cerrado that maintains the richest flora among the Savannas in the world and with high levels of endemism of birds, fish, insects, reptiles and amphibians, and the Atlantic Forest one of the world's most diverse environments, with a large part of its occurrence (Serra da Mantiqueira) being the eighth most irreplaceable area in the world. Among these Brazilian vegetation domains, we also highlight the Caatinga, which is the only originally Brazilian biome and the Amazon, which has the largest forest and hydrographic basin in the world, however, contrary to these data, due to political interests in terms of agriculture has been losing international financial resources for conservation.

In fact, the environment is the result of a series of interactions that took place over time. These interactions change over time and understanding the environmental patterns that influence the distribution of small terrestrial mammals becomes a challenge. This challenge needs to be faced to confront the destruction of habitats generated by human actions, as it alters (and destroys) the fine environmental balance and complicates preservation and conservation actions. The habitat microstructure correlates this environmental history,

helps in conservation and preservation actions by considering all the biotic and abiotic environmental characteristics that influence a rate in a given period. His concept is mixed with Hutchinson's niche concept, since the microstructure variables can be considered as each of the dimensions of the hypervolume. The variables that are usually studied are part of past studies that demonstrate some kind of significant relationship. However, most of the researches either use reduced sampling effort or reduced sampled area or another methodological problem that reduces the explanatory power of ecological patterns in medium and large scale. Here we suggest that more researches on habitat microstructure with small terrestrial mammals with greater sampling efforts, larger areas and new scientific questions be carried out in order to assist in the understanding of ecological patterns for conservation purposes.

REFERENCES

- Arroyo-Rodríguez V, Rös M, Escobar F, Melo FPL, Santos BA, Tabarelli M, Chazdon R (2013) Plant B-diversity in fragmented rain forests Testing floristic homogenization and differentiation hypotheses. **J Ecol** 101(6): 1449–1458.
- August PV (1983) The role of habitat complexity and heterogeneity in structuring tropical mammal communities. **Ecology** 64: 1495–1507.
- Barni PE, Fearnside PM, Graca PMLA (2012) Desmatamento no sul do estado de Roraima: padrões de distribuição em função de projetos de assentamento do INCRA e da distância das principais rodovias (BR-174 e BR-210). **Acta Amaz** 42(2): 195-204.
- Bierregaard RO, Lovejoy TE, Kapos V, Santos AA, Hutchings RW (1992) The biological dynamics of tropical rainforest fragments. **Bioscience** 24: 859 – 866.
- Brasil. 2012. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Novo código florestal brasileiro. Diário oficial [da] Republica Federativa do Brasil, Brasília. Available in <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Access in 23 Jul. 2014.
- Bresser-Pereira LCO (1963) Empresário Industrial e a Revolução Brasileira. **Rev Admin Empr** 2(8): 11-27.
- Charles JK, Ang BB (2010) Non-volant small mammal community responses to fragmentation of kerangas forests in Brunei Darussalam. **Biodiver Conserv** 19(2): 543 – 561.
- Chiarello AG (1999) Effects of fragmentation of the Atlantic Forest on mammal communities in south-eastern Brazil. **Biol Conserv** 89: 71 – 82.
- Chiarello AG (2000) Density and population size of mammals in remnants of Brazilian Atlantic Forest. **Conserv Biol** 14(6): 1649 – 1657.
- Debinski DER, Holt DA (2000) A survey and overview of habitat fragmentation experiments. **Conserv Biol** 14(2): 342-355.

- Dunn RR (2004) Recovery of faunal communities during tropical forest regeneration. **Conserv Biol** 18: 302-309.
- Ewers RM, Didham RK (2006) Confounding factors in the detection of species responses to habitat fragmentation. **Biol Review** 81(1): 117-142.
- Fahrig L (2003) Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **An Rev Ecol Evol Syst** 34: 487-515.
- Fearnside PM (2005) Deforestation in Brazilian Amazonia: History, Rates, and Consequences. **Conserv Biol** 19(4): 680-688.
- Fonseca GAB (1985) The Vanishing Brazilian Atlantic Forest. **Biol Conserv** 34(1): 17-34.
- Hodara K, Busch M (2010) Patterns of macro and microhabitat use of two rodent species in relation to agricultural practices. **Ecol Res** 25(1): 113-121.
- Jorgensen EE (2004) Small mammal use of microhabitat revisited. **J Mammal** 85: 531-539.
- Klink CA, Machado RB (2005) Conservation of Brazilian Cerrado. **Conserv Biol** 19: 707-713.
- Laurance WF, Lovejoy T, Vasconcelos HL, Bruna EM, Didham R, Stouffer P, Gascon C, Bierregaard RO, Laurance SG, Sampaio E (2002) Ecosystem decay of Amazonian Forest Fragments: a 22-year investigation. **Conserv Biol** 16(3): 605-618.
- Laurance WF (2008) Theory meets reality: How habitat fragmentation research has transcended island biogeographic theory. **Biol Conserv** 141: 1731-1744.
- Leal IR, Silva JMC, Tabarelli M, Lacher Jr. T (2005) Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do nordeste do Brasil. **Megadiver** 1: 139-146.
- Lima DO, Azambuja BO, Camilotti VL, Cáceres NC (2010) Small mammal community structure and microhabitat use in the austral boundary of the Atlantic Forest, Brazil. **Zoologia** 27(1): 99-105.
- Lôbo D, Leão T, Melo FPL, Santos AMM, Tabarelli M (2011) Forest fragmentation drives Atlantic forest of northeastern Brazil to biotic homogenization. **Divers Dist** 17(2): 287-296.
- Machado ABM, Fonseca GAB, Machado RB, Aguiar LM, Lins LV (1998) Livro vermelho das espécies ameaçadas de extinção da fauna de Minas Gerais. Fundação Biodiversitas.
- Machado ABM, Drummond GM, Paglia AP (2008) Livro Vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção. 2.ed. Brasília: MMA, Fundação Biodiversitas.
- Machado FS, Fontes MAL, Santos RM, Garcia PO, Farrapo C (2016) Tree diversity of small forest fragments in ecotonal regions: why must these fragments be preserved?. **Biod Conserv** 3: 1-13, 2016.
- Machado FS, França ACM, Santos RM, Borem RAT, Guilherme LRG (2017) Influence of edge effect on soil seed bank of a natural fragment in the Atlantic Forest. **Iher Ser Bot** 72: 247-253.

Malcolm JR (1994) Edge effect in central Amazonian Forest fragments. **Ecology** 75: 2438-2445.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. Lista oficial da fauna brasileira ameaçada de extinção – mamíferos, aves, répteis e invertebrados terrestres. 2003. Available in <http://www.mma.gov.br/estruturas/179/_arquivos/179_05122008034002.pdf>. Access in 25 nov. 2011.

Murcia C (1995) Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends Ecol Evol** 10(2): 58-62.

Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Fonseca GAB, Kent J (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature** 403: 853–858.

Naxara L, Pinotti BT, Pardini R (2009) Seasonal microhabitat selection by terrestrial rodents in an old-growth Atlantic forest. **J Mammal** 90(2): 404-415.

Novaes W (1992) Eco-92: avanços e interrogações. **Est avan** 6(15): 79-93.

Pardini R (2004) Effects of forest fragmentation on small mammals in an Atlantic Forest landscape. **Biod Conserv** 13: 2567-2586, dec. 2004.

Pardini R, Marques De Souza S, Braga-Neto R, Metzger JP (2005) The role of forest structure, fragment size and corridors in maintaining small mammal abundance and diversity in an Atlantic forest landscape. **Biol Conserv** 124: 253-266.

Pardini R, Bueno AA, Gardner TA, Prado PI, Metzger JP (2010) Beyond the Fragmentation Threshold Hypothesis: Regime Shifts in Biodiversity Across Fragmented Landscapes. **Plos One** 5: e13666.

Pereira LAG, Lessa SN (2011) O processo de planejamento e desenvolvimento do transporte rodoviário no Brasil. **Rev Cam Geogr** 12(40): 26–46.

Prugh LR, Hodges KE, Sinclair ARE, Brashares JS (2008) Effect of habitat area and isolation on fragmented animal populations. **Proc Nat Acad Sci Unit Stat Amer** 105(52): 20770 – 20775.

Püttker T, Pardini R, Meyer-Lucht Y, Sommer S (2008). Responses of five small mammal species to micro-scale variations in vegetation structure in secondary Atlantic Forest remnants, Brazil. **BMC Ecol** 8: 9.

Püttker T, Bueno AA, Dos Santos De Barros C, Sommer S, Pardini R (2011) Immigration Rates in Fragmented Landscapes Empirical Evidence for the Importance of Habitat Amount for Species Persistence. **Plos One** 6: e27963.

Ribeiro MC, Metzger JP, Martensen AC, Ponzoni FJ, Hirota EMM (2009) The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biol Conserv** 142: 1141-1153.

Rosa I (2006) Trajetórias de caminhoneiros nas estradas brasileiras. **Cad Pesq Cen Docum Pesq Hist** 34: 84-93.

Scheer MB, Mocochini AY (2011) Tree component structure of tropical upper montane rain forests in Southern Brazil. **Acta Bot Bras** 25(4): 735–750.

Steege et al. (2013) Hyperdominance in the Amazonian Tree Flora. **Science** 342(6156).

SOS Mata Atlântica. (1993) Atlas da evolução dos remanescentes florestais da Mata Atlântica e ecossistemas associados no período de 1985–1990. São Paulo.

Tabarelli M, Mantovani W, Peres C (1999) Effects of habitat fragmentation on plant guild structure in the Atlantic montane forest of southeastern Brazil. **Biol Conserv** 91(1): 119-127.

Tabarelli M, Aguiar AV, Ribeiro M, Metzger JP, Peres C (2010) Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest: Lessons from aging human-modified landscapes. **Biol Conserv** 143: 2328-2340.

Tabarelli M, Santos BA, Arroyo-Rodríguez V, Melo FPL (2012) Secondary forests as biodiversity repositories in human-modified landscapes: insights from the Neotropics. **Bol Mus Par Emíl Goel** 7: 319-328.

Tews J, Brose U, Grimm V, Tielbörger K, Wichmann MC, Schwager M, Jeltsch F (2004) Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. **J Biogeogr** 31: 79-92.

Umetsu F, Pardini R (2007) Small mammals in a mosaic of forest remnants and anthropogenic habitats - evaluating matrix quality in an Atlantic forest landscape. **Lands Ecol** 22: 517-530.

Van Den Berg E, Chazdon RL, Correa BS (2012) Tree growth and death in a tropical gallery forest in Brazil: understanding the relationships among size, growth, and survivorship for understory and canopy dominant species. **Plant Ecol** 213: 1081-1092.

CONSIDERAÇÕES SOBRE OS COMPORTAMENTOS MATERNIS E ALOMATERNIS DE MACACOS-PREGO (*Sapajus spp.*) EM SEMILIBERDADE

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 06/04/2021

Marco de Luca Monteiro Sturaro

Biólogo, Universidade Paulista - UNIP
Araçatuba – SP
Orcid: 0000-0001-6613-9265

Bárbara Héllen Lemos Fortunato

Graduanda, Faculdade de Medicina
Veterinária de Araçatuba - FMVA – UNESP
Araçatuba – SP
Orcid: 0000-0002-4973-0229

Reinaldo Fiumari Júnior

Professor Msc., Universidade Paulista – UNIP
Araçatuba – SP
ID Lattes: 0844172393123676

Cláudia Misue Kanno

UNESP – Faculdade de Odontologia de
Araçatuba
Araçatuba – SP
Orcid: 0000-0001-8918-1079

José Américo de Oliveira

UNESP – Faculdade de Odontologia de
Araçatuba
Araçatuba – SP
Orcid: 0000-0002-0158-7785

RESUMO: Os macacos-prego (*Sapajus spp.*) podem ser encontrados em diversos biomas brasileiros, com uma ampla variedade de características cognitivas e sociais de acordo com os estímulos do ambiente, fatores culturais

do grupo e disponibilidade de alimentos. O objetivo do presente trabalho foi colher dados qualitativos e quantitativos relativos aos cuidados alomaternos, processo de desmame, aquisição de habilidades cognitivas relacionadas à exploração do ambiente e à conquista da independência do filhote em um grupo de macacos-prego que vive em semiliberdade (soltos, mas com dependência ambiental) no campus da Faculdade de Odontologia de Araçatuba – UNESP. A pesquisa foi iniciada com um período de familiarização do pesquisador com os animais, após o qual procedeu-se à coleta de dados em amostragens dos tipos *scan* e de comportamento em cerca de 30 saídas a campo. As interações maternais e alomaternas foram também registradas em fotos e filmagens, em um total de três horas de gravações efetivas. Foi observado que nos primeiros meses, os cuidados com o filhote são providos principalmente pela mãe, pois em 76% do tempo de observação ela o carregou nas costas e em 11% o amamentou. No tempo restante, houve interações sociais com contato direto com parte do grupo, cujo tempo aumentou gradualmente com o crescimento do filhote. Em uma faixa etária subsequente, a independência e a exploração do ambiente eram estimuladas em momentos de descanso, quando a mãe deixava o filhote no chão ou o impedia de mamar, em um total de 9% do tempo de observação. As interações alomaternas demonstravam sempre senso de proteção ao filhote, mesmo que o cuidador tivesse benefícios secundários com a atividade. As características das interações maternais e alomaternas variaram grandemente entre os indivíduos ora estudados, o que leva

à conclusão de que tais interações sofrem mais influência dos fatores individuais que ambientais.

PALAVRAS - CHAVE: Macaco-prego; Cuidado maternal; Cuidado alomaternal.

CONSIDERATIONS ON MATERNAL CARE AND ALLOMOTHERING OF TUFTED CAPUCHIN MONKEYS (*Sapajus spp.*) IN SEMI-FREE RANGE

ABSTRACT: Tufted capuchin monkeys (*Sapajus spp.*) have a vast territorial distribution in several Brazilian biomes, with a wide range of cognitive and social skills in accordance with environmental stimulus, group culture and food availability. The aim of the present study was to gather data on qualitative and quantitative aspects of allomothering, weaning, the development of cognitive skills related to foraging and independence acquisition by offspring of a semi-free ranging group (free, but with external dependence) of tufted capuchin monkeys living at Araçatuba Dental School – UNESP. Initially, a period of acquaintance between the observer and the animal group was simultaneous with *ad libitum* data collection. Scan sampling was performed in 30 field works with videos and photographic registers, in a total of three hours of effective records of maternal and allomothering interactions. It could be observed that offspring care was provided mainly by the mother in the first months, as 76% of observational time was spent with carrying and 11% with nursing. Social interactions with direct contact with part of the group members occurred in the remaining percentual time, with gradual increase concomitant with offspring growth. In a subsequent age group, independence and foraging were stimulated during resting, when the mother permitted the environmental exploration or precluded nursing bouts, comprising 9% of observational time. Allomothering always had a clear sense of offspring protection, even when the carrier sought secondary benefits with de activity. Maternal and allomaternal interactions varied greatly among the animals under study, which permit the conclusion that interactions were more prone to individual factors than environmental influences.

KEYWORDS: Tufted capuchin monkey; Maternal care; Allomothering.

1 | INTRODUÇÃO

Os macacos-prego (*Sapajus*) têm uma ampla distribuição em território brasileiro, abrangendo os biomas de Amazônia, Cerrado, Caatinga, toda a Mata Atlântica e se estende até a Argentina. Ao longo desta extensa área, esses animais variam muito quanto à morfologia, cor, tamanho e preferências alimentares (Guimarães, 2012) e adquiriram comportamentos distintos para explorar e agir sobre o meio ambiente (SORRENTINO, et al, 2014).

O ambiente e a cultura dos grupos de macacos, em muito, influenciam a sua ecologia e comportamento (GUIMARÃES, 2012). Segundo Guimarães (2012), os macacos-prego são capazes de usar ferramentas, uma habilidade considerada de extrema significância como indicativa de seu grau de desenvolvimento cognitivo e motor, crucial para para sua sobrevivência em áreas e temporadas de alimentos escassos.

O uso de ferramentas é observado principalmente como auxílio para a obtenção ou

processamento de alimentos. A dieta onívora dos macacos-prego exige um longo período de aquisição de habilidades cognitivas e motoras necessárias para o aprendizado de obtenção de alimentos (FREESE; OPPENHEIMER, 1981). Dependendo da região e dos recursos disponíveis, os macacos-prego podem usar pedras para abrir frutos, como côcos e castanhas, ou varetas para extrair mel e insetos ou expulsar invasores na copa das árvores. Neste contexto, um longo período de investimento maternal se faz necessário até que o filhote se torne independente e consiga se adaptar às condições ecológicas a que estão submetidos (IZAR *et al*, 2012). Entretanto, o desenvolvimento nos primeiros dois meses após o nascimento é caracterizado pela grande reorganização do sono e da vigília, aquisição do controle postural e aparecimento de preensão (WELKER, *et al.*, 1990).

Além do cuidado maternal, um sistema organizacional/social voltado ao desenvolvimento e proteção do filhote torna-se importante para o seu desenvolvimento cognitivo e está associado à maior tolerância social e atitudes socialmente proativas (GUIMARÃES, 2012). A criação cooperativa, ou alomaterna, compreende comportamentos como carregar o filhote, dividir alimentos, tocar, defender de predadores, entre outros. Desta forma, possibilita condições sociais mais favoráveis ao processo de aprendizagem, compartilhamento de informações e cooperação nas resoluções de problemas, além do desenvolvimento cognitivo e motor necessários à predação e obtenção de dieta onívora (IZAR *et al.*, 2012). A criação cooperativa e outros comportamentos prossociais aumentam as chances de sobrevivência dos filhotes e tornam-se especialmente importantes em áreas com disponibilidade e distribuição escassas de alimentos, onde o risco de predação e o risco de infanticídio por parte dos machos são aumentados (IZAR *et al.*, 2012). Por outro lado, é possível que uma maior distribuição alimentar possa alterar os comportamentos maternais e alomaternais de forma a interferir na aquisição de independência do filhote, uma vez que a disponibilidade de alimentos está diretamente associada ao seu desenvolvimento cognitivo (IZAR *et al.*, 2012).

O objetivo do presente trabalho foi observar as características dos cuidados maternais e alomaternais, o processo de desmame e aquisição de habilidades cognitivas relacionadas à exploração do ambiente e a conquista da independência do filhote em um grupo de macacos-prego que vive em semiliberdade no campus da Faculdade de Odontologia de Araçatuba - UNESP.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi aprovado em 14/08/2018 pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Paulista UNIP (Registro 084/18), que concluiu que a metodologia estava de acordo com os preceitos da Lei no 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto no 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA).

Os macacos-prego (*Sapajus* spp.) do presente estudo habitam nas dependências do campus da Faculdade de Odontologia de Araçatuba – UNESP e em uma área de cerrado vizinha com três alqueires e meio de extensão. Os animais são alimentados por tratadores do Núcleo de Procriação de Macacos-Prego com frutas diversas, milho e ração granulada com proteínas duas vezes ao dia, e uma vez em finais de semana e feriados. As condições locais de semiliberdade possibilitam a eles a ingestão adicional de insetos, brotos de plantas diversas e frutas de árvores nativas, sem a presença de predadores naturais ou outras espécies de macacos que possam competir pelos alimentos.

Inicialmente, procedeu-se a pesquisa de campo com contatos de proximidade com os animais, com o objetivo de obter a familiarização pela presença do pesquisador. Optou-se pelo início das atividades no verão, época de maior número de nascimentos. Durante três meses, foram observados aspectos qualitativos da relação do filhote com a mãe e com o grupo social, o que possibilitou a elaboração de um etograma, ou protocolo de atividades dos animais, através de regra de amostragem *ad libitum*. Após este período, foram selecionados grupos específicos para a análise quantitativa segundo os métodos propostos por Cullen Jr et al. (2004) e Altmann (1974). Captou-se imagens e vídeos, perfazendo um total de 60 horas de observação com três horas de registros efetivos por meio de uma câmera fotográfica (Nikon Colpix L810). Os dados foram obtidos durante quatro horas por dia, metade pela manhã (8:00H – 10:00H) e outra à tarde (15:00H – 17:00H), durante dois meses. O tempo de permanência dos filhotes nas costas da mãe, aleitamento e de interação com membros do grupo foram anotados e compilados em planilhas.

3 | RESULTADOS

Filhotes em período de amamentação passaram a maior parte do tempo de observação com a mãe, com uma média de 76,2% em seu dorso e 11% de aleitamento. Nesta fase, qualquer aproximação de humanos elicitava atitudes agressivas por parte do grupo, principalmente de seu líder. O tempo restante foi gasto em interações sociais, cujas características variaram em função do estágio de desenvolvimento dos filhotes e os indivíduos em observação.



Filhote de macaco-prego recebendo afagos dos membros do grupo

Os cuidados alomaternos de animais mais novos foram assumidos predominantemente por membros da família, geralmente o irmão e com menos frequência, o pai ou a avó, mas alguns animais juvenis pareciam carregar com frequência diferentes filhotes e nem sempre os laços familiares eram óbvios. Reuniões de duas ou três mães com filhotes foram comumente observadas, com a interação de fêmeas com outro filhote manifestada como catação (grooming) e afagos.



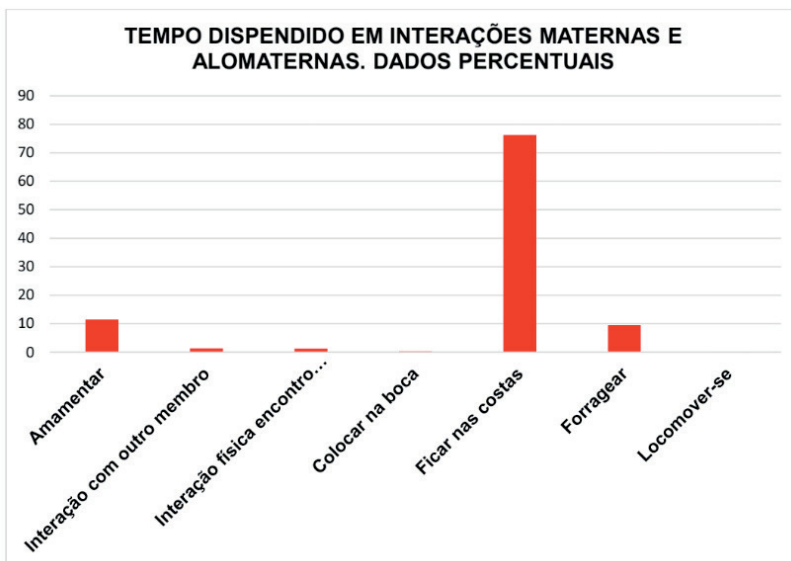
Participação do macho alfa nos cuidados ao filhote



Macho juvenil com filhote em seu dorso, sem relação de parentesco

Filhotes mais desenvolvidos exploravam o ambiente, inicialmente próximos à mãe, principalmente em momentos de descanso. Este início da aquisição de independência estimulado pela mãe ao deixá-lo no chão por alguns minutos. O tempo de exploração do ambiente foi, em média, 9% do tempo registrado, quando era frequente o filhote levar à boca gravetos, folhas ou alimentos. À medida que os filhotes se desenvolviam, este percentual de tempo se tornava gradativamente maior. No entanto, esta atividade era interrompida em qualquer situação de tensão ou perigo, quando a mãe ou outro animal próximo assumia os cuidados com o filhote.

O tempo até o desmame foi variável entre as fêmeas. Filhotes maiores que já tinham deixado o período de aleitamento foram observados em atividades recreativas geralmente com animais da mesma faixa etária e ocasionalmente com animais mais velhos. A despeito do distanciamento da mãe ser maior à medida que os filhotes ficavam mais velhos, o contato era sempre retomado no final do dia.



4 | DISCUSSÃO

Estudos sobre comportamentos alomaternais e de cooperação prossocial em macacos-prego possuem grande relevância científica, pois podem embasar o desenvolvimento de técnicas de manejo e enriquecimento ambiental adequados à espécie de acordo com sua ecologia e comportamento. Além disso, dados sobre comportamentos prossociais em primatas não humanos podem, em última instância, fornecer subsídios para a análise das origens e a evolução de atitudes proativas e de cooperação em humanos (VERDERANE; IZAR, 2019).

A ampla distribuição de macacos-prego (*Sapajus* spp.) em vários biomas e o fato dos fatores ambientais influenciarem fortemente o comportamento destes animais poderiam indicar uma certa variação das relações maternal e alomaterna entre as diversas regiões. No entanto, aspectos individuais inerentes à mãe e seu filhote parecem ser preponderantes na determinação dos aspectos destas relações (VERDERANE; IZAR, 2019).

O presente estudo mostra que o filhote é altamente dependente da mãe nos primeiros meses. O longo período da infância sugere que esses macacos evoluíram ainda mais na direção dos primatas superiores (ELIAS, 1977). O desmame é considerado o marco inicial do processo de independência do filhote e tem sido correlacionado com a erupção dentária (SMITH *et al.*, 2015). A presença de dentes posteriores possibilita uma dieta mais variada, essencial para o aumento do metabolismo necessário para o desenvolvimento do encéfalo (SMITH *et al.*, 2015). Observou-se no presente estudo que o desmame, o distanciamento da mãe e a relação do filhote com o grupo variaram grandemente entre os indivíduos. Algumas fêmeas permitiam que o filhote fosse carregado por outros membros da família

um mês após seu nascimento, enquanto que outras permitiam que o filhote de 18 meses ainda mamasse. O comportamento do filhote também foi variável, alguns mais arrojados em seus ímpetos de explorar o ambiente e outros com atitudes mais passivas no dorso da mãe. Por outro lado, não se observou haver uma correlação entre a atividade da mãe e do bebê nos meses dois e três, em que mães mais sedentárias tendiam a ter bebês mais ativos (BYRNE; SUOMI, 1998).

Deve-se salientar que sinais precoces de independência não devem ser interpretados como negligência materna, pois os filhotes estavam sempre sob os olhos atentos da mãe e de membros do grupo que estavam nas proximidades. Assim, filhotes que estavam nas fases iniciais de aprendizado não foram observados isolados ou distantes do grupo. Este vínculo que permite o processo de aprendizagem e ajuste às complexas regras sociais dos macacos-prego perdura por mais tempo que o necessário para o filhote adquirir autonomia alimentar (VERDERANE; IZAR, 2019). O vínculo com a mãe também guarda uma relação de afetuosidade e senso de proteção, pois muitas vezes ele foi observado mesmo quando o filhote se tornou adulto.

Nos primeiros meses, a fêmea sempre procura estar próxima ao líder do grupo e o segue nos deslocamentos diários. O macho alfa tem um papel fundamental na proteção do filhote, principalmente dos seus descendentes, apesar de não ser tão participativo nos cuidados diários. Ele eventualmente o carrega nas costas apenas nos primeiros meses e geralmente, filhos das fêmeas dominantes. No entanto, a função protetora à prole pôde ser percebida até a fase adulta.

A proteção ao filhote, no entanto, não era exclusiva do pai ou macho alfa. Qualquer tentativa de aproximação humana desencadeava uma ação de agressividade em grupo e o animal mais próximo resgatava o filhote em suas costas, normalmente um macho. Em outras espécies de primatas, o macho que resgata um filhote em perigo geralmente é o pai ou parente próximo (HRDY, 1976). Tal atitude ilustra o carácter benigno e protetivo ao filhote das interações alomaternas dos macacos-prego. No entanto, foram observados machos juvenis carregando filhotes sem uma relação óbvia de parentesco pois alguns indivíduos carregavam diferentes filhotes em diferentes ocasiões. Eventualmente, o macho juvenil recusava a devolução à fêmea que o seguia. Este comportamento foi descrito em outras espécies de primatas e acredita-se que machos subadultos usem o filhote para se protegerem de ataques de outros machos hierarquicamente dominantes (HRDY, 1976). No presente estudo, os machos juvenis também pareciam se beneficiar com a interação alomaterna ao buscar tratamento diferenciado na distribuição de alimentos pelos tratadores de animais ou pela população que circulava na instituição. A relação alomaterna, neste caso, beneficia o cuidador, mas pode ser altamente negativa para o filhote, que pode ser carregado até que morra de fome (HRDY, 1976, MASTRIPIERI, 1994). No entanto, esta parece ser a única situação observada em macacos-prego em que a interação alomaterna é lesiva ao filhote, e não foram observadas situações de rapto ou de puxar e arrastar o

filhote como descrito em outras espécies de primatas (HRDY, 1976, MAESTRIPIERI, 1994).

Em outra situação oposta, o cuidado alomaterno pode resultar na adoção de filhotes órfãos. Há alguns anos, um filhote de macaco-prego foi encontrado ao lado do corpo sem vida da mãe em uma área queimada e trazido ao Núcleo de Procriação de Macacos-Prego, onde foi colocado em um recinto com um grupo já estabelecido. Uma fêmea assumiu seus cuidados e passou a amamentá-lo; ela não era nulípara, mas não tinha prenhez ou perda recente de seu próprio filhote. Algumas hipóteses para este comportamento em macacos-prego especulam que fêmeas, muitas vezes nulíparas, podem amamentar filhotes de outras fêmeas, geralmente hierarquicamente superiores, para melhorar sua experiência maternal (MAESTRIPIERI, 1994) ou obter benefícios sociais dentro do grupo (BALDOVINO *et al.*, 2006). No entanto, tais hipóteses não parecem ser justificáveis na situação relatada. Embora este fato não tenha ocorrido durante a fase observacional do presente trabalho, é bastante ilustrativo quanto ao caráter altruísta do cuidado alomaterno nesta espécie de primata.

5 | CONCLUSÕES

Os comportamentos maternos e alomaternos observados neste grupo de macacos-prego mantidos em regime de semiliberdade são características inatas e saudáveis dessa espécie de macacos e estão preservados neste ambiente. Entretanto, as características das interações maternas e alomaternas variaram grandemente entre os indivíduos, o que leva à conclusão de que tais interações sofrem mais influência dos fatores individuais que ambientais.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram ausência de conflito de interesses.

REFERÊNCIAS

ALTMANN, J. Observational study of behavior: Sampling methods. **Behavior**, v. 49, p. 227-267, 1974.

BALDOVINO MC, DI BITETTI MS. Allonursing in tufted capuchin monkeys (*Cebus nigrítus*): milk or pacifier? **Folia Primatology** (Basel), v.79, n.2, p.79-922008. doi: 10.1159/000108780. Epub 2007 Sep 21.

BYRNE,G, SUOMI, GSJ. Relationship of early infant state measures to behavior over the first year of life in the tufted capuchin monkey (*Cebus apella*). **American Journal of Primatology**, v.44, n.1, p.43-56, 1998. doi: 10.1002/(SICI)1098-2345(1998)44:1<43::AID-AJP4>3.0.CO;2-X.

CULLEN, L. Métodos de estudo de ecologia, manejo e conservação de primatas na natureza. In: CULLEN Laury; RUDRAN, Rudy; VALLADARES-PADUA, Claudio. **Métodos de estudo em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Editora UFPR, 2004, p. 239-269.

ELIAS, MF. Relative maturity of cebus and squirrel monkeys at birth and during infancy. **Developmental Psychobiology**, v.10, n.6, p.519–528, 1977. <https://doi.org/10.1002/dev.420100605>

FREESE, CH, OPPENHEIMER, JR. The capuchin monkeys, genus *Cebus*. In: FILHO, A. RUSSELL A. MITTERMEIER. **Ecology and Behavior of Neotropical Primates**. World Wildlife Fund: Rio de Janeiro, 1981. p.331-390.

GUIMARÃES, M.; Ramificações ancestrais: Divergência de macacos prego, tão antiga quanto a de humanos e chimpanzés, se reflete em ecologia e comportamento. **Pesquisa FAPESP**, São Paulo, n.196, p. 20 – 23, 2012

HRDY, SB. (1976) Care and exploitation of nonhuman primate infants by conspecifics other than the mother. In: Rosenblatt L, Hinde RA, Shaw R, Beer C (eds) **Advances in the study of behavior**, vol 6. Academic Press, New York, pp 101–158

IZAR P, VERDERANE MP, PETERNELLI-DOS-SANTOS L, MENDONÇA-FURTADO O, PRESOTTO A, TOKUDA M, VISALBERGHI E, FRAGASZY D. Flexible and conservative features of social systems in tufted capuchin monkeys: comparing the socioecology of *Sapajus libidinosus* and *Sapajus nigritus*. **American Journal of Primatology**, v.74, n.4, p.315-331, 2012. doi: 10.1002/ajp.20968. Epub 2011 Jun 8. PMID: 21656840.

MAESTRIPIERI, D. Social structure, infant handling, and mothering styles in group-living old world monkeys. **International Journal of Primatology**, v.15, p.531–553, 1994. <https://doi.org/10.1007/BF02735970>

SMITH, T D, MUCHLINSKI, M N, JANKORD, K D, PROGAR, AJ, BONAR, CJ, EVANS, S, DELEON, VB. Dental Maturation, Eruption, and Gingival Emergence in the Upper Jaw of Newborn Primates. **Anatomical Record**, v. 298, n.12, p.2098–2131, 2015.. <https://doi.org/10.1002/ar.23273>

VERDERANE, MP, IZAR, P. Estilos de cuidado materno em primatas: considerações a partir de uma espécie do Novo Mundo. **Psicologia USP** [online]. vol.30, 2019 [cited 2021-03-31], e190055.

WELKER, C, Becker, P, Höhmann, H, Schäfer-Witt, C. Social relations in groups of the black-capped capuchin (*Cebus apella*) in captivity. Interactions of group-born infants during their second half-year of life. **Folia Primatology** (Basel). v.54, n.1-2, p.16-33, 1990. doi: 10.1159/000156423.

CAPÍTULO 6

DIFERENCIAÇÃO DE NICHOS CLIMÁTICO EM DIFERENTES LINHAGENS FILOGEOGRÁFICAS DE *PUMA CONCOLOR* (CARNIVORA: FELIDAE)

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 06/05/2021

Jéssica Viviane Amorim Ferreira

Programa de Pós Graduação em Ciências da Saúde e Biológicas – CPPGSB/UNIVASF
Petrolina – Pernambuco
<http://lattes.cnpq.br/8597208312893892>

Jefferson Rodrigues Maciel

Jardim Botânico do Recife
Recife – Pernambuco
<http://lattes.cnpq.br/2113057745947210>

Patricia Avello Nicola

Programa de Pós Graduação em Ciências da Saúde e Biológicas – CPPGSB/UNIVASF
Petrolina – Pernambuco
<http://lattes.cnpq.br/2526394160477046>

RESUMO: A onça-parda é o mamífero terrestre de maior extensão de ocorrência na região Neotropical, sendo encontrada originalmente desde o sul do Canadá até o extremo sul do continente sul-americano, com exceção apenas do complexo das ilhas Caribenhas e algumas regiões do Chile. Estudos moleculares realizados recentemente apontaram diferenças genéticas dentro da área geográfica da espécie, formando assim diferentes grupos filogeográficos. O presente estudo teve como principal objetivo analisar se esses diferentes grupos filogeográficos apresentavam sobreposição de nicho, bem como se esses nichos eram similares e/ou equivalentes. Os dados de ocorrência da

espécie foram obtidos nas bases de dados do GBIF, *Specieslink* e Portal da Biodiversidade (ICMBIO), sendo considerados apenas os registros georreferenciados e registrados em coleções biológicas ou por meio de armadilhas fotográficas. As análises foram realizadas no software R, baseadas em PCA-env, considerando as variáveis ambientais do Wordclim para a área de ocorrência da espécie. Os resultados das análises para os quatro grupos filogeográficos selecionados mostraram que esses grupos não apresentaram sobreposição de nicho climático, bem como esses nichos também não são similares ou equivalentes. Os resultados apontaram que além diferirem geneticamente, essas linhagens também se diferem em relação ao espaço ambiental ocupado, sugerindo que os parâmetros ambientais podem estar relacionados a processos de especiação dentro da espécie, onde as diferentes linhagens filogenéticas podem se segregar em eixos de temperatura, elevação e sazonalidade como observado em alguns estudos realizados anteriormente com anfíbios.

PALAVRAS - CHAVE: Onça-parda; distribuição geográfica; nicho climático.

DIFFERENTIATION OF CLIMATIC NICHE IN DIFFERENT PHYLOGEOGRAPHIC STRAINS OF *PUMA CONCOLOR* (CARNIVORA: FELIDAE)

ABSTRACT: The puma is the most extensive land mammal in the Neotropical region, originally found from southern Canada to the southern tip of the South American continent, with the exception of the Caribbean islands and some regions of Chile. Molecular studies carried

out recently pointed out genetic differences within the geographic area of the species, thus forming different phylogeographic groups. The present study had as main objective to analyze if these different phylogeographic groups presented niche overlap, as well as if these niches were similar and / or equivalent. The species' occurrence data were obtained from the GBIF, Specieslink and Biodiversity Portal (ICMBIO) databases, considering only georeferenced records and registered in biological collections or by means of photographic traps. The analyzes were carried out in software R, based on PCA-env, considering the environmental variables of Wordclim for the area of occurrence of the species. The results of the analyzes for the four selected phylogeographic groups showed that these groups did not present overlapping climatic niche, and that these niches are also not similar or equivalent. The results showed that in addition to genetically differing, these strains also differ in relation to the occupied environmental space, suggesting that the environmental parameters may be related to speciation processes within the species, where the different phylogenetic strains can be segregated in temperature, elevation and seasonality as observed in some studies previously carried out with amphibians.

KEYWORDS: Puma; Geographic distribution; Climate niche.

1 | INTRODUÇÃO

Os nichos ecológicos têm sido divididos conceitualmente em duas classes: nicho Grinelliano e nicho Eltoniano. O nicho grinelliano ou nicho fundamental pode ser definido como o conjunto de todas as condições ambientais que permitem o crescimento e a reprodução da espécie, o que o difere do nicho realizado ou também chamado Eltoniano, é onde neste os efeitos da competição reduzem o nicho fundamental de uma espécie, ou a área que ela pode ocupar (SOBERON, 2007). Avaliar a conservação dos nichos de determinadas espécies destaca-se como uma importante ferramenta, com o objetivo de avaliar como o nicho das espécies podem diminuir, expandir ou se manter no seu espaço geográfico (WARREN; GLOR; TURELLI, 2010; PETERSON, 2011).

Os felídeos são representados na região neotropical por 10 espécies, distribuídas em três linhagens filogenéticas diferentes, atualmente atribuídas aos gêneros: *Leopardus*, *Panthera* e *Puma*, sendo este último representado pelas espécies *Puma concolor* Linnaeus, 1771 e *Puma yagouaroundi* (E. Geoffroy, 1803) (EIZIRIK, 2012). *Puma concolor* possui uma ampla distribuição no território brasileiro, com um tamanho populacional efetivo de cerca de 4.000 indivíduos, porém estima-se que em aproximadamente três gerações, ou 21 anos, ocorra um declínio de 10% da subpopulação nacional, o que faz com que essa espécie figure na lista das espécies da fauna brasileira ameaçada de extinção como vulnerável (MMA, 2014).

Além da importância de se desenvolver estratégias de conservação para essa espécie, *P. concolor* representam um importante modelo para o estudo de conservação de nicho devido a sua ampla distribuição, porém com diferentes linhagens filogeográficas ao longo da sua área de ocorrência (MATTE et al., 2013).

Alguns estudos demonstram que espécies estreitamente relacionadas ocupam ambientes similares, porém não necessariamente idênticos (WIENS; GRAHAM, 2005; OLALLA-TÁRRAGA et al., 2011), sendo quem para grupos de mamíferos esses estudos ainda são escassos e podem ser uma importante ferramenta no planejamento de estratégias de conservação (OLALLA-TÁRRAGA et al., 2017).

Nesse estudo foi analisado o nicho climático ocupado pelas diferentes linhagens filogeográficas de *Puma concolor*, como se esses nichos se sobrepõe e se são semelhantes ou equivalentes. Espera-se que as linhagens compartilhem o seu espaço ambiental, resultando em nichos com altos índices de sobreposição e alta similaridade.

2 | METODOLOGIA

2.1 Área de estudo e linhagens filogeográficas

A área de estudo foi delimitada com base na distribuição geográfica conhecida para a espécie, sendo do norte dos Estados Unidos até a porção centro sul da Argentina (IUCN, 2019). Para as análises de *P. concolor* foram selecionados quatro grupos, com base no estudo realizado por Matte et al. (2013), sendo eles: Grupo A – América do Norte/Norte da América Central; Grupo B – Norte da América do Sul; Grupo C – Centro nordeste da América do Sul; Grupo D – Centro sul da América do Sul (Figura 1).

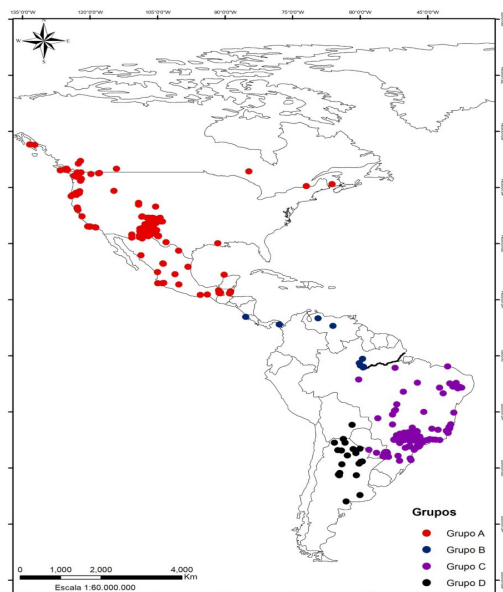


Figura 1: Distribuição geográfica de *Puma concolor* e as regiões filogeográficas analisadas: Grupo A – América do Norte/Norte da América Central; Grupo B – Norte da América do Sul; Grupo C – Centro nordeste da América do Sul; Grupo D – Centro sul da América do Sul.

Fonte: Modificado de Matte et al., 2013

2.2 Dados das espécies e variáveis ambientais

Os dados de presença das espécies foram obtidos a partir das bases de dados: GBIF (<https://www.gbif.org/>), Specieslink (<http://slink.cria.org.br/>) e no Portal da Biodiversidade – ICMBIO (<https://portaldabiodiversidade.icmbio.gov.br/portal/search/list>), utilizando os descritores: “*Puma concolor*”, entre janeiro e fevereiro de 2017.

Foram mantidos na base de dados apenas os registros georreferenciados, registros com material depositado em coleções científicas e identificadas por especialistas, sendo excluídos ainda os registros duplicados.

Dados de 19 variáveis bioclimáticas, descritas em Hijmans et al., (2005), foram previamente obtidas na base de dados WorldClim (disponível em <http://worldclim.org> e, com resolução de 0.1666 pixels), essa variáveis correspondem a uma média para os anos de 1970 a 2000. Todas as análises espaciais foram realizadas utilizando o ambiente estatístico R (R Development Core Team, 2014).

2.3 Cálculo de características do nicho: sobreposição, equivalência e similaridade

A sobreposição do nicho entre as linhagens filogeográficas dentro da espécie foi investigada usando uma análise de componente principal calibrada em todo o espaço climático considerado acessível para cada linhagem (PCA-env), uma metodologia descrita por WARREN; GLOR; TURELLI (2008) e BROENNIMANN et al., (2012).

A sobreposição entre pares das diferentes linhagens de *P. concolor* foi calculada por meio da estatística D de Schoener diretamente do espaço ecológico de nicho (SCHOENER, 1968; WARREN; GLOR; TURELLI, 2008)

O teste de equivalência avalia apenas se as duas espécies são idênticas no seu espaço de nicho usando seus locais exatos, não considerando a área em torno. Assim, também realizamos um teste de similaridade de nicho que avalia se os nichos de qualquer par das linhagens são diferentes do que se é esperado ao acaso, simulando as diferenças do ambiente onde as linhagens estão distribuídas (WARREN et al., 2010). Todos os testes foram realizados utilizando uma análise de componente principal calibrada (PCA-env) calibrada para todo o espaço ambiental presente na área de estudo e realizadas no ambiente do software R (R Development Core Team, 2014).

3 | RESULTADOS

Foram selecionados um total de 485 registros para *P. concolor*, sendo que 252 desses registros pertenciam ao Grupo A, 10 ao Grupo B, 197 ao Grupo C e 26 ao Grupo D (Figura 3). Os espaços ambientais dos quatro diferentes grupos foram comparados par-a-par.

Os resultados para as análises de sobreposição de nicho mostraram, que as

linhagens filogeográficas analisadas ocupam diferentes nichos ambientais e possuem baixos índices de sobreposição (Figura 2 a Figura 6; Tabela 01), sugerindo ainda uma grande variabilidade no espaço ambiental ocupado por *Puma concolor* e suas linhagens.

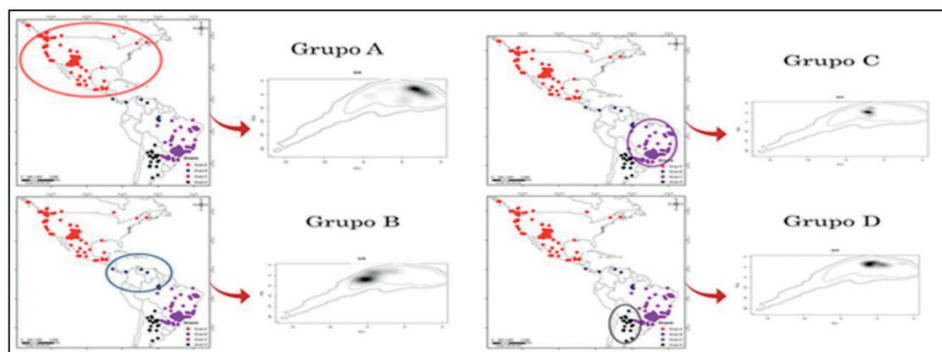


Figura 2: Análise do espaço ambiental, usando PCA-env para avaliar a sobreposição de nicho entre os grupos filogeográficos de *Puma concolor*, o sombreamento cinza mostra a densidade das ocorrências das espécies por célula. As linhas de contorno sólidas e tracejadas ilustram, respectivamente, 100% e 50% dos ambientes disponíveis.

Grupos Analisados		Sobreposição de Nicho (D)	Similaridade de nicho		Equivalência de nicho
a	B		a → b	b → a	
Grupo A	Grupo B	0,040	ns	ns	Diferentes*
	Grupo C	0,052	ns	ns	Diferentes*
	Grupo D	0,184	ns	similar*	Diferentes*
Grupo B	Grupo C	0,168	ns	similar*	Diferentes*
	Grupo D	0,008	ns	ns	Diferentes*
Grupo C	Grupo D	0,107	ns	ns	Diferentes*

Tabela 1: Comparação de nicho ecológico para os diferentes grupos filogeográficos de *Puma concolor*. São apresentados os valores de sobreposição de nicho, similaridade e equivalência.

ns, diferença não significativa;

* Os nichos climáticos são significativamente ($P < 0,05$) mais semelhantes ou diferentes do esperado por aleatório.

Os resultados sugerem que, provavelmente, durante o processo de migração do Sul para o Norte, *Puma concolor* teria ocupado um nicho com maior influência da temperatura em relação a precipitação, saindo de ambientes onde as temperaturas eram mais altas para ocupar ambientes de temperaturas mais baixas. Para *Puma concolor*, os quatro grupos analisados possuem diferenças quanto a variável ambiental que mais influenciou o espaço ambiental ocupado pela espécie. No grupo A, a variável mais importante é a Bio 06 (temperatura mínima do mês mais frio) (Figura 3), já nos grupos B, C e D as variáveis de

maior relacionamento foram a Bio14 (precipitação do mês mais seco), Bio 17 (precipitação do quadrimestre mais seco) e Bio19 (precipitação do quadrimestre mais frio) (Figura 3).

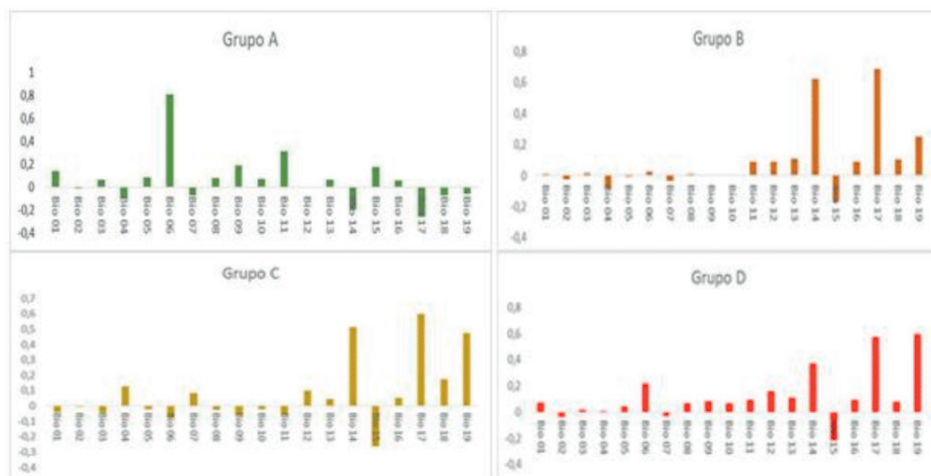


Figura 3: Variáveis que influenciam o espaço ambiental encontrado na distribuição do grupo filogeográfico A, B, C e D de *Puma concolor*.

4 | DISCUSSÃO

Os resultados encontrados a partir das análises de sobreposição de nicho para as diferentes linhagens de *Puma concolor*, mostraram que essas linhagens além de serem diferentes geneticamente como evidenciado em estudos anteriores (MATTE et al., 2013), também se diferem em relação aos espaços ambientais ocupado por elas. Os resultados podem indicar ainda que os parâmetros ambientais podem estar relacionados com processos de especiação dentro dessas espécies, onde as diferentes linhagens filogenéticas podem se segregar em eixos de temperatura, elevação e sazonalidade como observado em estudo realizado com espécies irmãs de sapos dos Andes (GRAHAM et al., 2004).

Seguindo a cadeia de eventos de dispersão indicados por O'Brien e Johnson (2007) para *P. concolor*, a espécie pode ter sofrido um declínio populacional e depois ter novamente expandido a sua distribuição a partir da América do Sul e durante esse processo pode ter ocupado nichos diferentes. Ambas espécies responderam de maneira semelhante às pressões evolutivas sofridas para expandir a suas distribuições ao longo de seu processo de dispersão pelas Américas. Elas se adaptaram às novas condições climáticas encontradas ao longo da variação longitudinal e latitudinal.

A conservação no nicho filogenético é uma permissa fundamental para estudos biogeográficos, sobretudo para estudos de modelagem de nicho ecológico e é assumida como uma qualidade comum, segundo a qual todas as espécies possuem pouca divergência do nicho ao longo de sua distribuição (PEARMAN et al. 2008). Esse fato não encontra

respaldo nos índices de sobreposição de nicho das linhagens filogeográficas de *Puma concolor*.

Existem poucas evidências de mudança de nicho por parte de uma espécie, principalmente pela dificuldade de detecção desse padrão ao longo da história evolutiva da espécie (PETERSON, 2011; PEARMAN et al., 2008). Os casos mais conhecidos são de espécies invasoras que mudaram o nicho ao longo do processo de dispersão na nova área de ocorrência, porém esses estudos apresentam evidências sobrevalorizadas em decorrência de artefatos metodológicos gerando algumas críticas em relação as evidências apresentadas (PETERSON, 2011). Os casos evidenciados aqui para *Puma concolor* trazem uma forte evidência de que o nicho ecológico de uma espécie pode se diferenciar ao longo de seu processo evolutivo e de dispersão geográfica na área natural de ocorrência.

Alguns estudos de conservação de nicho filogenético consideram a conservação do nicho ancestral nas espécies, resultantes de processos de especiação (WIENS; GRAHAM, 2005), como, por exemplo, o estudo realizado com famílias e espécies de morcegos do Brasil, onde foi possível observar que para as famílias existe uma tendência de se conservar o nicho ancestral, porém isso não é observado em algumas espécies desse grupo (PEIXOTO; VILLALOBOS; CIANCIARUSO, 2017).

Estudos dessa natureza são relevantes pois abordam questões relacionadas à ecologia e a evolução das espécies bem como a adaptação aos gradientes de diversidade ambiental (PYRON et al., 2015). Considera-se que espécies que tem um alto índice de conservação de nicho tendem a ter dificuldade de adaptação a qualquer nova situação ecológica durante o seu processo de evolução (COOPER; FRECKLETON; JETZ, 2011), em relação às espécies que não tendem a conservar o seu nicho. Dessa forma, é possível entender facilmente que espécies com nichos pouco conservados podem lidar mais facilmente com mudanças ambientais e invadir novos ambientes (BROENNIMANN et al., 2007).

Podemos considerar, então, que a plasticidade ambiental típica em *Puma concolor* é um efeito da capacidade de mudança de nicho climático que a espécie apresenta. Esta capacidade de se adaptar a novos ambientes pode ser reforçada pela plasticidade de hábitos alimentares e ecológicos da espécie. *Puma concolor* é considerado um predador generalista, uma vez que consome uma grande variedade de presas conforme a disponibilidade das mesmas no ambiente (LOGAN; SWEANOR, 2001) e além disso o tamanho da área de vida da onça-parda pode variar de região para região, bem como a densidade da espécie em cada região, também parecem depender diretamente da abundância de presas disponíveis (AZEVEDO et al., 2013).

A fragmentação dos habitats, a caça e outros fatores de ameaça que diretamente afetam a disponibilidade de presas para os mamíferos de médio e grande porte como *Puma concolor*, interferem diretamente na ocupação dos nichos dessas espécies uma vez que limitam a sua sobrevivência em determinados ambientes.

A ausência de características ancestrais no nicho também está relacionada a fenômenos de especiação simpátrica (LOSOS et al., 2003, LEVIN, 2005). Na falta de barreiras geográficas as populações tendem a se diferenciar ecologicamente e essa é a base do isolamento reprodutivo necessário para o surgimento de novas espécies. Aparentemente os resultados apresentados aqui estão registrando a ocorrência desses fenômenos na distribuição atual de *Puma concolor*.

A intensa atividade de mudanças climáticas e dinâmicas vegetacionais observadas ao longo do Pleistoceno na América do Sul podem ter favorecido e impulsionado a diferenciação morfológica, molecular e ecológica entre as distintas linhagens das duas espécies de *Puma*. A combinação de processos globais de mudanças climáticas ao longo dos últimos 2.5 milhões de anos (ZACHOS et al., 2001) com processos tectônicos regionais de grande impacto (EHLERS; POULSEN, 2009) alteraram profundamente a dinâmica de massas vegetacionais, ora reduzindo a distância entre grandes blocos de floresta (BEHLING, 1998; BEHLING; ARZ; WEFER, 2000) ora fortalecendo a estabilidade de outras regiões (WERNECK et al., 2011, 2012). Essas dinâmicas têm reconhecidos impactos no processo evolutivo de diferentes grupos biológicos e na distribuição das espécies (ARAÚJO; RAHBEK, 2006, DYNESIUS; JANSSON, 2000, PARMESAN, 2006) e segundo o estudo realizado por Matte et al. (2013) já indica influência na diversidade genética de *Puma concolor* na América do Sul.

Com os resultados obtidos neste estudo e com as evidências moleculares e morfológicas disponíveis na literatura é possível sugerir que a espécie estudada esteja em um processo de diversificação. Em termos moleculares as linhagens filogeográficas analisadas, possuem forte estruturação espacial que correspondem a padrões morfológicos indicadores de adaptação. Essas linhagens são diferenciadas ecologicamente como mostram os resultados desse estudo e estão, assim, em condições de estabelecerem isolamento reprodutivo.

Além da conclusão em relação ao processo de diversificação, também é possível ver evidências e implicações para a conservação das espécies. Mais do que conservar populações, é possível traçar um cenário mais completo a fim de conservar processos que estão ocorrendo de forma natural sem a intervenção humana.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M.B.; RAHBEK, C. How does climate change affect biodiversity? **Science**, v. 313, p. 1396–1397, 2006.

AZEVEDO, F. C. et al. Avaliação do risco de extinção da Onça-parda *Puma concolor* (Linnaeus, 1771) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, v. 3, n. 1, p. 107-121, 2013.

BEHLING, H. Late Quaternary vegetational and climatic changes in Brazil. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 99, p. 143–156, 1998.

- BEHLING, H.; ARZ, H.W.; WEFER, G. Late Quaternary vegetational and climate dynamics in northeastern Brazil, inferences from marine core GeoB 3104-1. **Quaternary Science Review**, v. 19, p. 981–994, 2000.
- BROENNIMANN, O. et al. Evidence of climatic niche shift during biological invasion. *Ecology Letters*, v. 10, p. 701-709, 2007.
- BROENNIMANN, O. et al. Measuring ecological niche overlap from occurrence and spatial environmental data. **Global Ecology and Biogeography**, v. 21, p. 481-497, 2012.
- COOPER, N.; FRECKLETON, R. P.; JETZ, W. Phylogenetic conservatism of environmental niches in mammals. **Proceedings of The Royal Society**, v. 278, p. 2384-2391, 2011.
- DYNESIUS, M.; JANSSON, R. Evolutionary consequences of changes in species' geographical distributions driven by Milankovitch climate oscillations. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 97, p. 9115–9120, 2000.
- EHLERS, T.A.; POULSEN, C, J. Influence of Andean uplift on climate and paleoaltimetry estimates. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 281, p. 238–248, 2009.
- EIZIRIK, E. A Molecular view on the evolutionary history and biogeography. In: PATTERSON, B. D.; COSTA, L. P. **Bones, Clones, and Biomes**. Chicago: The University of Chicago Press, v. 1, 2012. Cap. 7, p. 123-142.
- GRAHAM, C. H. et al. Integrating phylogenetics and environmental niche models to explore speciation mechanisms in dendrobatid frogs. **Evolution**, v. 58, n. 8, p. 1781–1793, 2004.
- HIJMANS, R. J. et al. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, v. 25, p. 1965-1978, 2005.
- IUCN. The IUCN Red List of Threatened Species. Disponível em: <www.iucnredlist.org>. Acesso em: 18 de Outubro de 2019.
- LEVIN, D. A. Niche shifts: the primary driver of novelty within angiosperm genera. **Systematic Botany**, v. 30, n. 1, p. 9-15, 2005.
- LOGAN, K. A.; SWEANOR, L. L. **Desert Puma: evolutionary ecology and conservations of an enduring carnivore**. Washington, DC.: Island Press, 2001.
- LOSOS, J.B. et al. Niche lability in the evolution of a Caribbean lizard community. **Nature**, v. 423, p. 542 – 545, 2003.
- MATTE, E. M. et al. Molecular evidence for a recent demographic expansion in the Puma (*Puma concolor*) (Mammalia, Felidae). **Genetics and Molecular Biology**, v. 36, n. 4, p. 586-59, 2013.
- MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Lista nacional das espécies da fauna brasileira ameaçadas de extinção**, 2014. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 01 Novembro 2017.
- O'BRIEN, S. J.; JOHNSON, W.E. The evolution of cats. **Scientific American**, p. 68-75, 2007.

- OLALLA-TÁRRAGA, M.Á. et al. Climatic niche conservatism and the evolutionary dynamics in species range boundaries: global congruence across mammal amphibians. **Journal of Biogeography**, v. 38, p. 2237–2247, 2011.
- OLALLA-TÁRRAGA, M. A. et al. Contrasting evidence of phylogenetic niche conservatism in mammals worldwide. **Journal of Biogeography**, v. 44, p. 99 – 110, 2017.
- PARMESAN, C. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 37, p. 637-669, 2006.
- PEARMAN, P. B. et al. Niche dynamics in space and time. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 23, n. 3, p. 149–158, 2008.
- PETERSON, A. T. Ecological niche conservatism: a time-structured review of evidence. **Journal of Biogeography**, v. 38, p. 817-827, 2011.
- PEIXOTO, F. P.; VILLALOBOS, F.; CIANCIARUSO, M. V. Phylogenetic conservatism of climatic niche in bats. **Global Ecology and Biogeography**, v. 26, p. 1055-1065, 2017.
- PYRON, A. R. et al. Phylogenetic niche conservatism and the evolutionary basis of ecological speciation. **Biological Reviews**, v. 90, p. 1248-1262, 2015.
- R Core Team (2014) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available at: <http://www.R-project.org/> (accessed 03 June 2016)
- R Core Team **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <http://www.R-project.org/> (Acessado em 20 de Junho de 2017), 2014.
- SOBERÓN, J. Grinnellian and Eltonian niches and geographic distributions of species. **Ecology Letters**, v. 10, n. 12, p. 1115-1123, 2007.
- SCHOENER, T.W. The Anolis lizards of Bimini: resource partitioning in a complex fauna. **Ecology**, v. 49, p. 704 – 726, 1968.
- WARREN, D.L.; GLOR, R.E.; TURELLI, M. Environmental niche equivalency versus conservatism: quantitative approaches to niche evolution. **Evolution**, v. 62, p. 2868–2883, 2008.
- WARREN, D. L.; GLOR, R. E.; TURELLI, M. ENMTools: a toolbox for comparative studies of environmental niche models. **Ecography**, v. 33, p. 607-611, 2010.
- WERNECK, F.P. Revisiting the historical distribution of Seasonally Dry Tropical Forests: new insights based on palaeodistribution modelling and palynological evidence. **Global Ecology and Biogeography**, v. 20, p. 272–288, 2011.
- WERNECK, F.P. Climatic stability in the Brazilian Cerrado: implications for biogeographical connections of South American savannas, species richness and conservation in a biodiversity hotspot. **Journal of Biogeography**, v. 39, p. 1695–1706, 2012.

WIENS, J. J.; GRAHAM, C. H. Niche conservatism: integrating evolution, ecology, and conservation biology. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 36, p. 516-539, 2005.

ZACHOS, J. et al. Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present. **Science**, v. 292, p. 686–693, 2001.

CAPÍTULO 7

ESPECTRO DE PROVISÃO DE SAÚDE DO ECOSISTEMA (EHPS): CONCEPÇÃO E APLICABILIDADE

Data de aceite: 01/07/2021

Data da submissão: 05/04/2021

Antônio Germane Alves Pinto

Universidade Regional do Cariri-URCA
Juazeiro do Norte – Ceará
<http://lattes.cnpq.br/5229474868285400>

Mariany Fernandes da Silva

Universidade Regional do Cariri - URCA
Caririaçu - Ceará
<http://lattes.cnpq.br/0424002847711251>

Kleyton Pereira de Lima

Universidade Regional do Cariri-URCA
Caririaçu-Ceará
<http://lattes.cnpq.br/9218143036859294>

Érica Rodrigues Fernandes Silva

Universidade Regional do Cariri-URCA
Juazeiro do Norte – Ceará
<http://lattes.cnpq.br/1067872969269888>

Micaelle de Sousa Silva

Universidade Regional do Cariri-URCA
Crato- Ceará
<http://lattes.cnpq.br/9371323407401347>

Ana Karoline de Almeida Lima

Universidade regional do Cariri-URCA
Crato- Ceará
<http://lattes.cnpq.br/8240793219329742>

Melina Even Silva da Costa

Universidade Regional do Cariri-URCA
Juazeiro do Norte – Ceará
<http://lattes.cnpq.br/3488322448088194>

Maria Luiza Peixoto Brito

Universidade regional do Cariri-URCA
Crato- Ceará
<http://lattes.cnpq.br/6946101326974435>

RESUMO: Objetiva-se descrever o Ecosystem's Health Provision Spectrum (EHPS) como instrumento de avaliação preliminar da capacidade de promoção da saúde e qualidade de vida na Região do Geopark Araripe. Estudo exploratório, documental com dados bibliográficos. A aplicação do EHPS envolve o levantamento territorial das potencialidades e fragilidades relacionadas com a oferta de iniciativas sanitárias, acessibilidade ao meio-ambiente e condições de saúde da população nas localidades. Para a compreensão das informações sobre as condições de saúde dos grupos populacionais, comumente aplicada nos Geoparques Globais da Organização das Nações Unidas para Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), torna-se preciso uma abordagem interdisciplinar, dados intersetoriais e aplicação prática. O EHPS apresenta uma metodologia padronizada de pesquisa e classificação que utiliza a avaliação e a participação social para mensurar a capacidade dos territórios na oferta e promoção de estilos de vida saudáveis. Sua utilização, em escala ecológica, permite mensurações estratégicas para implementação de planos e intervenções coletivas, facilitando o gerenciamento eficiente e promovendo o desenvolvimento econômico, o bem-estar e saúde.

PALAVRAS - CHAVE: Qualidade de Vida. Geopark Araripe. Promoção da Saúde.

ECOSYSTEM'S HEALTH PROVISION SPECTRUM (EHPS): CONCEPTION AND APPLICABILITY

ABSTRACT: The objective is to describe the Ecosystem's Health Provision Spectrum (EHPS) as a preliminary assessment of health promotion capacity and quality of life in the Araripe Geopark Region. Exploratory, documentary study with bibliographic data. The application of the EHPS involves the territorial lead of the potentialities and weaknesses related to the provision of sanitary initiatives, accessibility to the environment and health conditions of the population in the localities. To understand the information on the health conditions of population groups, commonly applied in the Global Geoparks of the United Nations For Education, Science and Culture (UNESCO), an interdisciplinary approach, intersectoral data and practical application is needed. The EHPS presents a standardized research and classification methodology that uses evaluation and social participation to measure the capacity of territories in the provision and promotion of healthy lifestyles. Its use, on an ecological scale, allows strategic measurements for the implementation of collective plans and interventions, facilitating efficient management and promoting economic development, well-being and health.

KEYWORDS: Quality of Life. Araripe Geopark. Health Promotion.

1 | INTRODUÇÃO

Com o intuito coletivo para a gestão de locais e paisagens geológicas de maneira holística, os membros da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), ratificaram a criação do Programa Internacional de Geociências e Geoparques (IGGP), expressando o reconhecimento governamental da importância da gestão de sítios geológicos, na relevância das interações humanas com o ambiente natural para promover estilos de vida saudáveis integrada à necessidade de preservar e aumentar o valor da Geoparques globais e o desenvolvimento sustentável das populações locais.

Para tanto, o Ecosystem's Health Provision Spectrum (EHPS) possui uma abordagem interdisciplinar a ser aplicada nos Geoparques Globais da UNESCO com uma metodologia padronizada de pesquisa e classificação que possa ser usado para avaliar a capacidade de fornecer e promover estilos de vida saudáveis. Sua utilização, em escala ecológica, permite mensurações estratégicas para implementação de planos e intervenções coletivas, facilitando o gerenciamento eficiente e promovendo o desenvolvimento econômico, o bem-estar e saúde (GABRIEL et al, 2018).

O conhecimento e aplicação do Ecosystem's Health Provision Spectrum (EHPS) como instrumento de avaliação preliminar da capacidade de promoção da saúde e qualidade de vida na Região do Geopark Araripe. Envolve o levantamento territorial das potencialidades e fragilidades relacionadas com a oferta de iniciativas de promoção da saúde, acessibilidade ao meio-ambiente e condições de saúde da população nas localidades.

No Geopark Araripe, condições de vida e promoção da saúde no território têm relação com as informações sobre indicadores de saúde, cobertura assistencial e disponibilidades

de equipamentos e espaços para ações de prevenção, promoção e reabilitação promotoras de qualidade de vida. A aplicação do instrumento de provisão da saúde no território, favorece o reconhecimento prévio do cenário de atuação, o que aumenta a possibilidade de eficácia no desenvolvimento das pesquisas relacionadas as condições de saúde da população.

2 | OBJETIVO

Descrever o Ecosystem's Health Provision Spectrum (EHPS) como instrumento de avaliação preliminar da capacidade de promoção da saúde e qualidade de vida na Região do Geopark Araripe.

3 | METODOLOGIA

Trata-se de um estudo exploratório, documental com dados bibliográficos. Para a compreensão das informações sobre as condições de saúde dos grupos populacionais relacionadas com práticas de interação com o meio ambiente, iniciativas de promoção da saúde e acessibilidade para estilo de vida saudável, levando em consideração análise das características clínicas, sociais e epidemiológicas do território, foi pesquisado e descrito a aplicabilidade do Ecosystem's Health Provision Spectrum (EHPS).

O EHPS foi tematizado em buscas bibliográficas nas bases de dados Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) e PUMED, em estudos relacionados com o papel desempenhado pelos geoparques da UNESCO para promover um estilo de vida saudável e melhorar as condições de vida das populações locais, visando avaliar os impactos e consequências sociais, tanto positivas quanto negativas.

4 | RESULTADOS

O Ecossistema Saúde Provisão Spectrum (EHPS) em uma escala ecológica é uma metodologia de classificação que pode ser usado para avaliar a capacidade do geoparque em fornecer e promover estilos de vida saudáveis. O EHPS está em consonância com as prioridades da UNESCO, em particular com o Programa de Geociências e Geoparques Internacional (IGGP) e seu lema de “Geociências no Serviço da Sociedade” (RONALDO, *et al*, 2018).

O benefício da utilização do EHPS, foi destacado durante a 38ª Conferência Geral da UNESCO, nos Estados Unidos, na qual ratificou a criação do Programa de Geociências e Geoparques Internacional (IGGP) expressando o reconhecimento governamental da importância da gestão de sítios geológicos notáveis e paisagens de uma forma holística (RONALDO, *et al*, 2018).

Neste contexto, a importância das interações humanas com o meio ambiente natural para promover estilos de vida saudáveis foi principalmente uma resposta à necessidade de

preservar e aumentar o valor da UNESCO Global de Geoparques, bem como destacar a sua utilidade para o desenvolvimento sustentável das populações locais. O EHPS em uma escala ecológica será outra ferramenta importante para a UNESCO Global de Geoparques, facilitando a gestão eficiente em promover o desenvolvimento econômico, bem-estar e saúde.

O desenvolvimento do espectro de serviços de saúde de um ecossistema (EHPS) deve ser intrinsecamente sustentado por abordagens interdisciplinares metodológicas entre geociências, ciências ambientais, ciências humanas, ciências sociais, bem como da vida e ciências da saúde para identificar e avaliar cenários naturais que podem fornecer demonstráveis benefícios de saúde física e mental. Estes cenários são chamados de Recursos de Saúde (horas) (RHs). (MACHILIS e THOSEN, 2013).

Para desenvolver um EHPS em uma escala ecológica, é fundamental criar uma abordagem sistemática para identificar e avaliar as definições ambientais que servem como RHs, bem como proporcionar oportunidades para tirar proveito deles através das quatro diferentes canais de experiência humana (saber; perceber; interagir em maneiras físicas e multissensorial, e viver dentro), (RONALDO, *et al*, 2018).



Imagem I: Conceitos investigativos para concepção e aplicabilidade do Ecosystem's Health Provision Spectrum (EHPS) .

RONALDO, G. et al. An Emerging Paradigm for the UNESCO Global Geoparks: The Ecosystem's Health Provision. **Rev. geosciences.**, 14 March 2018.

Baseado em abordagens anteriores, o EHPS, pode ser focado em adaptações ao modelo de Lazer Spectrum Opportunity (ROS). Que leva em conta o potencial recreativo (RP) e a oportunidade de lazer (RO), (RONALDO, *et al*, 2018). Nesta adaptação a análise é focada em toda uma gama de possibilidades de recreação prestados pelos ecossistemas. Associada com a eventual concessão do serviço, que é conhecido como o recreio

potencial indicador (RPI), que considera o afastamento e acessibilidade. Tendo em vista a infraestrutura para acolhimento, a orientação e informações aos visitantes (PARACCHINI, *et al*, 2014).

O EHPS deve identificar tipos de potenciais exposições ambientais com efeitos positivos para a saúde estão localizadas e determinar sua magnitude potencial, considerando os diferentes canais de experiência humana, o potencial recreativo e a oportunidade de lazer. Tendo em vista, esses componentes com a mesma importância para desencadear interações benéficas dos seres humanos com meio ambiente e promover um estilo de vida saudável. (RONALDO, *et al*, 2018). Em concordância com os objetivos dos geoparques.

Os geoparques conceituam-se como uma estratégia territorial com limites definidos, destinado a práticas de geoconservação e desenvolvimento econômico sustentável das cidades envolvidas. Deve conter elementos de grande valor geológico, paleontológico ou arqueológico, apelo cênico, expressiva biodiversidade e potencial turístico, não sendo, no entanto, caracterizado como uma área de proteção ambiental legal (UNESCO 2018).

O Geoparque Araripe é o único do Brasil e das Américas e está localizado entre os estados do Ceará, Piauí e Pernambuco. Possui como principal objetivo promover o desenvolvimento da região metropolitana do Cariri, seguindo as diretrizes da UNESCO. O mesmo desenvolve na região uma série de programas educacionais, incentivando tanto a pesquisa regional quanto o estabelecimento de atividades econômicas. Estruturando medidas efetivas com inter-relação dos pilares: educação, ciência, saúde e desenvolvimento sustentável nesta região (SILVEIRA *et al*. 2012).

O reconhecimento do valor intrínseco da biodiversidade e sua contribuição para o bem-estar humano é crucial para a implementação dos 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) que integram a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Sendo reponsabilidade de territórios com designação UNESCO, como os Geoparques Mundiais da UNESCO assumir um papel-chave na implementação desta Agenda até 2030.

Os Geoparques Mundiais da UNESCO são territórios de ciência, educação e cultura que promove a preservação do patrimônio geológico em conexão com aspectos naturais e culturais da área, e são gerenciados sob uma abordagem comunitária e holística para o desenvolvimento sustentável (UNESCO, 2018). O Geoparque é considerado um fator essencial para o turismo e se traduz em benefícios socioeconômicos, naturais e culturais. Do ponto de vista econômico, é um fator que ajuda a criar empregos, trazendo grandes oportunidades e possibilidades de desenvolvimento e crescimento para o ambiente. Da mesma forma, é um instrumento essencial de grande influência nos determinantes sociais da saúde (CORTIJO e PULIDO, 2016).

Um corpo acumulado de pesquisas indica que o envolvimento em comportamentos saudáveis, e atividades ao ar livre, podem promover a neuroplasticidade do cérebro e diminuir o declínio cognitivo, físico e funcional (JAMES, *et al*, 2011). Demonstrando benefícios para o bem estar, saúde física e mental, e redução do estresse.

Dessa forma, a aplicação do EHPS, tem por base, uma gama de estudos que destacam a compreensão do valor dos benefícios proporcionados pela natureza às sociedades, demonstrando a relevância do contato com ambientes naturais, para o bem estar, saúde física e mental. Uma vez que, um estilo de vida inativo está na origem de muitas doenças crônicas não transmissíveis que são endêmicas em nossa sociedade moderna.

O EHPS, considera a importância restauradora de ambientes naturais, para um funcionamento eficaz da saúde e bem-estar humano, pode ser utilizado para identificar e valorizar os RHs distribuídos nos geoparques. Incentivando a realização de atividades físicas ao ar livre, e encorajando a adesão das interações humanas com o meio ambiente natural para promover estilos de vidas saudáveis.

5 | CONCLUSÃO

Conclui-se, portanto, que o EHPS é uma metodologia de classificação que pode ser usada para avaliar a capacidade do geoparque em fornecer e promover uma melhor qualidade de vida. E a aplicação desse estudo, pode promover uma maior visibilidade para o Recursos Horas (RHs) presentes no Geopark Araripe, bem como incentivar a adesão ao estilo de vida saudável pela população. Visto que, promoverá a identificação de alguns tipos potenciais de exposições ambientais com efeitos positivos para a saúde e determinará sua magnitude potencial.

A aplicação do EHPS, pode avaliar ainda, a efetividade das práticas de promoção da saúde no território e dimensionar o impacto das ações comunitárias. Evidenciando as intervenções resolutivas na Estratégia de Saúde da Família (ESF), Núcleos de Apoio à Saúde da Família (NASF) e o Polo do Programa Academia da Saúde. Facilitando a gestão eficiente em promover o desenvolvimento econômico, bem-estar e saúde.

Diante disso, se torna importante a adoção de medidas efetivas, que facilitem a busca por um novo estilo de vida saudável e que estimule uma maior participação social das pessoas no controle de sua saúde. Assim, a prática de atividades ao ar livre é uma das ações de lazer e de saúde, que irá tornar os cidadãos mais felizes e seus corpos saudáveis. Esse serviço vem se tornando uma estratégia fortemente difundida por que é entendido como um fator contribuinte para a promoção da saúde visando uma melhor qualidade de vida.

REFERÊNCIAS

CORTIJO, C.E.; PULIDO, F.M. PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN RESIDENTE EN CAÑAMERO ACERCA DEL GEOPARQUE VILLUERCAS-IBORES-JARA (EXTREMADURA, ESPAÑA). **Rev. Cuadernos de Turismo**, n.37, p. 93-112, jun. 2016.

GABRIEL, R.; MOREIRA, H.; ALENCOÃO, A.; FARIA, A.; SILVA, E.; SÁ, A. An Emerging Paradigm for the UNESCO Global Geoparks: The Ecosystem's Health Provision. **Geosciences**. V.8, n. 100, 2018.

JAMES B. D. et al. Late-life social activity and cognitive decline in old age. **Rev. International Neuropsychological Society**, v. 17, p.998–1005, Set. 2011.

MACHLIS, G.; THOMSEN, J. The National Parks & Public Health: A NPS Healthy Parks, Healthy People Science Plan; **National Park Service**, U.S. Department of the Interior: Washington, DC, USA, pp. 2–64, Jul 2013.

PARACCHINI M.. et al. Mapping cultural ecosystem services: A framework to assess the potential for outdoor recreation across the EU. **Ecological Indicators.**, v.45, p.386-393, out 2014.

RONALDO, G. et al. An Emerging Paradigm for the UNESCO Global Geoparks: The Ecosystem's Health Provision. **Rev. geosciences.**, 14 March 2018.

SILVEIRA A.C. et al. Análise de efetividade de manejo do Geopark Araripe - Estado do Ceará. *Rev. Geociências.*, v.31, n.1, p.117-128, Jul 2012.

UNESCO. (2018). **Programa Internacional de Geoparques de la UNESCO**. Obtido de: <http://www.unesco.org/new/es/office-in-montevideo/natural-sciences/international-programme-for-geosciences-and-geoparks/unesco-global-geoparks>.

FERRAMENTAS DISPONÍVEIS PARA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA

Data de aceite: 01/07/2021

Luiz Mauro Barbosa

PqCVI – Diretor Geral do Instituto de Botânica

RESUMO: A busca de ferramentas para a restauração ecológica tem sido uma constante nas propostas do IBt, sobretudo na busca de facilitadores dos processos de restauração ecológica e de aplicação de normas e procedimentos propostos pela pesquisa e pela academia, sempre considerando a possibilidade de propor políticas públicas consistentes e com maior credibilidade técnico-científica, ou seja, procurando dar mais credibilidade e agilidade aos processos de licenciamento ambiental, que envolvem a restauração ecológica e a conservação da biodiversidade. Além das ferramentas já descritas, que auxiliam na elaboração de projetos de restauração ecológica, existe a legislação estadual, com as resoluções: Resolução SMA 32, de 2014, resolução orientativa vigente para restauração no estado de São Paulo; Resolução SMA 48, de 2004, com a lista oficial das espécies da flora do estado de São Paulo ameaçadas de extinção, atualizada pela Resolução SMA 57, de 2016; Resolução SMA 68, de 2008, que estabelece regras para a coleta e utilização de sementes oriundas de unidades de conservação, no estado de São Paulo; e Resolução SMA 64, de 2009, que dispõe sobre o detalhamento das fisionomias da vegetação de Cerrado e de seus estágios

de regeneração. A auto-renovação das florestas tropicais acontece por meio da regeneração de clareiras, originadas de distúrbios pelo processo de sucessão secundária, que ocorre desde que exista disponibilidade de sementes de espécies pioneiras no solo, atuando como “bancos de sementes” de espécies pioneiras e não pioneiras em mata adjacente, ou seja, como fonte de sementes. Também é preciso entender que o retorno, ou não, das condições anteriores a uma perturbação, bem como a velocidade com que o mesmo ocorre (resiliência), vai depender de muitos fatores, tais como a intensidade e frequência de distúrbios, as condições atuais dos sítios, as espécies e sua ordem de chegada nesses locais. Assim, as ferramentas aqui apresentadas representam os avanços para restauração ecológica e são capazes de facilitar o reflorestamento, com qualidade e conservação da biodiversidade.

PALAVRAS - CHAVE: Ferramentas para restauração.

ABSTRACT: The search for tools for ecological restoration has been a constant feature of IBt's proposals, especially in the search for facilitators of ecological restoration processes and the application of standards and procedures proposed by research and academia, always considering the possibility of proposing consistent public policies. and with greater technical-scientific credibility, that is, seeking to give more credibility and agility to the environmental licensing processes, which involve ecological restoration and the conservation of biodiversity. In addition to the tools already described, which assist in

the elaboration of ecological restoration projects, there is state legislation, with the following resolutions: Resolution SMA 32, of 2014, current guiding resolution for restoration in the state of São Paulo; Resolution SMA 48, 2004, with the official list of flora species in the state of São Paulo threatened with extinction, updated by Resolution SMA 57, 2016; Resolution SMA 68, of 2008, which establishes rules for the collection and use of seeds from conservation units, in the state of São Paulo; and Resolution SMA 64, 2009, which provides for the details of the physiognomies of the Cerrado vegetation and their stages of regeneration. The self-renewal of tropical forests occurs through the regeneration of clearings, originated from disturbances caused by the secondary succession process, which occurs as long as there is availability of seeds of pioneer species in the soil, acting as “seed banks” of pioneer species and not pioneers in adjacent forest, that is, as a source of seeds. It is also necessary to understand that the return, or not, of the conditions prior to a disturbance, as well as the speed with which it occurs (resilience), will depend on many factors, such as the intensity and frequency of disturbances, the current conditions of the disturbances. sites, species and their order of arrival at those locations. Thus, the tools presented here represent the advances in ecological restoration and are capable of facilitating reforestation, with quality and conservation of biodiversity.

KEYWORDS: Tools for restoration.

INTRODUÇÃO

Apesar dos muitos avanços verificados nos últimos anos, a restauração ecológica tem recebido poucas informações consistentes, no sentido de propiciar avanços práticos importantes para o estabelecimento de modelagem e parâmetros, que possam não apenas apontar a possibilidade de maiores sucessos nesta prática, mas também promover o estabelecimento de indicadores do monitoramento, capazes de subsidiar políticas públicas bem embasadas.

Sobre este assunto, o Instituto de Botânica de São Paulo, por meio de pesquisas, simpósios e workshops, promovidos pelo CERAD (Coordenação Especial de Restauração de Áreas Degradadas), tem estabelecido importantes “ferramentas” para auxiliar na restauração e conservação da biodiversidade, disponibilizando-as no site do Instituto de Botânica. A mais nova ferramenta, denominada Roteiro Básico para a Restauração, é apresentada no final deste trabalho.

No Brasil, o estado de São Paulo foi pioneiro no estabelecimento de políticas públicas para reflorestamentos heterogêneos com espécies nativas, considerando a diversidade das espécies florestais, o que auxilia na conservação de sua biodiversidade, além de agregar outros processos facilitadores, como a nucleação, o uso de topsoil, entre outras técnicas. Barbosa et al. (2017) comentam sobre as principais bases teóricas para a restauração de áreas degradadas e apontam, ao final, as principais tendências.

A partir dos estudos sobre restauração de áreas degradadas, desenvolvidos nas décadas de 1980 a 1990, embora ainda incipientes na época, o Instituto de Botânica organizou o I Simpósio sobre Matas Ciliares, em 1989 (Barbosa coord. 1989), na cidade

de São Paulo. Depois, em 2000, o primeiro Workshop sobre Recuperação de Formações Florestais Litorâneas, na cidade de São Sebastião (Barbosa, 2000) e, mais importantes palestras e simpósios sobre restauração ecológica, ocorridos no 58º Congresso Nacional de Botânica (Barbosa e Santos Jr. org.2007), eventos que podem ser considerados marcos importantes na discussão da temática sobre restauração ecológica de áreas degradadas. Após a realização dos dois primeiros eventos citados, verificou-se um intenso desenvolvimento da ciência e tecnologia para restauração de áreas degradadas, com obtenção de resultados importantes, tanto para valorizar as espécies florestais nativas, quanto para modelagem em reflorestamentos de zonas ciliares. Também a produção de sementes e mudas de espécies arbóreas nativas apresentou importantes avanços nas três últimas décadas (Barbosa, 2011 a), mas foi a partir de constatações de pesquisas desenvolvidas pelo IBt, no início deste século, que novos paradigmas foram estabelecidos pelos pesquisadores e adotados pela SIMA. O plantio a partir de 80 espécies florestais nativas ou mais, por hectare, proposto por Barbosa coord. (2002), resulta das pesquisas desenvolvidas pelo IBt, em Projetos de Políticas Públicas (PPP) apoiados pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Complementares a estes resultados, há pesquisas e estudos desenvolvidos por algumas universidades paulistas como USP, UNESP, UFSCAR, entre outras.

Para se ter uma ideia de como esta temática vem sendo discutida no estado de São Paulo, nos últimos 30 anos, foram realizados, apenas pelo IBt/SIMA, mais de 20 eventos entre cursos, simpósios, workshops e congresso. Com a criação do CERAD, no início do ano 2000, e os projetos de políticas públicas apoiados pela FAPESP, verificou-se a necessidade de se estabelecer normas ou parâmetros orientativos para a restauração florestal de áreas degradadas no estado de São Paulo.

O IBt, através do CERAD, tem sido um exemplo muito positivo de como a ciência pode auxiliar no estabelecimento de políticas públicas para o meio ambiente. Assim, o estabelecimento de parâmetros facilitadores de planejamento, avaliação e licenciamento ambiental, envolvendo a identificação de obstáculos e dificuldades socioambientais, bem como suas soluções através de políticas públicas baseadas em resultados de pesquisa, são algumas atividades que o IBt passou a desenvolver, com maior ênfase, após a criação da SMA (1986).

De acordo com estudos desenvolvidos pelo IBt, no final da década de 90, em quase uma centena de projetos, todas as áreas reflorestadas há mais de 10 anos estavam em declínio, ou totalmente degradadas. Constatou-se que muitos destes insucessos estavam associados à baixa diversidade de espécies inadequadas a cada situação; à falta de correção ou melhoria da fertilidade do solo; a plantios inadequados, entre outros fatores. Estas constatações levaram a SIMA a editar a primeira resolução orientativa, a SMA 21, de 21/11/2001, que estabeleceu critérios mínimos para a aprovação de projetos de reflorestamento relacionados a licenciamento ambiental, solução de passivos ambientais,

ajustamento de conduta ou com o uso de recursos públicos. A partir daí, o IBt discutiu o tema com os diversos segmentos envolvidos com esta questão (universidades, institutos de pesquisa, órgãos licenciadores, fiscalizadores, de assistência técnica, ministério público e principalmente os agricultores e partes interessadas).

FERRAMENTAS DISPONIBILIZADAS PELO INSTITUTO DE BOTÂNICA NA ÁREA DE RESTAURAÇÃO / CERAD

Existe, no Instituto de Botânica de São Paulo, uma Coordenação Especial para Restauração de Áreas Degradadas – CERAD – cujo principal objetivo é o desenvolvimento de metodologias, visando à restauração ecológica de áreas degradadas, por meio de técnicas de plantio e monitoramento de reflorestamentos induzidos com espécies florestais nativas.

Projetos sobre restauração ecológica, envolvendo compensação ambiental de danos causados por grandes empreendimentos, em São Paulo, têm contribuído significativamente para o estabelecimento de indicadores de sustentabilidade, nos reflorestamentos heterogêneos. Há muitos avanços no conhecimento sobre ações importantes, a serem adotadas para restaurações de uma área degradada, mas as inúmeras possibilidades e situações existentes, como o grau de resiliência, histórico e fatores da degradação, além de muitos outros aspectos de singular importância, como diversidade florística e a dinâmica das populações implantadas, qualidade e procedência das mudas, substratos, preparo dos solos, etc., ainda exigem esforços para suprir muitas lacunas no conhecimento.

Com o objetivo de disseminar informações provenientes de pesquisas, para facilitar e qualificar os processos de restauração ecológica no estado de São Paulo, o Cerad disponibiliza, no site do IBt (www.ibot.sp.gov.br), ferramentas facilitadoras da restauração ecológica, a saber: lista de espécies indicadas para restauração ecológica; chave de tomada de decisões; lista dos viveiros produtores de mudas de espécies florestais nativas no estado de São Paulo; e relação de espécies arbóreas nativas 1 e 2.

LISTA DE ESPÉCIES INDICADAS PARA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA PARA DIVERSAS REGIÕES DO ESTADO DE SÃO PAULO (2017)

Esta listagem exemplificativa de espécies vegetais nativas regionais, de ocorrência em ambientes florestais e campestres, contempla os diversos hábitos de vida, com atualização nomenclatural, sendo atualizada sempre que novas informações são geradas. São 2.951 espécies, passíveis de serem utilizadas nos processos de restauração ecológica, seja nos plantios em área total, seja no enriquecimento das áreas em processos de revitalização e de conservação da biodiversidade.

A listagem está organizada por cada uma das regiões ecológicas do estado de São Paulo, de acordo com Setzer (1966), contemplando 939 espécies arbóreas, 175 arvoretas,

448 arbustos, 218 subarbustos, 484 ervas, 167 lianas, 242 epífitas, 145 aquáticas e paludosas, e 133 pteridófitas, com destaque para 678 espécies da flora ameaçadas de extinção.

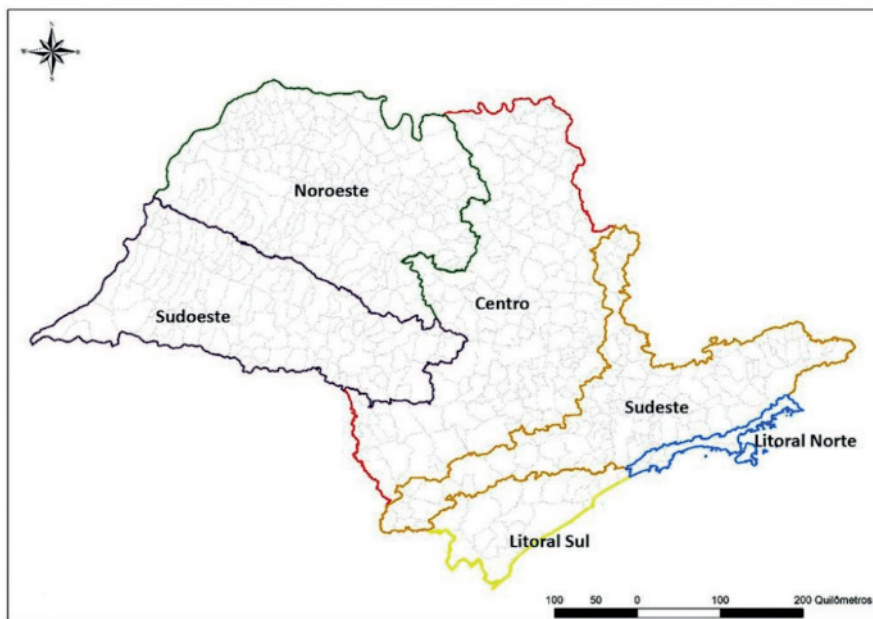


Figura 1: Indicação das regiões ecológicas, segundo classificação proposta por Setzer (1966)

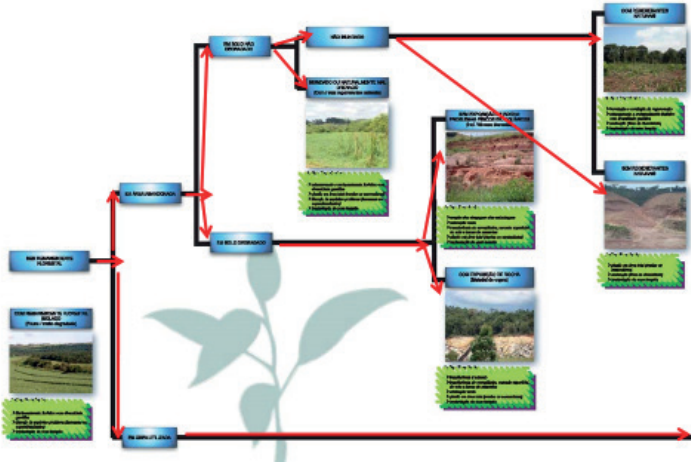
As informações constantes sobre as espécies são: família, nome da espécie, nome popular, altura, classe sucessional, grupo funcional, síndrome de dispersão, bioma/ecossistema e região ecológica, com destaque para as espécies ameaçadas de extinção e espécies especialmente indicadas para o rápido recobrimento vegetal.

CHAVE DE TOMADA DE DECISÕES

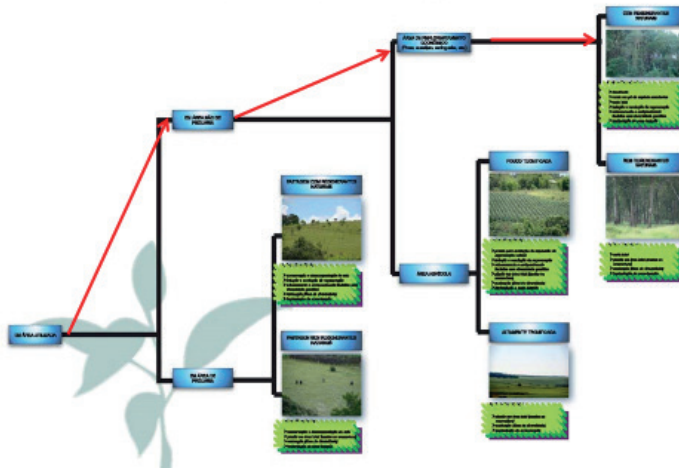
Esta chave apresenta recomendações e possibilidades de aplicação dos diversos modelos de recuperação de áreas degradadas, a partir das várias situações de degradação em que possam ser encontradas. Disponível no site do Instituto de Botânica: www.ibot.sp.gov.br



RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS CHAVE DE TOMADA DE DECISÕES



RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS CHAVE DE TOMADA DE DECISÕES



VIVEIROS DE MUDAS FLORESTAIS NATIVAS DO ESTADO DE SÃO PAULO

As principais informações, cadastradas sobre os viveiros produtores de mudas nativas do estado de São Paulo, incluem identificação, caracterização, estrutura, sementes, mudas, produção anual, capacidade máxima de produção e espécies produzidas.

A lista georreferenciada dos viveiros, disponível para consultas, visa à sua utilização como uma “ferramenta” de intercâmbio entre produção e consumo de mudas, facilitando a seleção de espécies regionais destinadas à restauração ecológica.

RELAÇÃO DE ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS 1 E 2

O objetivo da relação de mudas de espécies arbóreas nativas do estado de São Paulo, com imagens, é facilitar o “reconhecimento” ou a identificação das mudas a serem utilizadas nos plantios.

Família: SAPOTACEAE

Espécie: *Pouteria caimito* (Ruiz & Pav.) Radlk.

N. popular: Abiu / Abiu-amarelo

Não Pioneira

Síndrome de dispersão: Zoocórica



Figura 2: Relação de espécies arbóreas nativas 1

Família: APOCYNACEAE

Espécie: *Rauvolfia sellowii* Müll. Arg.

N. popular: Casca-d'anta

Não Pioneira

Síndrome de dispersão: Zoocórica



Figura 3: Relação de espécies arbóreas nativas 2



Figura 4: Resumo “ferramentas” site

CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

A busca de ferramentas para a restauração ecológica tem sido uma constante nas propostas do IBt, sobretudo na busca de facilitadores dos processos de restauração ecológica e de aplicação de normas e procedimentos propostos pela pesquisa e pela academia, sempre considerando a possibilidade de propor políticas públicas consistentes e com maior credibilidade técnico-científica, ou seja, procurando dar mais credibilidade e agilidade aos processos de licenciamento ambiental, que envolvem a restauração ecológica e a conservação da biodiversidade.

Além das ferramentas já descritas, que auxiliam na elaboração de projetos de restauração ecológica, existe a legislação estadual, com as resoluções: Resolução SMA 32, de 2014, resolução orientativa vigente para restauração no estado de São Paulo; Resolução SMA 48, de 2004, com a lista oficial das espécies da flora do estado de São Paulo ameaçadas de extinção, atualizada pela Resolução SMA 57, de 2016; Resolução SMA 68, de 2008, que estabelece regras para a coleta e utilização de sementes oriundas de unidades de conservação, no estado de São Paulo; e Resolução SMA 64, de 2009, que dispõe sobre o detalhamento das fisionomias da vegetação de Cerrado e de seus estágios de regeneração.

A auto-renovação das florestas tropicais acontece por meio da regeneração de clareiras, originadas de distúrbios pelo processo de sucessão secundária, que ocorre desde que exista disponibilidade de sementes de espécies pioneiras no solo, atuando como “bancos de sementes” de espécies pioneiras e não pioneiras em mata adjacente, ou

seja, como fonte de sementes.

Também é preciso entender que o retorno, ou não, das condições anteriores a uma perturbação, bem como a velocidade com que o mesmo ocorre (resiliência), vai depender de muitos fatores, tais como a intensidade e frequência de distúrbios, as condições atuais dos sítios, as espécies e sua ordem de chegada nesses locais.

Assim, as ferramentas aqui apresentadas representam os avanços para restauração ecológica e são capazes de facilitar o reflorestamento, com qualidade e conservação da biodiversidade.

ROTEIRO DE PROJETOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL POR MEIO DE PLANTIO DE MUDAS NATIVAS

CONSIDERAÇÕES GERAIS

1 | OBJETIVO

Este roteiro descreve as diretrizes de elaboração de projetos técnicos de restauração florestal, por meio de plantio de mudas nativas. Foi elaborado pelo Instituto de Botânica (Ibt), que possui ampla experiência na elaboração e acompanhamento de projetos, e presta serviços relacionados.

2 | CONTEXTO

Desde 2014, com a publicação da Resolução SMA 32/14 (Link: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/legislacao/2014/04/resolucao-sma-32-2014/sma-32-2014/>), que estabelece as orientações, diretrizes e critérios sobre restauração ecológica no estado de São Paulo, todos os projetos de restauração desenvolvidos no estado devem ser cadastrados no Sistema Informatizado de Apoio à Restauração Ecológica - SARE, cuja finalidade é o registro, monitoramento e apoio às iniciativas e projetos de restauração.

O SARE está disponível para acesso público e gratuito, bem como seu manual de utilização e informações adicionais, no endereço Link: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/sare/> O cadastro do projeto é realizado de modo estruturado, por meio de etapas no sistema, guiando os usuários no passo-a-passo, contemplando espacialização da área, diagnóstico, fotos, metodologia, ações a serem realizadas, entre outros. Após o cadastro, o restaurador alimentará o sistema quanto aos resultados do monitoramento até a sua conclusão.

Adicionalmente às informações pré-estruturadas que devem ser preenchidas no SARE (e podem ser seguidas de recomendações e avisos), o Instituto de Botânica – IBT oferece o serviço de detalhamento de projeto executivo para a metodologia de plantio de

mudas nativas/reflorestamento heterogêneo, contendo todas as especificações técnicas necessárias para a efetiva implantação e acompanhamento do projeto.

3 | INTRODUÇÃO

Uma síntese dos conhecimentos disponíveis e de novos paradigmas para o reflorestamento heterogêneo, no estado de São Paulo, foi publicada em 2009, no artigo de Barbosa et. al.: “A importância da biodiversidade nas ações de restauração florestal no estado de São Paulo”, no qual pelo menos quatro abordagens diferentes e complementares são consideradas pela maioria dos pesquisadores e estudiosos da restauração ecológica, a saber:

(1) conservar a biodiversidade significa reconhecer, inventariar e atuar para manter a maior variabilidade de organismos vivos, de comunidades e de ecossistemas, a fim de atender as necessidades das presentes e futuras gerações; iniciar um processo de restauração ecológica ou recuperação florestal em uma área degradada, só após considerar:

(a) que as espécies a serem plantadas sejam de ocorrência regional, com indicação de seus respectivos grupos funcionais;

(b) que a microbacia hidrográfica seja considerada como unidade de análise, utilizando-se também de informações disponíveis na plataforma da Infraestrutura de Dados Espaciais Ambientais do Estado de São Paulo - DATAGEO - SIMA/SP;

(c) que sejam consideradas as causas da degradação do local a ser restaurado;

(d) que sejam considerados os processos de sucessão natural, bem como o monitoramento do plantio;

(2) os “modelos” atuais e as tendências para se restaurar uma área degradada, conservando a biodiversidade, devem ser implementados a partir de um conjunto de técnicas, replicáveis e embasadas em processos ecológicos, que contemplem também os aspectos socioeconômicos; e

(3) o Estado deve ser o indutor de políticas públicas para o setor de reflorestamento heterogêneo, visando à conservação da biodiversidade e à recuperação das florestas nativas, além de fornecer informações e “ferramentas” adequadas ao processo de restauração florestal.

A legislação vigente sobre o tema destaca as principais orientações para a restauração ecológica, visando à conservação da biodiversidade e ao melhor equilíbrio dinâmico das florestas implantadas com espécies nativas. Fornece também importantes informações sobre a regeneração natural para as diferentes situações a serem restauradas. Uma lista de espécies nativas (atualmente mais de 2900 espécies vegetais para o estado de São Paulo), com suas principais características ecológicas, grau de ameaça e as regiões de ocorrências, é outra importante ferramenta disponibilizada a todos os interessados, pela

Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente.

No site do Instituto de Botânica, é possível encontrar também uma relação com viveiros produtores de mudas florestais nativas, em todo o estado de São Paulo, com indicativo de endereço e telefone, facilitando a consulta do público interessado em adquirir mudas florestais, nas diferentes regiões ecológicas de São Paulo, de acordo com as características locais.

Link: <http://botanica.sp.gov.br/cerad/>

4 | BASES TÉCNICO-CIENTÍFICAS

O estado de São Paulo apresenta extensa tradição em pesquisas sobre restauração de florestas naturais, a começar pelos plantios pioneiros da Companhia Elétrica de São Paulo - CESP, nos reservatórios de Paraibuna e Promissão, no ano de 1978. Desde então, muito se fez e vem sendo discutido, com destaque para as reuniões destinadas especificamente ao tema, desde o 1º Simpósio de Mata Ciliar (1989) e os simpósios de Recuperação de Áreas Degradadas e Restauração Ecológica, com 9 edições já realizadas, entre 2005 e 2019, dentre outros eventos.

Desde então, a academia paulista (institutos de pesquisa, universidades, etc.) tem se esforçado para aumentar o conhecimento e a compreensão de inúmeros processos ecológicos e ambientais, que são correlatos à ciência da restauração ecológica, tais como:

- composição, estrutura e dinâmica das florestas nativas;
- identificação e dinâmica de populações sobre espécies exóticas invasoras;
- ecologia das espécies nativas (ex. aperfeiçoamento na tecnologia de produção e armazenamento de sementes e mudas);
- ecologia dos ecossistemas paulistas (ex. ciclagem, sucessão);
- aperfeiçoamento e aplicação das tecnologias de geoprocessamento; e
- interações entre fauna associada à vegetação (ex. polinização, dispersão, herbivoria).

Como consequência deste acúmulo de conhecimentos, a Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente, por meio do Instituto de Botânica, desenvolveu várias ferramentas que estimulam e orientam as ações de reflorestamentos heterogêneos, produção de mudas e sementes, além de possibilitarem o intercâmbio entre os setores produtivos e de serviço. Entre estas ferramentas, destacam-se:

(a) Lista de espécies ameaçadas de extinção

<https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutodebotanica/wp-content/uploads/sites/235/2019/10/lista-especies-rad-2019.pdf>

(b) Chave de tomada de decisões

https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutodebotanica/wp-content/uploads/sites/235/2014/02/cerad_chave_tomada_decisao_RAD.pdf

(c) Relação dos viveiros de mudas florestais do estado de São Paulo <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutodebotanica/cerad/viveiros-do-estado/>

d) Relação de imagens de mudas de espécies arbóreas nativas https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutodebotanica/wp-content/uploads/sites/235/2014/02/cerad_rela%C3%A7%C3%A3o-de-mudas.pdf

(e) Relação de eventos científicos

<https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutodebotanica/cerad/cerad-eventos-cientificos/>

ESTRUTURA DO PROJETO

1 | TÍTULO

2 | INTRODUÇÃO

A Introdução situa o projeto no contexto ambiental, social, econômico e cultural onde se instalará o projeto, justificando a relevância de sua implantação.

3 | OBJETIVO

Quais os efeitos esperados com a implantação do projeto

4 | DIAGNÓSTICOS DAS ÁREAS INDICADAS PARA REFLORESTAMENTO

O diagnóstico da área será elaborado contendo informações sobre a análise da paisagem, histórico e situação atual da área indicada para reflorestamento, caracterização ambiental da área, incluindo análise dos solos, documentação fotográfica, imagens de satélite e mapas que possam ilustrar bem as áreas a serem restauradas, com tamanho da área em hectare e topografia em escala adequada.

Informações da vegetação, clima, paisagem (entorno), possíveis impactos ou causas da degradação da área a ser recuperada também serão destacadas neste item. A Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente disponibiliza uma Infraestrutura de Dados Espaciais Ambientais do Estado de São Paulo (DataGEO) com informações relevantes

para projetos de RAD (<http://datageo.ambiente.sp.gov.br/>).

As análises física e química do solo, incluindo a de compactação, serão descritas e consideradas já nesta fase do projeto, bem como, caso necessário, as recomendações para descompactação, correção de acidez e fertilização.

Em anexo, será apresentado o levantamento topográfico, com indicação dos locais de plantio, e um quadro com a lista quali-quantitativa das espécies a serem utilizadas, sempre considerando os parâmetros estabelecidos em portarias e resoluções em vigor na Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo.

5 | METODOLOGIA

5.1 Técnica

A técnica de restauração ecológica será estabelecida com base no diagnóstico e características da área a ser restaurada, nas espécies, incluindo informações sobre o uso ou não de “topsoil”. Caso a técnica seja o “plantio total” ou “enriquecimento”, será indicado o espaçamento a ser adotado entre plantas e entre linhas de plantio, ou outras técnicas de nucleação, juntamente com fotos e esquemas ilustrativos.

Devem ser apresentadas justificativas sobre a escolha da técnica, bem como das espécies escolhidas para compor o projeto de restauração ecológica.

5.2 Indicação das espécies e técnicas a serem utilizadas

As espécies passíveis de serem utilizadas são aquelas nativas, de ocorrência regional, levando em consideração o bioma local, listadas por região ecológica do estado de São Paulo, no documento “LISTA DE ESPÉCIES INDICADAS PARA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA PARA DIVERSAS REGIÕES DO ESTADO DE SÃO PAULO”.

As espécies utilizadas no plantio e suas respectivas quantidades serão indicadas em uma lista, acrescidas das informações ecológicas: nomes científico e popular, classe sucessional, grupo funcional, síndrome de dispersão e classificação quanto ao grau de ameaça de extinção. A proporção de cada espécie considera as orientações vigentes em resoluções específicas da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo.

Serão indicadas as formas de transporte e a formação dos lotes de mudas, classificando as espécies em pioneiras (P) e não pioneiras (NP), ou em espécies de preenchimento (P) e diversidade (D), além de estratégias utilizadas para que não se repitam indivíduos da mesma espécie, uns próximos aos outros, de modo a realizar a correta distribuição heterogênea de espécies na área.

Recomenda-se que, desde a expedição das mudas no viveiro, estas já sejam separadas e sistematizadas para o plantio. Desta forma, qualidade, diversidade e transporte das mudas podem garantir o início da operação de plantio de forma sistematizada.

5.3 Procedência e Qualidade das Mudas

A qualidade das mudas é um dos fatores mais importantes para aumentar as chances de sucesso em um processo de restauração ecológica. Para tanto, torna-se fundamental o conhecimento da procedência das sementes e mudas, bem como da qualidade do processo de produção dos viveiros fornecedores destas.

Como critério para qualidade das mudas, pode ser observado, como regra geral, que o tamanho da parte aérea da muda não deve ultrapassar três vezes o tamanho (em altura) do sistema radicular. Além disso, o sistema radicular deve estar íntegro, bem agregado ao substrato e não apresentar mutilações drásticas nas raízes principais. O diâmetro do colo deve ser suficiente para manter a muda ereta, evidenciando o aspecto lenhoso.

5.4 Descrição das atividades

Apresentar informações sobre início das atividades de preparo dos solos, como limpeza do terreno, necessidade de cercamento, quando for o caso, justificando sempre que esta operação for desnecessária, aplicação de calcário (nunca em cerrado) e/ou fertilizantes, espaçamento, descompactação do solo, abertura de berços para plantio, procedimentos para o plantio e cuidados iniciais, como sistematização dos plantios, irrigação, entre outros. Além da apresentação dos procedimentos adotados, será incluída uma justificativa técnica para a adoção de cada técnica descrita.

5.5 Descrição das atividades de manutenção

Devem ser descritos e ilustrados, com fotografias e/ou mapas, esquemas com cronogramas, sempre que pertinente. Devem ser destacadas as atividades de: (a) combate a pragas (formigas ou outras) e doenças, de forma preventiva e corretiva; (b) uso de herbicidas ou outras formas de controle da comunidade competidora (desde que indicada e receitada por responsável técnico e respeitadas as legislações em vigor); e (c) avaliação do índice de espécies estabelecidas e de reposição de mudas mortas. Assim, é preciso informar como será efetuado o monitoramento do plantio e manutenção das mudas, até que os indicadores ecológicos tenham sido atingidos.

Todas as operações adotadas devem ser justificadas tecnicamente.

5.6 Monitoramento

A Resolução SMA 32/2014 delega à Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais - CBRN o estabelecimento do Protocolo de Monitoramento de Projetos de Restauração Ecológica, sendo a metodologia vigente aquela descrita na Portaria CBRN 01/2015. Link: http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/legislacao/2016/12/2015_1_15_Procotoelo_monitoramento_restauracao_vfinal.pdf

Que estabelece:

- a) Monitorar periodicamente as áreas em restauração, até que a recomposição tenha sido atingida, por meio dos seguintes indicadores ecológicos:

- cobertura do solo com vegetação nativa, em porcentagem;
- densidade de indivíduos nativos regenerantes, em indivíduos por hectare;
- número de espécies nativas regenerantes.

b) Informar o resultado do monitoramento no Sistema Informatizado de Apoio à Restauração Ecológica – SARE, conforme prazos estabelecidos na legislação ou até que a recomposição tenha sido atingida, desde que em prazo inferior.

<https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/sare/>. Os valores intermediários de referência para o monitoramento estão descritos no anexo I e os valores para se atestar a conclusão do projeto estão descritos no anexo II da Resolução SMA 32/2014.

6 I CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

Será desenvolvido cronograma de execução do projeto, contemplando todas as atividades que serão realizadas, no período de execução do projeto. Este cronograma deve considerar também o monitoramento do reflorestamento.

REFERÊNCIAS

Todas as consultas a artigos ou publicações serão cita22

III CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este roteiro para a elaboração de projetos de reflorestamento heterogêneo apresenta o mínimo de informações necessárias, a serem consideradas pelo IBt na elaboração de um projeto de restauração ecológica de áreas degradadas. Informações adicionais que o empreendedor julgue necessárias poderão e deverão ser acrescentadas, para melhor detalhamento de cada fase do projeto, visando sempre à qualidade ambiental da área e da restauração, desde que observada a legislação vigente.

O responsável técnico pelo projeto considerará as peculiaridades de cada área para a elaboração dos projetos e a proposta incluirá informações e documentos, como uso de fotografias e imagens de satélites, informações sobre a paisagem do entorno, como fragmentos florestais, corpos d'água e outros, que serão colocadas no corpo do projeto ou em item final, como anexos e documentações fotográficas.

Observação: Todas as recomendações contempladas no projeto a ser executado devem ocorrer sem prejuízo das orientações da legislação vigente.

REFERÊNCIAS

Barbosa, L. M. (Coord.) Anais do Workshop sobre recuperação de áreas degradadas da Serra do Mar e formações florestais litorâneas. São Paulo, Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 139 p. 2000.

Barbosa, L.M. (coord.). Anais do Simpósio sobre Mata Ciliar. Campinas: Fundação Cargill, 1989. 335p

Barbosa, L.M. & SANTOS JUNIOR, N.A. (orgs). 2007. A Botânica no Brasil: pesquisa, ensino e políticas

públicas ambientais. São Paulo, 58º Congresso Nacional de Botânica, 667p.

Barbosa, L.M. (coord.). 2002. Modelos de repovoamento vegetal para proteção de sistemas hídricos em áreas degradadas dos diversos biomas no Estado de São Paulo. São Paulo: SMA/FAPESP, 203p. (Relatório de Atividades Parcial da 2ª Fase – Projeto FAPESP – Políticas Públicas).

Barbosa, L.M. 2011a. Histórico das políticas públicas para a restauração de áreas degradadas no Estado de São Paulo. In: Thiago Hector Kanashiro Uehara, Flávio Bertin Gandara (orgs). Cadernos da Mata Ciliar Secretaria do Meio Ambiente, Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais, Unidade de Coordenação do Projeto de Recuperação das Matas Ciliares. São Paulo, 4:6-10.

Barbosa, L.M (coord), 2017. Lista de Espécies indicadas para Restauração Ecológica para Diversas Regiões do estado de São Paulo. 344 p.

GERMINAÇÃO E PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE *PASSIFLORA LOEFGRENII* VITTA

Data de aceite: 01/07/2021

José Francisco de Oliveira Neto

Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR)
Campus FAFIPAR
Paranaguá, PR, Brazil
orcid.org/0000-0002-4986-2643

Luara Horrara Malucelli

Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR)
Campus FAFIPAR
Paranaguá, PR, Brazil
orcid.org/0000-0002-2228-277X

Rayane Bueno

Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR)
Campus FAFIPAR
Paranaguá, PR, Brazil
orcid.org/0000-0001-6801-7448

RESUMO: Existem fortes evidências de que *Passiflora loefgrenii* é uma espécie rara, sobre a qual protocolos de cultivo devem ser estudados. Entre 2015 e 2018, buscamos exaustivamente *P. loefgrenii* em diferentes regiões do litoral dos estados de Santa Catarina e Paraná. Obtivemos sucesso em encontrar esta espécie apenas nos morros arborizados da região urbana de Guaratuba (PR), e na BR-280 próximo à cidade de Araquari (SC). O pequeno número de exemplares encontrados, sempre com distribuição agrupada, indica que sua raridade não se deve apenas a problemas em sua identificação. Além disso, a notável beleza de suas flores também justifica o estudo de protocolos de cultivo devido ao

seu potencial econômico. Preparamos dois experimentos para verificar a porcentagem do tempo de germinação de *P. loefgrenii*, e dois experimentos para verificar a reprodução vegetativa por meio de estacas. Os experimentos revelaram que a germinação das sementes é heterogênea, com muitas sementes germinando após meses ou quase três anos. Os resultados mais previsíveis e bem-sucedidos foram obtidos com enraizamento de ramos.

PALAVRAS - CHAVE: maracujá, dormência, enraizamento, sementes, estaquia.

PROPAGATION OF *PASSIFLORA* *LOEFGRENII*

ABSTRACT: There is strong evidence that *Passiflora loefgrenii* is a rare species, from which cultivation protocols should be studied. Between 2015 and 2018, we exhaustively seek for *P. loefgrenii* in different coastal regions of the states of Santa Catarina and Paraná. We obtained success in find this species only in the forested hills of the urban region of Guaratuba (PR), and in BR-280 near Araquari city (SC). The small number of specimens found, always with grouped distribution, indicates that its rarity is not only the result of problems in its identification. Additionally, the remarkable beauty of its flowers also justifies the study of cultivation protocols because of its economic potential. We prepared two experiment to verify the percentage of germination time of *P. loefgrenii*, and two experiments to verify the vegetative reproduction using cuttings. The experiments revealed that the seeds germination is heterogenic, with many seeds germinating after months or almost three years. The most

successful and predictable results were obtained with rooting cuttings.

KEYWORDS: Passion fruit, dormancy, rooting, seed, cutting.

INTRODUÇÃO

Passiflora loefgrenii Vitta é uma espécie da família Passifloraceae relativamente desconhecida, tanto pela população em geral, quanto pela maioria dos botânicos. Foi descrita pela primeira vez em 1997 por Fabio Augusto Vitta e foi anteriormente classificada como uma forma de *Passiflora amethystina*. Ela é uma trepadeira de grande porte, que produz flores roxas com 10 cm de diâmetro penduradas em hastes com mais de 20cm (Fig. 2b). Frequentemente, é erroneamente identificado como uma de suas espécies filogeneticamente próximas (ver Pádua, 2004). Segundo Bernacci (2003) *P. loefgrenii* é encontrada em Santa Catarina, Paraná e sul de São Paulo, no Vale do Ribeira e Serra de Paranapiacaba.

Existem fortes evidências de que *P. loefgrenii* é uma espécie rara, para a qual protocolos de cultivo devam ser estudados. Entre 2015 e 2018, buscamos exaustivamente *P. loefgrenii* em diferentes regiões do litoral dos estados de Santa Catarina e Paraná (Figura 1). As buscas foram realizadas, sem sucesso, no Morro da Galheta, em Florianópolis (SC), no Balneário de Barra do Sul (SC), nos morros e parques da região metropolitana de Joinville (SC), como Morro do Mirante e na estrada do Piraí, na BR 412 que liga Garuva (SC) a Guaratuba (PR), nas matas que margeiam Pontal do Paraná (PR), na Ilha do Mel (PR), no Parque Florestal Palmito, em Paranaguá (PR), na estrada da Graciosa, em Morretes (PR), na trilha branca que leva ao pico do Marumbi, em Morretes (PR), e no bairro Rio do Nunes, em Antonina (PR). Obtivemos sucesso em encontrar esta espécie apenas nos morros florestados da região urbana de Guaratuba, e na BR-280 próximo à cidade de Araquari. O pequeno número de exemplares encontrados, sempre com distribuição agrupada, indica que sua raridade não se deve apenas a problemas em sua identificação. Outra dificuldade na procura desta espécie é que ela é um tanto críptica, em meio à várias plantas com folhas trilobadas e grandes flores roxas na região. Plantas conhecidas também tendiam a desaparecer, ou porque foram cortadas, ou porque foram atacadas por lagartas de borboletas Heliconiinae. Além de sua raridade, a notável beleza de suas flores também justifica a pesquisa de protocolos de cultivo devido ao seu potencial econômico.

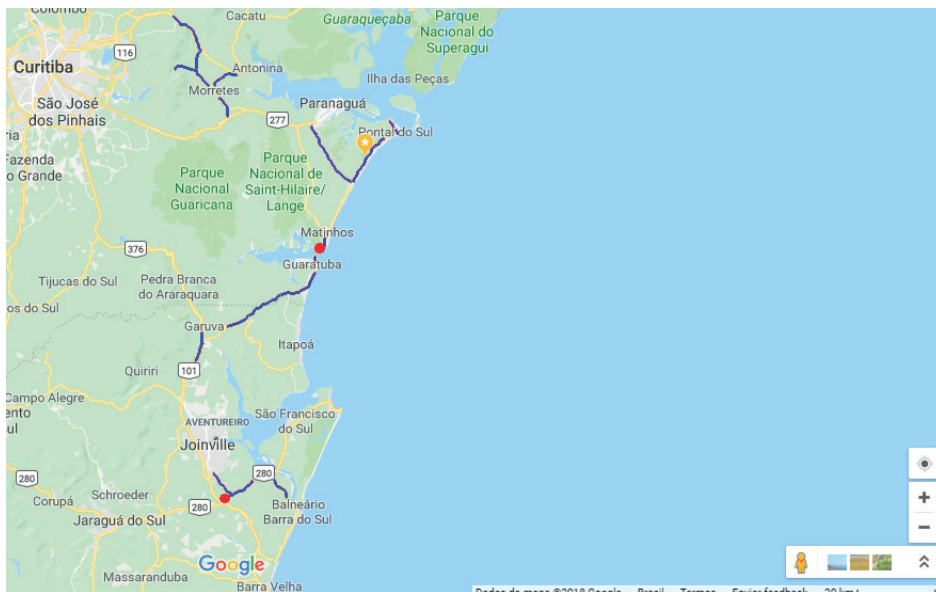


Figura 1: Mapa obtido do Google maps. As linhas em azul indicam os locais onde a *Passiflora loefgrenii* foi procurada; os pontos vermelhos indicam os locais em que a espécie foi encontrada.

Dentre os possíveis protocolos de cultivo, a propagação por estaquia já foi utilizada, com relativo sucesso em espécies comerciais e silvestres de espécies de Passifloraceae (Santos et al., 2012; Solomão et al., 2002). Já a germinação de sementes apresenta alguns problemas intrínsecos relacionados à dormência das sementes, embora permita maior diversidade genética quando comparada à reprodução vegetativa (Evert e Eichorn, 2014). Em espécies de Passifloraceae, os protocolos de germinação bem-sucedidos variam amplamente, às vezes com resultados divergentes (ver Bernardinelli 2016, Dos Santos et al. 2015, Oliveira Júnior et al. 2010, Pádua et al. 2012, Marostega et al. 2013; Cadurin, 2017).

A germinação natural de *P. loefgrenii* foi observada em várias ocasiões. Aparentemente, ocorre sem maiores cuidados, quando sementes de frutos apodrecidos caídos no solo ou esquecidos em vasos ficam expostos ao sol e às chuvas intensas. A porcentagem de germinação das sementes e o tempo de germinação (que em nossas observações iniciais variou de 2 semanas a 2 anos e meio) eram algo a ser verificado. A partir desses dados coletados informalmente, decidimos preparar alguns experimentos com enraizamento de estacas e germinação de *P. loefgrenii*.

Para verificar a porcentagem e o tempo de germinação de *P. loefgrenii*, preparamos o **experimento 1**, com 72 sementes (Fig. 2A), obtidas de frutos frescos, plantados em bandejas contendo substratos comerciais para samambaia e fibra de coco. A rega foi automatizada, mas também foi complementada manualmente. Preparamos também o **experimento 2**, que consistiu em dividir a polpa de três frutos em três grupos de aproximadamente 50

sementes cada, e plantá-los em uma caixa plástica fechada com substrato encharcado. Foi utilizado um teste de qui-quadrado para comparar o desempenho dos frutos.

Para verificar o enraizamento de estacas, foram preparados outros dois experimentos. No chamado **experimento 3** foram utilizados 9 ramos novos de 10 cm, plantados em bandejas de germinação com células individuais adicionadas de substrato comercial para samambaia (Figura 2 D), sendo que pelo uma folha foi mantida junto ao ramo. No **experimento 4**, 72 ramos, com 10 cm de comprimento, foram mantidos em caixa plástica fechada e sem divisórias com substrato comercial (Figura 2E). Não usamos hormônios artificiais ou fungicidas em nenhum desses experimentos.

O **experimento 1** foi encerrado 8 meses após o seu início, sem qualquer sinal de germinação. Curiosamente, três semanas após a terra usada no experimento ter sido descartada em uma caixa, muitas sementes germinaram. Seis meses após o início do **experimento 2**, 13,3%, 1,3% e 4% das sementes dos três frutos, respectivamente, haviam germinado (Figura 2C). A diferença na taxa de germinação entre os três frutos foi significativamente diferente ($p < 0,01$). Novamente, a germinação em massa foi observada 6 meses após o experimento ter sido encerrado. No **experimento 3**, a maioria das estacas secou antes mesmo de perder a folha, mas 12% delas conseguiram enraizar (Figura 2D). O **experimento 4** foi o mais bem-sucedido (Figura 2E). Dos 72 ramos plantados, apenas dois morreram. Todas as estacas remanescentes já haviam desenvolvido raízes com dois meses de experimento (Figura 2F).

O **experimento 4**, de estacas em caixa plástica fechada com substrato encharcado, provou ser o mais eficiente para uma rápida propagação de *Passiflora loefgrenii*, provavelmente porque mantém partes aéreas dos ramos em condições de umidade suficientes. Santos et al (2012) chamaram a atenção para a influência positiva do maior volume de substrato no aumento do vigor de enraizamento de *P. cincinnata*. Isso pode ser uma explicação para o grande sucesso no enraizamento de estacas de *P. loefgrenii* colocadas coletivamente em uma única caixa plástica fechada (experimento 4) e a baixa taxa de sucesso nas bandejas nas quais o substrato foi isolado (experimento 3).

Os resultados dos experimentos com sementes mostraram que, em idênticas circunstâncias, sementes de diferentes frutos podem apresentar diferentes padrões de germinação, o que parece estar relacionado a fatores preexistentes que atuam nos frutos e nas sementes, sejam eles genéticos ou ambientais. Os experimentos também mostraram que um substrato sempre úmido não garante a germinação, embora também não destrua as sementes. Ao contrário, o excesso de umidade seria necessário em pelo menos um período do processo (Evert e Eichorn, 2014). O experimento não reproduziu o sucesso observado por nós em germinações espontâneas no campo, nas quais mais de 30 sementes do mesmo fruto (16%) germinaram de forma síncrona.



Figura 2: *Passiflora loefgrenii*. (A) Sementes. (B) Flores. Repare na longa haste que sustenta a flor, virada para cima. (C) Plântulas do experimento 2. (D) Ramo enraizado (esquerda) e ramo morto (direita) do experimento 3. (E) Ramos enraizados dispostos coletivamente na caixa plástica úmida do experimento 4. (F) Ramo do experimento 4 enraizado após dois meses.

REFERÊNCIAS

Cadorin, D. A. ; Villa, F. ; Dalastra, G. M. ; Heberle, K. ; Rotili, M. C. C. Pre-germination treatment in granadilha (*Passiflora ligularis*) seeds. *Revista de Ciências Agroveterinárias (Journal of Agroveterinary Sciences)*, v. 16, n. 3, p. 256-261, 2017.

CERVI, A. C. Espécies de *Passiflora* I. (*Passifloraceae*) publicadas e descritas nos últimos 55 anos (1950–2005) na América do Sul e principais publicações brasileiras. *Estudos de Biologia*, v. 27, n. 61. 2005.

MAROSTEGA, T. N. et al. Superação de dormência em sementes de *Passiflora foetida* L. *Perspectiva*, v. 37, 2013.

PÁDUA, J. G. Análises genéticas de espécies do gênero *Passiflora* L. com base em abordagens filogenéticas, morfométricas e em marcadores microssatélites. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

PÁDUA, Juliano Gomes et al. Germinação de sementes de *Passiflora setacea* e dormência induzida pelo armazenamento. *Journal of Seed Science*, v. 33, n. 1, 2012.

Evert R. F. & Eichhorn S. E. 2014. *Raven Biologia Vegetal*, 8ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

SALOMÃO, L. C. C., PEREIRA, W. E., DUARTE, R. C. C. , SIQUEIRA, D. L. DE SIQUEIRA. 2002. Propagação por estaquia dos maracujazeiros *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal - SP, v. 24, n. 1, p. 163-167.

SANTOS, J. L., MATSUMOTO, S. N. , DÁRÊDE, L. O., LUZ, I. S., VIANA A. E. S. 2012. Propagação vegetativa de estacas de *Passiflora cincinnata* mast. Em diferentes recipientes e substratos comerciais. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal - SP, v. 34, n. 2, p. 581-588,

CAPÍTULO 10

LA EXTENSIÓN RURAL AGROECOLÓGICA PARA LA RESTAURACIÓN CAMPESINA Y EL MEDIO AMBIENTE EN EL PARAGUAY

Data de aceite: 01/07/2021

Daniel Campos Ruiz Díaz

Sociedad de estudios Rurales y Cultura Popular – SER y el Instituto de Post Grado en Desarrollo – IPD

RESUMEN: El estudio en base a los resultados de la acción institucional de la Sociedad de Estudios Rurales y Cultura Popular SER en la Extensión agroecológica de la agricultura familiar campesina, se plantea el camino para la restauración del campesinado y de la propia madre naturaleza como estrategia para reducir el calentamiento global. La Agroecología es la ciencia del nuevo milenio para restaurar la naturaleza salvando a la agricultura familiar campesina e indígena que está actualmente enferma de muerte como resultado de la penetración del capital en el campo a través de una producción contaminante y degradante de la naturaleza. Se plantea la acción de extensión rural en el marco de la agroecología para reconstruir y fortalecer los stocks de capitales del campesinado a través del rescate y fortalecimiento del capital social de sus organizaciones y así poder entrar en articulación competitiva, eficiente y efectiva en el mercado justo y eco solidario para superar la pobreza y reducir los efectos negativos del calentamiento global y el cambio climático.

PALABRAS CLAVES: Agroecología, Extensión rural, Extensión agroecológica, reconversión mental y productiva, Crisis campesina y Crisis

Rural.

ABSTRACT: The study, based on the results of the institutional action of the Society for Rural Studies and Popular Culture SER in the agroecological extension of peasant family agriculture, proposes the path for the restoration of the peasantry and Mother Nature itself and as a strategy to reduce global warming. Agroecology is the science of the new millennium to restore nature by saving peasant and indigenous family agriculture that is currently sick to death as a result of the penetration of capital in the countryside through a polluting and destroyin Mather Nature. The rural extension action is proposed within the framework of agroecology to rebuild and strengthen the capital stocks of the peasantry through the rescue and strengthening of the social capital of their organizations and thus be able to enter into a competitive, efficient and effective articulation in the fair and eco-solidarity market to overcome poverty and reduce the negative effects of global warming and climate change.

KEYWORDS: Agroecology, rural extension, agroecological extension, mental and productive reconversion, peasant crisis and rural crisis.

1 | PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Paraguay se caracteriza en el contexto de América Latina por ser un país eminentemente rural, donde la pobreza tiene sus raíces campesinas, con un 49% de su población en áreas rurales, según el Censo de Población de

1992. Este porcentaje de población rural se redujo a 43.5% según el Censo de Población del 2002. Este porcentaje se redujo a los 35% en el Censo de Población del 2012. Sin embargo, si lo urbano se define más rigurosamente como toda área concentrada de población con más de 10.000 habitantes, entonces la ruralidad podría superar el 70% de la población paraguaya.

La modernización de la agricultura “desde afuera y desde arriba” a través de la revolución verde, ha sido el soporte del Desarrollo Económico del Paraguay. Con la misma se tuvo el Milagro Paraguayo en la década del 1972-1982. La crisis se inicia a partir del año 1983 con un proceso recesivo e inflacionario que desembocó en 1989 con la transición democrática. Precisamente, el modelo de desarrollo paraguayo en base al algodón y la soja no generó un mejoramiento general de estándares de vida de la mayoría de la población. Por el contrario, la evidencia muestra tanto a nivel estadístico como a nivel histórico procesual que existe una cantidad creciente de población campesina en extrema pobreza. Por lo tanto, el modelo de desarrollo paraguayo está caracterizado por su dinámica excluyente, fragmentadora y desarticuladora y por eso mismo pauperizante.

El objetivo de este estudio es analizar el modelo de desarrollo rural paraguayo con sus relaciones asimétricas en el proceso de pauperización, atomización, fragmentación y descomposición social del campesinado. Se plantea como alternativa para salir de este atolladero de un modelo de desarrollo degradante, excluyente, contaminante a la agroecología como ciencia del nuevo milenio y a la extensión rural agroecológica como camino para salvar tanto a la madre naturaleza como a la agricultura familiar de su destrucción y desaparición como sujeto social de cambio (Leff E.; 2000; Leff E. y J. Carabias, 1993). Con la extensión agroecológica como parte de la sociología rural política, la economía comunitaria y solidaria, la ecología, se propone iniciar un proceso de reactivación de la economía campesina agroecológica en base a un proceso de reconversión mental y productiva del campesinado a través de procesos organizativos, procesos tecnológicos y productivos y procesos de mercados y agronegocios y un nuevo microempresariado social y ecosolidario en el marco de la agroecología y la economía solidaria (Gonzalez de Molina Navarro M 1997; Altieri Miguel A., 1997)

El objetivo del presente estudio es sistematizar la experiencia del enfoque, estrategia y metodología de asistencia técnica de SER en el marco del desarrollo rural humano sustentable y agroecológico (Altieri y Yurjevic, 1991; González de Molina M y Sevilla Guzman E. 1991), capitalizando las potencialidades y los logros, rescatando sus contribuciones importantes y sus impactos tanto positivos como negativos, con los problemas, sus causas y sus soluciones en el marco de las amenazas y oportunidades de un Paraguay en crisis estructural integral empeorado por la crisis sanitaria del COVID19 y un campesinado como sector estratégico de la economía nacional. En este contexto se presenta al campesinado en su proceso de construcción como sujeto histórico de cambio desarrollando su potencial económico y social para superar la crisis nacional

con la superación de la crisis sectorial del campesinado en proceso de fragmentación, desarticulación y acelerada pauperización. La sistematización se plantea analizar y explicar los factores que determinan la calidad, eficacia y eficiencia de las estrategias, enfoques, metodologías de la acción colectiva institucional y organizacional campesina en cuanto al incremento de los stocks de capital social, institucional, cultural, sicoespiritual, ecológico, político-gremial y económico-financiero con capacidad de articulación y negociación con los mercados y sus agentes y actores públicos y privados.

2 | LA ESTRATEGIA DEL DESARROLLO RURAL HUMANO Y AGROECOLÓGICO Y SU ENFOQUE TEÓRICO Y METODOLÓGICO IMPLEMENTADO EN LOS DOS CASOS SISTEMATIZADOS

2.1 El Algodón como cultivo principal del Sistema Productivo Campesino en el marco de la diversificación productiva

El algodón fue el cultivo principal del sistema productivo campesino desde periodos precolombinos hasta nuestros días con periodos de oro en el periodo de las Reducciones Jesuíticas y en el periodo autonomista-independiente del Dr. Francia y Los López junto con la yerba mate (Campos, 1986, 1987). Fue siempre un productor del algodón pero sin caer en el monocultivo y sin renunciar a la biodiversidad que caracteriza su sistema y modelo productivo.

Hasta los años 60 el algodón se caracterizó como un cultivo principal del sistema productivo campesino pero en el marco de una finca diversificada, con mucha producción de autoconsumo cuyo excedente también se vendía al mercado nacional, con maíces, porotos, maní, mandioca, batata. Dentro de este contexto, el algodón y el tabaco como rubro agrícola de apertura de frontera, eran los fundamentos de la capitalización simple de la finca campesina eminentemente algodонера. Sin embargo, no representaba todavía como el rubro estratégico principal de la economía nacional. Efectivamente, la ganadería tradicional y la extracción natural de la yerba mate y el tanino representaban los rubros estratégicos fundamentales de la economía nacional (Campos, 1987).

En este periodo, la diferenciación social y el proceso de pauperización se dio como resultado del proceso de crecimiento demográfico y por lo tanto relativamente controlado. Había cierta homogeneidad en tanto que la mayor parte del campesinado eran pobres acomodados (mborياهو rybata) con algodón en finca diversificada y con producción pecuaria y agroindustria casera. Toda la población campesina del Paraguay se concentraba a 100 kms de Asunción, en los departamentos minifundistas de Central, Paraguari, Cordillera, Caazapá, Guairá y Misiones, conviviendo con grandes latifundios. El resto del territorio del País eran tierras fiscales o grandes latifundios extranjeros dedicados a la ganadería, extracción de la madera, industrias extractivas como el tanino y la yerba mate (Campos, 1987).

A partir de la gran recesión mundial de los años 30s, Paraguay también sufrió un proceso de recesión y crisis económica hasta los años 60s, como resultado de las pérdidas en los precios de los mercados internacionales de las materias primas tradicionalmente exportadas como la yerba mate, el tanino y la carne vacuna. Esta crisis económica fue la explicación de la crisis social, político y militar que se extendió hasta 1954 (Campos, 1987).

Hacia finales de los 60s derogó la Ley de seguridad de fronteras que tienen todos los países limítrofes al Paraguay para resguardar su franja de seguridad de 100 kms de la frontera que prohibía a los extranjeros poseer propiedades en la frontera. Por otro lado, se llevó a cabo la firma del Acta de Yguazú con que se concretó la entrega de Itaipú al Brasil, como una solución a una invasión brasilera en Saltos del Guairá.

2.2 El Boom del Algodón

La crisis económica, socio-político y militar se resolvió con el golpe de estado de 1954 y la imposición por la fuerza del gobierno autoritario de Stroessner quien inició un proceso de modernización de la economía nacional con una inserción más competitiva en la economía mundial a través de la producción del algodón como rubro netamente campesino y de la soja como rubro empresarial. Estos rubros se constituyeron en los puntales de la modernización, expansión y despegue de la economía nacional.

La expansión del algodón se debió fundamentalmente a la expansión de la frontera agrícola a través de la colonización agraria del IBR (Instituto de Bienestar Rural) y la expansión de la soja se debió a la expansión de la frontera agrícola a través de los migrantes eurobrasileros en Alto Paraná, Canindeyu, Amambay y norte de Itapúa (Campos, 1986, 1987). La expansión del algodón, de esta manera, se dio a costa de la degradación de la naturaleza llegando a cultivarse hasta 600.000 Has con más de 750.000 toneladas años. Realmente, representó el boom del algodón que constituyó uno de los pilares del boom de la economía nacional en el periodo del Milagro Paraguayo (1973-1982).

Significativamente, el boom del algodón coincidió con un gobierno autoritario que implementó la producción de este rubro en el marco de una economía especulativa que benefició a intermediarios especuladores y una burguesía burocrática fraudulenta base de la dominación del gobierno autoritario. Las cooperativas y organizaciones campesinas independientes eran perseguidas. Las mismas estaban articuladas en torno al productor y por lo tanto la productora no era reconocida como tal, sino apenas como agente reproductora del hogar como madre y esposa.

De esta manera, con la falta de organización o debido a una endeble, débil y cooptada organización se impulsó un proceso de atomización, fragmentación y diferenciación social, acelerada pauperización con deseconomía campesina. Como resultado de este proceso se generó la heterogeneidad estructural con beneficio de los acopiadores y los especuladores, acentuándose así la diferenciación y pauperización para fines de 1983 con la pérdida de los

precios internacionales del rubro. Precisamente la crisis campesina se inicia pues, con el boom del algodón a través del proceso de diferenciación social y pauperización acelerada como resultado de la centralización tecnológica y la concentración del capital generando un proceso de migración expulsiva del campo a Asunción y ciudades, polos de desarrollo como Ciudad del Este, Encarnación, Pedro Juan Caballero y en forma menos importante Coronel Oviedo, Caaguazú y los capitales departamentales (Campos 1987).

La centralización tecnológica se aceleró en el marco de la revolución verde que impulsó la tecnificación agraria con la incorporación de la mecanización y los cuidados culturales cada vez más caros a través de la intensificación del uso de los agroquímicos como exigencia de las semillas milagros muy susceptibles a las plagas y enfermedades.

La propuesta de la extensión rural se planteó dentro de la escuela del extensionismo de la revolución verde en base a la expansión del algodón, la utilización de agroquímicos y fertilizantes químico que constituía el paquete tecnológico de la extensión con sus recetas de la mecanización y el uso y abuso de los agroquímicos. Todo esto llevó al desequilibrio ambiental con la proliferación de más y más plagas y enfermedades que requerían cada vez de más y más aplicaciones, yéndose el mismo en incremento de cuatro aplicaciones hasta 12 y 20 aplicaciones. Por otro lado, la asistencia tecnológica era fundamentalmente especializada en el rubro del algodón que se promovía como monocultivo.

Todo esto jugó en detrimento de la diversificación, el bosque a través de la deforestación con la mecanización degradante, la contaminación de las cuencas y microcuencas y en general de todo el medio ambiente. Como resultado de este monocultivo se deterioraron los suelos y como resultado de la mecanización degradante se erosionaron llevando a la acelerada pérdida de fertilidad y productividad. Finalmente, para los 90s se agrava la crisis del algodón que se suma así a la crisis campesina, con la introducción del temido picudo. De esta manera, con la crisis del algodón se metió en terapia intensiva a la agricultura familiar campesina que se quedó sin un rubro de renta para el mercado.

A partir de los 90s y entrada del nuevo milenio expansión de la soja transgénica con el deterioro del medio ambiente y la expulsión campesina como resultado de su modelo y sistema de producción, se vive la resistencia y la lucha campesina que se resiste a no desaparecer como sujeto social despojado de su principal rubro de mercado, el algodón. El sésamo no logra sustituir como rubro de renta para la masa campesina. Esta es la lucha de los dos modelos de desarrollo en el marco del escenario histórico nacional. Es la lucha de David y Goliat, el débil contra el poderoso. Por un lado, el modelo del desarrollo extrativista contaminante, degradante, excluyente de la expansión del capital en el campo a través de la soja transgénica expulsando de sus territorios a las comunidades campesinas e indígenas. Por otro lado, la resistencia campesina que crece con el incremento de las ocupaciones de las propiedades en el campo, defendiendo su sistema de producción resiliente y respetuosa de la naturaleza con una producción bio-diversificada y sus relaciones comunitarias y solidarias de fraternidad e inclusión social. Esta lucha desigual

aceleró la expulsión campesina de sus territorios con la creciente criminalización de las ocupaciones, la resistencia y la lucha campesina.

2.3 La Crisis campesina

La transición democrática que duró más de 20 años (de 1989 a 2008) para implantar finalmente una democracia que nació enferma con el virus de la corrupción, impunidad, degradante, contaminante, excluyente y pauperizante más letal que el COVID19. Se heredó un estado sin sistema educativo, sin sistema de salud, sin infraestructuras, sin soberanía territorial, energética ni ambiental que siguió sin visibilizar la crisis campesina. Este proceso sociopolítico coincidió con procesos y debates que resultó en mayor sensibilización ambiental con la Cumbre de la Tierra en EcoRio92 y la AGENDA 21 DE LA AGRICULTURA SUSTENTABLE y la Agroecología y mayor sensibilización de la mujer y los problemas de la juventud con el decenio de la mujer y la Cumbre de Beigin95, los objetivos del Milenio con las ODS2030 y el Decenio de la Agricultura Familiar 2019-2028.

2.4 La reactivación de la finca campesina

Frente a la crisis paradigmática de la asistencia técnica a través la escuela del extensionismo desarrollado fundamentalmente por instituciones del estado en contradicción de la asistencia técnica en el marco del desarrollo comunitario implementado por la sociedad civil y ONGs, la propuesta técnica de SER se definió desde un principio en la nueva corriente latinoamericana **de asistencia técnica integral agroecológica como captación, recreación y adecuación tecnológica a través de la investigación-acción y la capacitación-captación tecnológica participativa en el marco del aprendizaje experiencial**. Esta nueva corriente considera al campesinado como SUJETO SOCIAL articulado y organizado, con planes, programas y proyectos cada vez más autogestionarios, eficientes y competitivos (Yurjevic A., 1997).

Dentro de este enfoque el campesinado experimenta un proceso de transformación pasando de mero objeto social a sujeto social a través de un proceso de reconversión mental y productiva. Pasa así de ser un sujeto fragmentado, segmentado y dividido a un sujeto colectivo a través de la organización para hacer escala de producción e incrementar su capacidad de negociación incrementando su competitividad y eficiencia productiva. De esta manera, se espera superar la “deseconomía de escala” característica de una economía campesina en descomposición, pauperizada y no competitiva.

3 | RESULTADOS E IMPACTOS DE LA EXTENSIÓN AGROECOLÓGICA

Se organiza los resultados e impactos en torno sólo a la dimensión de la gestión organizativa como factor catalizadora e impulsor del desarrollo campesino agroecológico y de la restauración de la madre naturaleza a través de su modelo y sistema productivo. Se analiza mediciones institucionales de su acción agroecológica en donde el año base

(2015) en que se inicia la acción social de la extensión, con los resultados de la acción sistematizada en el 2019. Se trabajó en el marco del año internacional de la Agricultura Familiar Campesina del 2014 y el esfuerzo colectivo con las organizaciones internacionales, el Foro Rural Mundial, para conseguir el Decenio de la Agricultura Familiar 2019-2028.

3.1 **Ámbito de Gestión Asociativa y Organización**

En cuanto a autopercepción de los líderes de base y directivos con relación al capital social y sicoespiritual (Gráfico 7.1.2.a), se analizó la administración de este stock de capital a través de ocho ejes o dimensiones de análisis. Los mismos son: seguridad alimentaria, hábitat confortable, baño y letrina, agua, jopoi, minga y solidaridad, plantas medicinales alrededor del hogar, huerta familiar, comida y arte campesino. En todas las comunidades donde se llevó a cabo la acción colectiva de la extensión agroecológica, se puede percibir antes de la formación de la organización un bajo stock de capital que luego con la acción colectiva de la organización se incrementó por encima de la mitad en una escala de 0 a 10. La telaraña que se conforma antes de la organización en 2015 es deforme mientras que la telaraña que se conforma en el 2019 es mejor construida con relativa homogeneidad en todos los ejes de análisis. Lo que se da un salto cualitativo importante es en seguridad alimentaria, el hábitat confortable y en baño y letrina, agua que se saltó de un nivel de confort de 1 a 5 y a 7 respectivamente de la escala. Es igualmente importante señalar el gran salto que se experimentó en las relaciones solidarias, en la recuperación de las plantas medicinales alrededor del hogar, de la huerta familiar y de la comida y arte campesino todos por encima de 5.

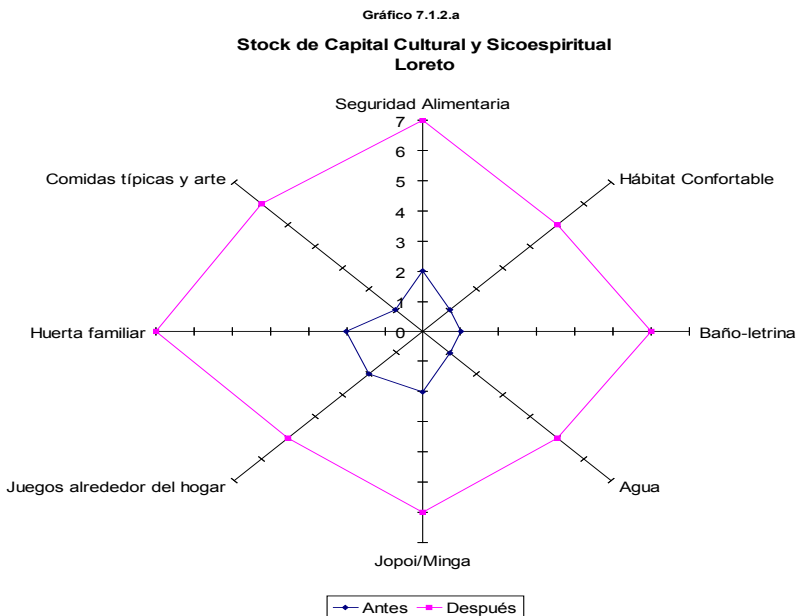
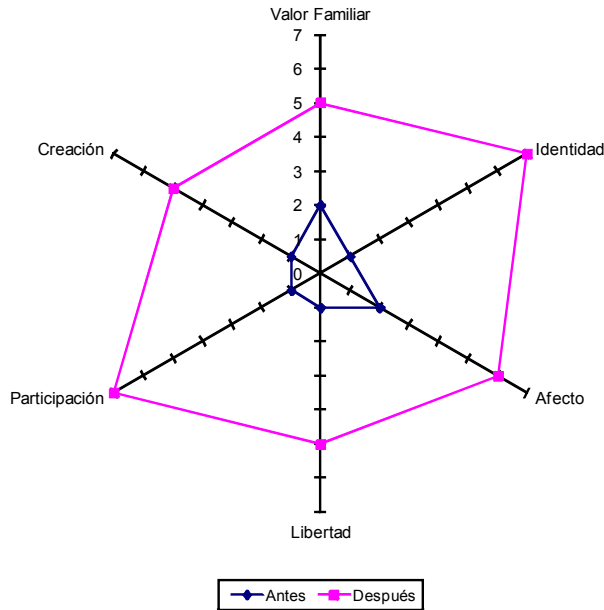


Gráfico 7.1.2.d
Mujer en la Organización
Loreto



Las mujeres al construir sus telarañas comentaron: “Antes nadie se preocupaba de las mujeres en cuanto a lo social. Después nos capacitamos en todos los aspectos y nos sentimos que somos ALGUIEN dentro de la sociedad a través de la organización. Nuestros hijos se sienten apoyados. Las mujeres crecen al intercambiar sus experiencias como resultado de estar en la organización y conocer otras experiencias organizativas como Loreto, Caazapá, Itaipú y Bolivia.

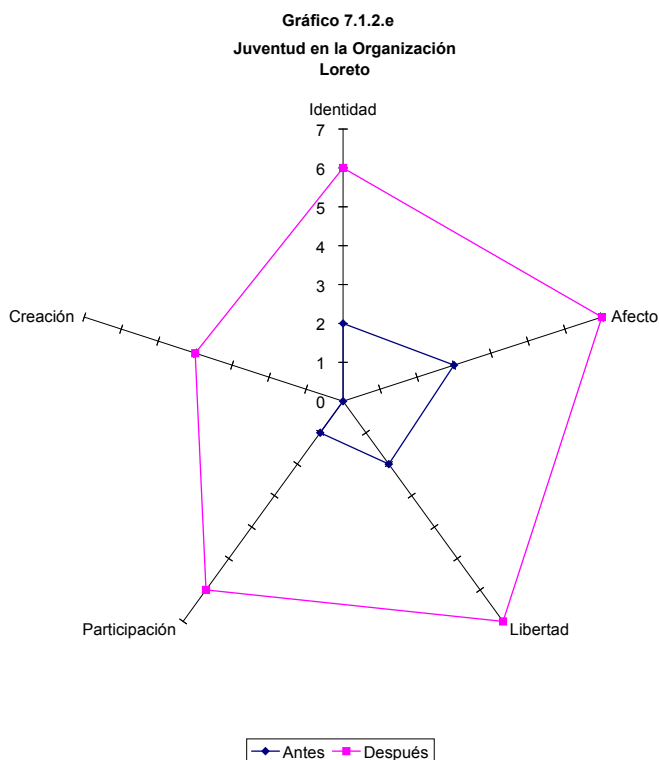
Esta experiencia organizativa de las mujeres se puede rescatar con las palabras de las propias mujeres en entrevistas y en talleres participativos de formación:

“Nos sentimos fuertes, dentro de la organización. Rescatamos y recuperamos nuestra propia identidad de madre, esposa y ciudadana y nuestro compromiso muchas veces es más radical que los propios varones. Somos las mujeres que nos resistimos a abandonar nuestras tierras y nuestras comunidades. Con sacrificio logrando que nuestro marido sea socio juntos lucharemos por nuestros hijos, compartiendo la confianza que uno vive en su comité y en su organización.” (Entrevista y talleres participativos)

Una mamá dio su experiencia que juntas en la organización lograron y consiguieron la beca a Cuba para su hijo, y además lograron una producción buena, continua y sustentable.

La percepción de la juventud (Gráfico 7.1.2.e) es igualmente significativa. La telaraña que se construye antes de la organización es deforme sobresaliendo un nivel

cero en creación antes y muy poco stock de capital en cuanto a identidad, libertad y participación. Se perciben con relativa importancia en afecto en todos los casos sin superar el 3. Luego con la acción organizativa, la telaraña del stock de capital que se construye es relativamente mejor moldeado con el máximo nivel en cuanto a identidad, afecto, libertad y participación y un nivel importante de incremento a nivel de creación.



En todas las organizaciones campesinas de los distritos en intervención, los jóvenes al respecto comentaron que antes no tenían oportunidades como joven, perdiendo su identidad campesina con el desarraigo abandonando sus comunidades, con falta de afecto y sin educación. Luego con la organización se perciben que aceptan ser hijo de campesinos agricultores con orgullo, se arraigan en sus comunidades liderando procesos organizativos comunitarios, se recupera los valores fundamentales de familia y comunidad a través de la educación y las relaciones organizativas y a través de los comités se capacitan permanentemente a los hijos en cuanto a producción, mercados, manejo de suelos, bosques, agua, integración de la producción animal con la agricultura.

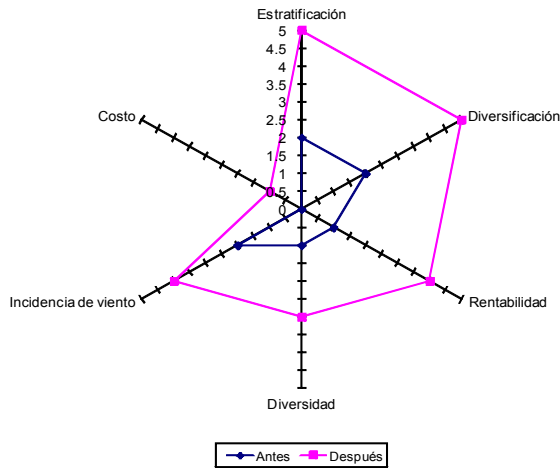
3.2 **Ámbito de Sustentabilidad Ambiental y Manejo de Recursos Naturales**

Analizando los valores de autoevaluación de los/as líderes de base y directivos zonales y distritales de la organización con relación al manejo sustentable de suelo se tiene los siguientes resultados. El manejo sustentable de suelo se analizó a través de siete ejes o dimensiones de análisis. Los mismos son: Nivel de uso de materia orgánica, nivel de reciclaje, nivel de retención de agua, nivel de erosión, nivel de daños y plagas, índice de diversidad y nivel de nitrato o acidez de suelo.

Para las organizaciones campesinas (Gráfico 7.1.3.a) se encontraron los siguientes resultados. Antes de la formación de la organización se puede detectar la construcción de una telaraña deforme, sin materia orgánica, sin reciclaje, sin retención de agua, con cinco de nivel por daño de erosión, con 5 de nivel por daño y plagas, con 1 en índice de diversidad y con nivel 5 de acidez. La autoevaluación después de la acción organizativa se tiene una telaraña más consistente y mejor moldeada destacándose el nivel de materia orgánica a 6, el reciclaje a 7, la retención de agua a 5, la erosión menor a 4, el daño y plagas se redujo un tanto a un valor de 3, aunque aumento el nivel de diversidad a 5 y el nivel de nitrato o acidez se redujo a 2. Todo esto explicaron los productores porque las prácticas agroecológicas es demasiado reciente aún y todavía es muy débil su impacto. Lo más resaltante es el crecimiento del índice de diversidad y el relativo control de la erosión porque recién se comenzó con el programa casi obligatorio de las organizaciones de la práctica del abono verde y el manejo de recursos naturales. Se puede ver como tendencia a mediano plazo que la organización y la institución puede ser exitoso en la implementación más agresiva de su programa de manejo sustentable de suelo, pero ya planteado como un programa más consistente y con sistema de seguimiento y trasabilidad con mecanismos de premios y castigos para las fincas de las familias socias exitosas aplicando las prácticas tecnológicas agroecológicas recomendadas.

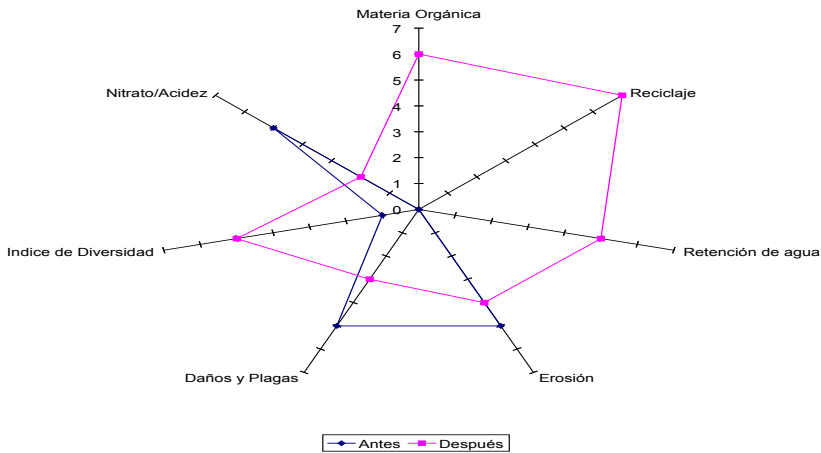
Del mismo modo, para el análisis del Manejo sustentable de bosques o producción agroforestal de las Organizaciones (Gráfico 7.1.3.b), se plantea la autoevaluación a través de seis ejes o dimensiones de análisis. Los mismos son: estratificación, diversificación, rentabilidad, diseño, incidencia del viento y costo. La telaraña de antes de la existencia de la organización no tiene forma consistente. Tiene una estratificación de nivel 2, con una diversificación de nivel 2, con un nivel de rentabilidad y diseño de 1, con incidencia de viento de nivel 2 y un costo cero pero casi sin rentabilidad. Dentro de este contexto pareciera que el bosque no se maneja sino que va siendo víctima del proceso de degradación de una agricultura degradante y contaminante.

Gráfico 7.1.3.a
Agroforestral
Loreto



Por el contrario, después de la acción colectiva de la organización la telaraña construida es más consistente y mejor modelada con un nivel 5 de estratificación y diversificación, un nivel 4 de rentabilidad e incidencia del viento, un nivel 3 de diseño y con un nivel muy bajo de costo. Con esto se puede ver que con poca inversión se puede administrar e incrementar el stock ecológico familiar incrementando el stock ecológico del bosque. Se están implementando un programa de manejo sustentable de recursos naturales con un plan agresivo de manejo de suelo y manejo de bosques desarrollando viveros forestales a nivel organizativo y programas de reforestación, enriquecimiento de bosques, agroforesterías y forestación a través de diferentes proyectos con la cooperación internacional.

Gráfico 7.1.3.b
Manejo de Suelo
Loreto



4 | CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

Al examinar los resultados estratégicos de cambio para el ámbito de gestión asociativa y organización de las comunidades que se comparan un año de línea de base luego de cinco años de intervención social a través de la extensión rural agroecológica, coinciden los siguientes resultados estratégicos:

En primer lugar, ya al final del primer año las organizaciones se formalizaron y para principio del segundo año se institucionalizaron con su personería jurídica, su RUC (Registro Único de Contribuyente), con sus cuadernos de actas al día y sus cuadernos contables ordenados y registrados. Desde el tercer año de acción organizativa se concretó para ambas organizaciones la implementación de la cuota social y de los reglamentos de servicios de comercialización, asociativa, crédito, centro de insumo, uso de maquinarias.

En segundo lugar se trabajó sobre la formación del capital humano con la formación de líderes productores y productoras a través de cursos talleres participativos y seminarios talleres participativos.

En tercer lugar se tiene un capital institucional organizativo construido en base a un capital administrativo sólido, con manual de organización y funciones y manual de procedimiento operativo de calidad. Lastimosamente, no se pudo todavía llegar a la etapa de la informatización de la contabilidad y de la administración pero ya se está a un paso del mismo. Simplemente se está postergando este resultado por la escasez de los recursos económicos y por no contar con un modelo adecuado al modelo organizativo campesino diferente al modelo cooperativo que ya cuenta en el mercado con su programa informático. Sin embargo, para todas las organizaciones ya figuran como objetivo estratégico del 2006 la informatización administrativa y contable de la organización.

Finalmente, se tiene un proceso de integración vertical y horizontal desarrollado y consolidado con la constitución y posicionamiento de su liderazgo a nivel nacional con la integración a Centrales, Plataformas Nacionales y Organizaciones Nacionales como en la CNI, el Comité Nacional de la Agricultura Familiar Campesina e Indígena y la plataforma de unidad campesina. Estas organizaciones nacionales y plataformas organizativas nacionales desarrollaron una resistencia por sus derechos logrando así la Ley 6286/19 de la Restauración, Promoción y Fortalecimiento de la Agricultura Familiar Campesina y de la Ley 5446/15 de las Políticas Públicas para Mujeres Rurales.

En cuanto a la relación del campesinado organizado con su medio ambiente en las comunidades intervenidas con la acción colectiva participativa de la extensión rural agroecológica, los resultados estratégicos son:

En primer lugar, la sensibilización y concientización masiva con respecto a la sustentabilidad es todo un logro y un hecho real, como resultado de los talleres y cursos talleres de capacitación para el rescate de los valores y las relaciones con la Madre Tierra y recuperar su TEKOPORAVE REKO (Buen Vivir Comunitario).

Sin embargo, se puede destacar como un resultado ganado en este ámbito la masificación de la práctica del abono verde todavía en la etapa de producción de semilla. Recién se está allegando a la etapa de la incorporación en el suelo, posiblemente sea por contar recientemente con herramientas y equipos que faciliten en proceso productivo. Todas estas prácticas necesitan aún su masificación, al ser muy diferente de su práctica tradicional de la agricultura itinerante que es sustentable en esencia al respetar el proceso de restauración de la naturaleza. En la medida que sus lotes se van reduciendo y la disponibilidad de la tierra es cada vez menos, se tiene que sustituir estas prácticas tradicionales por una nueva práctica que se debe integrar a su matriz cultural y social comunitario.

En segundo lugar, la mayoría de las organizaciones con las que se está trabajando, se tiene el servicio solidario de agua, como recurso estratégico de la organización para la vida y la producción. El manejo sustentable del agua además se complementó con la producción de tilapia a través piletas de producción de peces que hasta el momento se tiene aún en forma experimental y para autoconsumo sin llegar aún al mercado. El objetivo es desarrollar la producción de peces en forma integrada con plantas, animales y bosques empresarialmente para venta en el mercado. Esta última práctica también es nueva que se tiene que incorporar en su matriz social y cultural.

Finalmente, en cuanto a manejo sustentable de bosques se inició muy incipientemente la práctica de viveros forestales por comités y por organización y se inició el programa de reforestación y regeneración forestal a través árboles nativos como el tajá, el trébol con árboles frutales como cítricos, mango. El campesinado tiene resistencia cultural a la reforestación porque su práctica es mejor con la regeneración de sus pequeños bosques con frutales para el mercado y como para el consumos como el yvapovo, el arasá, el

yvapuru, el araticú y otros... que también ahora son muy apreciados en el mercado. De esta manera, se plantea una práctica agroecológica tradicional campesina de la regeneración forestal desarrollando así sus bosques productivos como tradicionalmente siempre fue considerado el bosque.

De esta manera, el presente estudio demuestra que la asistencia técnica integral en el marco del enfoque estratégico del desarrollo rural humano y agroecológico es válida en la lucha para reducción de la pobreza a través del proceso de construcción de stock de capitales. Está demostrado igualmente que para la eficacia, eficiencia y competitividad de este proceso se tienen que dar dos condiciones fundamentales. La primera condición es la construcción del capital institucional de la institución líder. La segunda condición es la priorización de la construcción del capital social con la formación, fortalecimiento y consolidación de las organizaciones sociales campesinas. Luego de desarrollar estos capitales se inicia la reconstrucción del capital ecológico, el capital cultural, el capital institucional del nuevo modelo de empresariado solidario campesino, el capital político-gremial, el capital sicoespiritual y el capital económico-productivo y de infraestructura.

El proceso de construcción de stocks de capitales no se da en un proceso de homogeneidad y los ritmos de construcción son desparejos. A este respecto la construcción del capital social está con rescate y capitalización de sus procesos organizativos comunitarios. La construcción del capital ecológico, los procesos se tiene que estructurar su nivel incipiente y crítica, transicional, y maduro como etapas del proceso de la reconversión mental social, ambiental y productiva de todas las fincas a la producción agroecológica campesina.

En la construcción del capital institucional del nuevo modelo del empresariado solidario y campesino, se tiene que estructurar los procesos. Se tiene que trabajar en un nivel básico e incipiente de las tres c, calidad, continuidad y cantidad para pasar luego a nivel de transición y llegar a alcanzar un nivel de fortalecimiento, consolidación y maduración.

La construcción del stock de capital político-gremial tiene que crecer en la medida que va creciendo y desarrollando su conciencia personal, familiar y comunitaria, pasando de una conciencia ingenua, a una conciencia crítica, a conciencia política y luego a una conciencia de cambio revolucionario transformándose en sujeto de cambio social para toda la sociedad paraguaya. Es lo que se demostró con las conquistas de las dos leyes, la 6286/19 y la 5446/15.

En la construcción del stock de capital cultural con la recuperación de la cosmovisión guaraní-campesina, recuperación de su economía solidaria, de su relaciones sociales solidarias, de su arte, comida y su ciencia se está prácticamente se está desarrollando su potencialidad colectiva como sujeto social de cambio. El modelo extractivista del capital con sus relaciones de exclusión, subordinación y explotación en el campo debe ser debilitado por la eficiencia y efectividad del modelo agroecológico de producción y de relaciones sociales.

En la construcción del stock de capital sicoespiritual con la recuperación de la relación espiritual del ser humano con la comunidad biótica de suelo, plantas, bosques, animales y agua donde todo tiene vida y es relación viviente y armoniosa una con otra, sufriendo con el sufrimiento humano y gozando con las alegrías humanas, es importante a re-afirmar su posición de sujeto social de cambio.

REFERENCIAS

Altieri y Yurjevic. 1991. La Agroecología y el Desarrollo Rural Sostenible en América Latina. Revista Agroecología y Desarrollo. Año I, Número 1.

Altieri Miguel a. 1997. El Estado del Arte de la Agroecología y su contribución al Desarrollo en América Latina. CET/CLADES, Santiago de Chile.

Campos R.D. Daniel. 1986. "Socio-economic changes and capitalist agricultural expansion: a theoretical, historical and analytical model for the Paraguayan case." Tesis de Maestría. Agosto, 1986, Dpto de Sociología Rural, Universidad de Wisconsin, Madison.

Campos R.D. Daniel. 1987. WHITE GOLD PRODUCERS IN PARAGUAY: SOCIOECONOMIC CHANGE AND TECHONOLOGICAL TRANSFORMATION THOUGH COTTON PRODUCTION. Tesis de Doctorado. USA: Chicago, 1987.

González de Molina M. 1997. Bases Teóricas para una Historia Agraria Alternativa. CET/CLADES, Stgo. de Chile.

González de Molina M y Sevilla Guzmán E. 1991. Ecología, Campesinado e Historia. Una Interpretación (ecohistórica) de la penetración del capitalismo en la Agricultura. En E. Sevilla y M. González de Molina (Edis). Ecología, Capesinado e Historia. Madrid, Ed. Las Piquetas.

E.Leff - J. Carabias. 1993. **Cultura y Manejo Sustentable de los recursos naturales**. México, CIIH-UNAM.

Leff, Enrique. 2000.**Ecología, Capital e Cultura**: EDIFURB, Blumenau.

Yurjevic, Andrés. 1997. Marco Conceptual para un Desarrollo Humano y Ecológico. Fundamentos. Centro de Educación y Tecnología-CET. Consorcio Latinoamericano de Agroecología y Desarrollo-CLADES.

CAPÍTULO 11

O PLANTIO DE NEEN E O COMPROMETIMENTO DA DIVERSIDADE DA FLORA URBANA DE SÃO FÉLIX DO CORIBE/BA

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 04/04/2021

Anne Francis Bezerra Campos

Universidade Estadual da Bahia, Campus IX
São Félix do Coribe - Bahia
<http://lattes.cnpq.br/6987486034818811>

Elisângela Silva Moura

Universidade Estadual da Bahia, Campus IX
Barreiras - Bahia
<http://lattes.cnpq.br/3661089879301742>

Sandra Eliza Guimarães

Universidade Estadual da Bahia, Campus IX
Barreiras - Bahia
<http://lattes.cnpq.br/3056350306500347>

RESUMO: Este trabalho tem como objetivo revelar o crescente avanço da espécie *Azadirachta indica* na área urbana de São Félix do Coribe, Bahia. Essa é uma pesquisa quantitativa e qualitativa, fundamentada em dados estatísticos, contabilizando as árvores de Neen plantadas nas principais ruas da cidade, no Centro da cidade, área urbana, trazendo para discussão uma preocupação com o avanço desproporcional dessa espécie exótica em detrimento das espécies nativas e os consequentes problemas ambientais relacionados a este avanço. Com este estudo busca-se construir uma cultura de proteção à flora nativa e à diversidade de espécies, evitando uma possível redução da qualidade ambiental no município abordado. Neste trabalho foi possível confirmar a existência

de uma grande quantidade de árvores da espécie *Azadirachta indica*.

PALAVRAS - CHAVE: *Azadirachta indica*; Árvores; Contagem; Meio ambiente.

NEEN PLANTING AND THE COMMITMENT OF THE DIVERSITY OF THE URBAN FLORA FROM SÃO FÉLIX DO CORIBE/BA

ABSTRACT: This work aims to reveal the growing advance of the species *Azadirachta indica* in the urban area of São Félix do Coribe, Bahia. This is a quantitative and qualitative research, based on statistical data, accounting for neen trees planted in the main streets of the city, in the city center, urban area, bringing to discussion a concern with the disproportionate advance of this exotic species to the detriment of native species and the consequent environmental problems related to this advance. This study seeks to build a culture of protection to native flora and species diversity, avoiding a possible reduction in environmental quality in the municipality addressed. In this work it was possible to confirm the existence of a large number of trees of the species *Azadirachta indica*.

KEYWORDS: *Azadirachta indica*; Trees; Count; Environment.

1 | INTRODUÇÃO

A ação antrópica, característica da formação de cidades, inseriu tons de cinza à paisagem local, e reduziu sua qualidade de vida, tendo em vista a importância do meio ambiente

natural para o equilíbrio dos seres vivos em geral.

Para corrigir ou amenizar essa situação, muitas administrações municipais têm recorrido a espaços de área verde, que corresponderiam a pequenas porções de natureza, os corredores arborizados, as calçadas e as praças. As árvores e demais plantas ali presentes podem trazer um sensação de bem estar, melhorando a qualidade do ar, dinamizando e revelando uma beleza natural em meio a tantas edificações.

No entanto, em cidades quentes como São Félix do Coribe, onde a temperatura facilmente chega aos 38 graus, estes pequenos espaços se tornam insuficientes. De maneira que, cada vez mais habitantes tem optado por plantar uma árvore à porta de suas residências.

Esta prática pode parecer uma boa solução, não fosse o fato de esses habitantes terem apreço exclusivo pela espécie *Azadirachta indica*, o chamado “Pé de Neen”. Esta árvore tem sido utilizada em larga escala, não só por moradores, mas também pela própria administração pública do município.

O Nin foi introduzido inicialmente no Brasil, por meio de sementes originárias das Filipinas, pelo Instituto agrônomo do Paraná (IAPAR), no ano de 1986, com o objetivo de se pesquisar a ação inseticida dessa planta. Mais tarde, em 1989 e 1990, esse mesmo Instituto obteve sementes da Índia, Nicarágua e República Dominicana, as quais foram plantadas, respectivamente, nas regiões de Londrina, Paranaíba (PR), Jaboticabal (SP) e Brasília (DF), para avaliação de desenvolvimento (MARTINEZ, 2002).

De acordo com Schmutterer (1990) *Azadirachta indica* é uma planta perene ou decídua, bastante resistente e de crescimento rápido, podendo, caso haja condições edafoclimáticas favoráveis, atingir até 25 metros de altura. Possui uma copa atraente de folhagem verde escuro que pode atingir até 10 metros de diâmetro, e flores com odor de mel. As folhas são compostas e imparpinadas, aglomeradas nos extremos dos ramos, simples e sem estípulas.

Muitas espécies de insetos podem ser afetadas pelo Neen, que possui a substância azadiractina em todas as partes da planta. De acordo com Mossini (2005), o Neen tem ação comprovada em mais de 400 espécies de insetos e ácaros, repelindo-os e interferindo na alimentação, postura, fertilidade, comportamento e fisiologia. Desta forma age significativamente no controle de pragas. Esta peculiaridade fez com que esta planta também se destacasse na indústria de fármacos.

Vale ressaltar que, embora o Neen possua todas essas vantagens, seu cultivo deve ser monitorado com uma atenção especial, pois o mesmo possui propriedades que geram efeitos negativos em insetos e possui também um poder de dispersão, podendo se alastrar sobre grandes áreas e competir com árvores nativas das regiões, sendo considerada assim uma árvore exótica invasora e que pode provocar um desequilíbrio ambiental. Plantas exóticas podem ameaçar ecossistemas e espécies nativas, na medida em que elas competem com a biodiversidade nativa, podendo alterar a composição e estrutura dos

ecossistemas naturais ou seminaturais (RICHARDSON et al, 2000).

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo discutir a disseminação do Neen no território são-felence, levando em consideração a importância de se preservar as espécies nativas e a diversidade da flora local.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de estudo

O local escolhido para a pesquisa foi a área central da cidade de São Félix do Coribe, coordenadas: Latitude 13° 24' 02" S e Longitude 44° 11' 41" O, altitude de 434 metros. Esta cidade está situada na região oeste da Bahia, entre os municípios de Coribe e Santa Maria da Vitória, à 862 km de Salvador. Na vegetação, predominam Floresta Estacional decidual e Semidecidual. O clima é Semiárido.

2.2 Procedimentos de pesquisa

Esta pesquisa foi realizada nos dias 26 de janeiro de 2021, das 15:00h às 16:30h, e 27 de fevereiro de 2021 das 17:00h às 18:00h, no Centro da cidade de São Félix do Coribe. Foi necessário percorrer todas as ruas do Centro, visto que se tratou de uma pesquisa quantitativa, onde se primou pela exatidão dos dados, buscando ser fiel à real situação do município.

No percurso, foram contadas todas as árvores de cada rua e, para isso, foi utilizado o aplicativo Map Marker, versão 2.19.1_360, atualizado em 10 de outubro de 2020. A cada árvore da espécie *Azadirachta indica* avistada era feita uma marcação no aplicativo, que ia registrando em tempo e local reais.

Este aplicativo usa o Google Maps e outras fontes, a fim de permitir que sejam colocados marcadores, mesmo sem conexão com a internet. Assim, foi possível o registro de cada indivíduo no seu exato local de existência. Além do registro digital, o aplicativo faz a contagem imediata e traz dados de localização.

2.3 Análise dos dados

O aplicativo Map Marker utilizou dados de GPS para definir a localização da equipe no mapa, sendo então adicionados manualmente os pontos onde foram encontradas as árvores objeto de estudo. O somatório das unidades foi realizado automaticamente pelo aplicativo a cada indivíduo adicionado. Após o levantamento de toda a área pesquisada, o aplicativo gerou um arquivo no formato KML, que viabilizou o compartilhamento dos dados para o aplicativo Google Maps. Já na plataforma do Google Maps, se utilizou a régua do próprio aplicativo para fazer a medição tanto da área estudada, quanto da área sede da cidade de São Félix do Coribe.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 A importância da preservação de espécies nativas e da biodiversidade de espécies

A cidade de São Félix do Coribe está localizada na região oeste do estado da Bahia, pertencendo, por tanto, ao bioma Cerrado. Isso significa dizer que sua vegetação nativa é bastante rica e que poderia facilmente ser associada ao espaço urbano na tentativa de compor uma paisagem mais harmônica.

As espécies nativas têm papel fundamental na manutenção do ecossistema, na estabilidade do meio ambiente como um todo, além de serem importantes elementos de identidade local.

Apesar disto, o Neen se adaptou muito bem ao clima quente da região Nordeste, no Brasil, sendo capaz de suportar altas temperaturas e longos períodos de estiagem, como nos afirma (NEVES et al., 2008): “O Neen suporta estiagem, temperaturas altas, mas é muito sensível ao frio. No Brasil são inaptas para o cultivo do Neen as áreas onde a temperatura média anual é inferior a 20° C”. Por isso tem se consolidado como árvore preferida para o sombreamento em São Félix do Coribe.

No entanto, flora e fauna de uma região tem uma relação bastante estreita, de trocas que são valiosas para ambos os lados. No entanto, a presença de uma vegetação exótica pode acabar com essa interação, pois a fauna local não encontrará ali o suprimento de suas necessidades.

Assim sendo, fica evidente a importância da manutenção e do cultivo de plantas nativas para estabilidade e equilíbrio ambiental, gerando melhor qualidade de vida a todos os seres que participam desse processo.

3.2 O plantio indiscriminado de Neen e suas implicações

O Neen é uma árvore exótica de origem asiática, que tem sido implantada nas regiões Norte, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil e se adaptou muito bem ao Nordeste brasileiro por ser uma planta de clima tropical e tolerante a altas temperaturas, inclusive acima de 40°C por curtos períodos e resistente a longos períodos secos. (SILVA et al., 2021).

Apesar de ser atualmente muito apreciada em razão de oferecer boa sombra, a espécie tem sido motivo de grande preocupação. Segundo Silva et al (2021), o Neen provoca a esterilidade de muitos insetos e até mesmo de pássaros, sendo extremamente agressivo neste sentido. Devido à falta de conhecimento da população sua utilização é muito presente.

Outra importante questão é o dano material às calçadas onde estas árvores são plantadas. As raízes do Neen crescem rapidamente e costumam ficar muito grandes, danificando com frequência as calçadas.

Este plantio indiscriminado tem afetado também a preservação de espécies nativas, pois ao invés de fazer a reposição de áreas verdes com as espécies que ali existiram, os munícipes optam por plantar o Neen. E não é incomum, derrubarem uma árvore antiga para plantar um exemplar de Neen em seu lugar.

Como dito, esta pesquisa buscou contabilizar as árvores da espécie *Azadirachta indica*, no centro da cidade de São Félix do Coribe, utilizando o aplicativo Map Marker, versão 2.19.1_360.

Os resultados são fiéis à realidade e podem ser observados na figura 1, onde se apresenta a imagem do centro da cidade, com representação das árvores em ícones verdes.

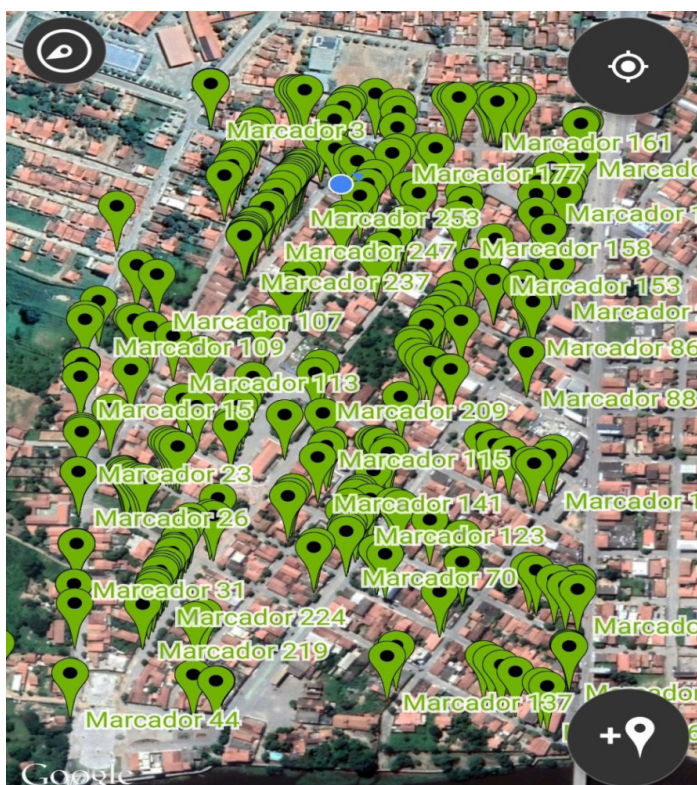


Figura1. Representação das árvores de Neen no Centro da cidade.

Fonte: Map Maker, 2021.

Na figura 1, vê-se que a área de estudo se encontra bastante arborizada, sendo cada marcador referente a um exemplar da espécie *Azadirachta indica*. A arborização urbana é fundamental para o bem estar social e manutenção do meio ambiente, no entanto estudos tem mostrado que pouco se tem levado em consideração o plantio da flora mais

adequada. É comum encontrar, na maioria das cidades brasileiras, alto percentual de espécies exóticas, geralmente acima de 70%. (Biondi; Lima Neto, 2011).

Abaixo, na figura 2, temos o mapa de parte da cidade com ícones em verde representando as árvores contabilizadas.



Figura 2. Mapa do centro da cidade com árvores representadas em ícones verdes.

Fonte: Map Marker, 2021.

Foram contabilizados 303 exemplares da espécie *Azadirachta indica*, distribuídos apenas no centro da cidade, uma área de 35,6 ha, correspondente a aproximadamente 13% da área sede do município, parte urbanizada, que é de cerca de 286 ha (Google Maps, 2021). Na maioria das ruas percorridas havia mais de 05 árvores da espécie. E muitos aglomerados como o que se vê na figura 3.



Figura 3. Plantação de Neen em escola municipal.

Fonte: autora, 2021.

Desta forma, ficou evidente a presença maciça de pés de Neen no centro de São Félix do Coribe, em detrimento de outras espécies. Aqui se chega ao objetivo do trabalho, levando em consideração o espaço abordado e a quantidade de espécimes registradas, confirmou-se a hipótese de uma superpopulação de árvores de Neen.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Muito embora o Neen tenha ganhado notoriedade e conquistado mercado por suas propriedades naturais, a sua proliferação na área urbana tem causado discussões acerca dos malefícios que pode causar.

Observando uma grande quantidade da espécie *Azadirachta indica* na cidade de São Félix do Coribe, foi realizada esta investigação que deu origem ao artigo presente.

De fato, mediante a coleta e interpretação dos dados, concluiu-se que há uma grande concentração de Neen's na área abordada e, em contra partida, ausência de outras plantas.

Sabendo da importância da diversidade de flora, é preocupante deparar com quase totalidade da cidade apresentando um uma única espécie, sendo ainda uma espécie exótica.

Devido às propriedades inseticidas, esta planta vem trazendo prejuízos à micro fauna, sendo responsável pelo déficit no desenvolvimento de muitos visitantes florais, incluindo pássaros.

Neste sentido, a cidade de São Félix do Coribe necessita de intervenção ambiental a fim de sanar este problema. Os moradores precisam ter ciência do que estão provocando com a prática desse plantio. Seria de grande valia uma política pública de substituição destas por outras plantas que sejam nativas da região.

REFERÊNCIAS

BIONDI, D.; LIMA NETO, E. M. **Pesquisas em arborização de ruas**. Curitiba: Daniela Biondi, 2011.

MARTINEZ, S. S. O Nim – **Azadirachta indica: natureza, usos múltiplos, produção**. Londrina: IAPAR, 2002. p. 142.

NEVES, E.J.M.; CARPANEZZI, A.A. **O Cultivo do Nim para a Produção de Frutos no Brasil**. Circular Técnica EMBRAPA Florestas. Colombo PR.2008.

SCHMUTTERER, H. Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.35, p.271-297, 1990.

MOSSINI, S. A., KEMMELMEIER. A árvore Nin (*Azadirachta indica* A. Juss): Múltiplos usos. Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Bioquímica. **Acta Farm. Bonaerense** 24(1): 139-48 (2005).

RICHARDSON, David M. et al. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. **Diversity and Distributions**, 6: 93-107. (2000). Disponível em: <http://www.ibot.cas.cz/personal/pysek/pdf/naturalization_and_invasion_%20of_alien_plants.pdf>. Acesso em: 30 de março de 2021.

SILVA, Milena de Moraes et al. Nim Indiano (*Azadirachta Indica*): Malefícios para o Meio Ambiente. **Mostra Científica da Farmácia**, [S.l.], v. 5, mar. 2019. ISSN 2358-9124. Disponível em: <<http://publicacoesacademicas.unicatolicaquixada.edu.br/index.php/mostracientificafarmacia/article/view/3004>>. Acesso em: 30 Mar. 2021.

PHYLOGENY AND THE PATTERNS OF ESSENTIAL OIL DIVERSITY IN THE GENUS *HYPENIA*

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 24/04/2021

Camila Fernandes de Jesus

Universidade Federal de Goiás
Instituto de Química
Goiânia – Goiás
<http://lattes.cnpq.br/5682563138868872>

Maria Tereza Faria

Faculdade Araguaia (UniAraguaia)
Unidade Bueno
Goiânia – Goiás
<http://lattes.cnpq.br/7273792981547805>

Heleno Dias Ferreira

Universidade Federal de Goiás, Instituto de
Ciências Biológicas, Departamento de Biologia
Geral, Goiânia – Goiás
<http://lattes.cnpq.br/0284131855729089>

Suzana da Costa Santos

Universidade Federal de Goiás
Instituto de Química
Goiânia – Goiás
<http://lattes.cnpq.br/7811945085200334>

Pedro Henrique Ferri

Universidade Federal de Goiás
Instituto de Química
Goiânia – Goiás
<http://lattes.cnpq.br/2129799749473005>

ABSTRACT: Thirty-three essential oils (EOs) from the aerial parts of *Hypenia* were analyzed by chemometric analysis. EOs constituents

(165) were coded as dichotomous variables and submitted to canonical correspondence analysis (CCA) with two taxonomic sections, combined with vegetative and reproductive phenophases as explanatory variables. CCA results indicated that 18.3% of the total variance in OEs were explained by these predictors, with a greater pure contribution attributed to phenology (53.7%), followed by the botanical section (42.3%), and 12% of joint influence. Multivariate regression tree (MRT) indicated six oil constituents as the main discriminants for distinguishing infrageneric classification and developmental stages of *Hypenia* species. A trend to oxygenated sesquiterpenes seems to accompany the transition of sampling sites along the lowest latitudes, although with differences concerning the growth phases and sectional classification.

KEYWORDS: Hyptidinae, chemosystematics, phenology, multivariate analysis, essential oils.

FILOGENIA E OS PADRÕES DE DIVERSIDADE DE ÓLEOS ESSENCIAIS NO GÊNERO *HYPENIA*

RESUMO: Trinta e três óleos essenciais (OEs) das partes aéreas de *Hypenia* coletados no Cerrado central brasileiro foram analisados por CG/EM e análise quimiométrica. Os constituintes dos OEs (165) foram codificados como variáveis dicotômicas e submetidos à análise de correspondência canônica com duas seções taxonômicas, combinadas com as fenofases vegetativa e reprodutiva como variáveis explicativas. Os resultados indicaram que 18,3% da variância total dos OEs foram explicadas por esses preditores, sendo a maior contribuição

pura atribuída à fenologia (53,7%), seguida da seção botânica (42,3%), e 12% da influência conjunta. A árvore de regressão multivariada (MRT) indicou sete constituintes dos óleos como principais discriminantes para distinguir a classificação infragenérica e os estágios de desenvolvimento das espécies de *Hypenia*. Uma tendência aos sesquiterpenos oxigenados parece acompanhar a transição dos locais de amostragem ao longo das latitudes mais baixas, embora com diferenças quanto às fases de crescimento e classificação seccional.

PALAVRAS - CHAVE: Hyptidinae, quimiosistemática, fenologia, análise multivariada, óleos essenciais.

1 | INTRODUCTION

Hyptidinae Endl., Ocimeae Dumort tribe of Lamiaceae Martinov family, is characterized by sternotribic flowers with stamens held in the corolla's compressed lower lip, forming an explosive pollination mechanism (HARLEY, 1988). A total of 19 genera with around 400 species of Hyptidinae are now recognized, whose patterns of floristic and taxonomic variation have resulted in endemic genera and a large number of new species (HARLEY et al., 2004). Molecular studies have promoted a reassessment of morphological characters and furthered understanding of evolutionary relationships among taxa (HARLEY & PASTORE, 2012). Among these, the genus *Hypenia* (Mart. ex Benth.) Harley initially had 24 species attributed to it (HARLEY, 1988). In Brazil, there are about 28 representative species of this genus (FARIA, 2014), with the center of diversity and dispersion being the Cerrado of Goiás state, where 18 species can be found. Of these, seven are endemic mainly in areas of rock formations, usually found in oligotrophic and sandy soils with high levels of aluminium and exposed to high luminosity. Some *Hypenia* spp. have flowered (ATKINSON, 1999), apparently as a sign of adaptation to bird pollination (HARLEY & PASTORE, 2012).

Hypenia spp. have either remained taxonomically undivided (BENTHAM, 1833; HARLEY, 1988; HARLEY & PASTORE, 2012) or been distributed into two (BENTHAM, 1848; EPLING, 1949; FARIA, 2014), six (ATKINSON, 1999) or seven (BRIQUET, 1896) taxonomic sections. After being upgraded to the generic level (HARLEY, 1988), this status was subsequently maintained (HARLEY & PASTORE, 2012; FARIA, 2014) or indicated (ATKINSON 1999) the transfer of all its species to the genus *Eriope* (Humb. & Bonpl. ex Benth.). *Hypenia*'s botanical keys show that characters used for their distinction derived almost exclusively from a limited range of floral features. This may be partly attributed to probable hybridization between sympatric species, as in *Eriope*, in addition to the small number of specimens deposited in herbaria.

Similarly to those of the correlated genus *Hyptis* Jacq., *Hypenia* spp. are aromatic and frequently cited in Brazilian Cerrado for their ethnobotanical uses, such as the infusion or decoction of leaves in the treatment of flu, common cold and other respiratory diseases (AGRA et al., 2007). Trypanocidal activity of volatile oils from *H. salzmannii* (Benth.) R. Harley has also been reported (SOUZA et al., 2017). Moreover, recent studies

have described essential oil (EO) variations from Brazilian *Hypenia* spp. and compared their chemotaxonomic significance according to Epling's sectional division (FARIA et al., 2012; JESUS et al., 2021; SILVA et al., 2011). This article presents results of canonical correspondence analysis (CCA) applied to EO constituents described for *Hypenia* species in vegetative and reproductive phenological stages. EOs variations during the developmental stages may be useful for understanding phylogenetic relationships, especially in view of the fact that its species are not always found during flowering in wild populations.

2 | MATERIAL AND METHODS

2.1 Botanical material

A list of the twenty-six *Hypenia* species investigated are shown in the Supplementary Information (SI) section (Table S1). Some species were collected from more than one sampling site, totaling thirty-three populations. Among the species, eight are new in the genus (FARIA, 2014).

2.2 Essential oils (EOs)

All thirty-three EOs were previously obtained from aerial parts by hydrodistillation in a Clevenger apparatus, and analyzed by gas chromatography-mass spectrometry, totaling 165 constituents (FARIA et al., 2012; JESUS et al., 2021; SILVA et al., 2011).

2.3 Statistical analysis

For the multivariate analysis, EO constituents were coded as independent characters (states presence or absence), as recommended by Sneath and Sokal (1963) and were organized in a response matrix (34 x 165), with samples in rows and chemical as variables in columns. An explanatory matrix (34 x 3) contained the same samples in rows and sectional division (FARIA, 2014), in addition to the two phenological stages and combined factors as categorical variables in columns. Canonical correspondence analysis (CCA) was performed to associate the two matrices with downweighted data so that rare occurrences did not influence results. Monte Carlo permutation tests (999 permutations) were used to assess the significance of canonical axes. Partitioning of the explained variation was obtained using partial CCA (pCCAs), with the explanatory matrix rearranged in two categorical subsets: infrageneric classification and phenological variables. Sample classes were evaluated by fuzzy *C*-means and Ward's variance minimizing technique with Euclidean distance using fitted coefficients from CCA. CCA allows one to assimilate the overall trend in EOs and reduce the uncontrolled factors affecting quantitative variations as redundancy analysis, RDA (FARIA et al., 2012; JESUS et al., 2021; SILVA et al., 2011).

Recursive partitioning of explanatory variables was also performed, thus producing a tree-based model for predicting species classes through a multivariate regression tree

(MRT). MRT model is nonparametric and does not require distribution assumptions, in addition to being able to detect nonlinear effects or where high-order interactions among variables are present (DE'ATH, 2002). The tree's optimal size was decided by cross-validated relative error (CVRE) and significant oil constituents were based to variable's indicator value index, IndVal (CÁCERES & LEGENDRE, 2009). Prior to the MRT analysis, the response data was chord transformed giving low weights to variables with many zeros.

Average multiple comparisons were established by analysis of variance (ANOVA), with the classes considered as a factor. Normality and homoscedasticity were checked with Shapiro-Wilk and Bartlett tests, respectively, followed by a *post hoc* Fisher's LSD test adjusted by Holm correction. *P*-values < 0.05 were considered significant. All analyses were performed in R (R Foundation for Statistical Computing, version 3.6.3, 2020).

3 | RESULTS AND DISCUSSION

In plant collection (SI, Table S1), some *Hypenia* spp. are rare (*H. aristulata*, *H. crispata*, *H. gratiosa*, *H. paradisi*, and *H. subrosea*), show endemic occurrences (*H. helenoi*, *H. rupestre*, *H. simplex*, *H. sp.*, new) or have a discontinuous distribution adapted to different soils (*H. densiflora*). Of these, *H. chapadensis*, *H. gratiosa*, *H. jorgeana*, *H. helenoi*, *H. niquelandiense*, *H. pulchra*, *H. rupestre*, and *H. sp.* (new) are currently undescribed species of the genus (FARIA, 2014).

A total of 165 oil constituents (SILVA et al., 2011; FARIA et al., 2012) was coded as dichotomous characters (SI, Table S2). Some *Hypenia* spp. could be identified due to the absence of oil constituent that was found in others species. For example, spathulenol was absent from *H. pruinosa* (pru1) profile, whereas *H. sp.* (new) did not show (*E*-caryophyllene. Furthermore, a third of the oil constituents (52 compounds) were present in only one of the *Hypenia* species. For example, *H. simplex* showed 11 unique constituents and *H. brachystachys*, and *H. pruinosa* five unique occurrences. About 60% of the samples presented only one of EO constituents. Among these constituents, sesquiterpenes contributed with the largest number (32), followed by monoterpenes (11), with emphasis on oxygenated ones (22 and 7, respectively).

Canonical correspondence analysis (CCA) was applied on presence/absence data (SI, Table S2) to extract further information and to assess the influence of infrageneric classification and phenology in species differentiation. Infrageneric classification was based on Faria et al. (2014), with species being divided into two sections: *Hypenia* sect. *Densiflorae* (Benth.) H. D. Ferreira & M.T. Faria comb. & stat. nov. and *Hypenia* sect. *Hypenia* (Mart. ex Benth.) H. D. Ferreira & M.T. Faria, comb. & stat. nov. (SI, Table S1).

CCA indicated that correlations between oil constituents and the two factors were higher in the first two canonical axes ($R_1 = 0.933$ and $R_2 = 0.874$) and variance inflation factors (VIF) were considered low (< 1.2), hence suggesting the absence of multicollinearity.

Total explained variance (inertia) was moderate (15.8%), but highly significant in the CCA1 (8.9%, F -Fisher = 1.0, $p = 0.001$) and sum of CCAs ($F = 1.9$, $p = 0.001$). CCA2 (4.3%, $F = 0.7$, $p = 0.082$) was significant at 0.1, justifies the high fitted variation (82.9%) in the first CCA's factorial plane (Figure 1).

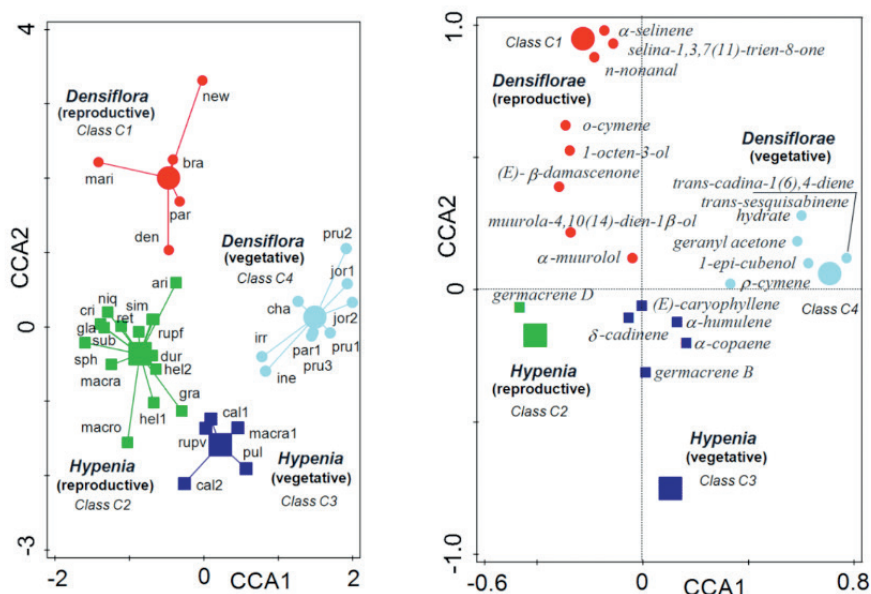


Figure 1. CCA diagrams of *Hypenia*'s EO variations. Codes can be found in the SI section (Table S1).

CCA1 showed a clear separation between vegetative samples – mainly characterized by 1-*epi*-cubanol and *trans*-cadina-1(6),4-diene – from samples in a reproductive phenophase, mainly characterized by the highest weights for germacrene D and muurola-4,10(14)-dien-1 β -ol. CCA2 distinguished samples of sect. *Densiflorae* by the highest weights for α -selinene and selina-1,3,7(11)-trien-8-one from sect. *Hypenia*, which were mainly characterized by sesquiterpene hydrocarbons. Therefore, positive values of CCA1 and CCA2 were associated with species of sect. *Densiflora* in vegetative and reproductive stages, respectively. On the other hand, negative values in both canonical axes were associated with samples from sect. *Hypenia* in the reproductive and vegetative phenophases. Thus, four natural classes (C1-C4) were suggested by CCA. The second plane of CCA can be viewed in the SI section (Figure S1).

The CCA diagrams indicated that, despite phenological influences within each section, some species showed both chemical and morphological similarities (FARIA, 2014). Examples include *H. densiflora* and *H. brachystachys*, and the latter with *H. marifolia* and *H. paradisi*, which in turn is related to *H. inelegans*, *H. jorgeana* and *H. irregularis*. Another group included *H. macrantha* and *H. calycina*, *H. glauca* and *H. reticulata*, while *H. simplex*

behaves both chemically and morphologically as a sister species to all *Hypernia* spp., being differentiated by its bell-shaped corolla (HARLEY & PASTORE, 2012).

CCA' ordinations in four classes were confirmed by Ward and fuzzy C-means techniques, whose high cophenetic correlation (0.957) and normalized Dunn's coefficient (0.961) showed a hard clustering of samples (Figure 2). A heat map of the doubly ordered oil data with Ward's dendrogram can be viewed in the SI section (Figure S2).

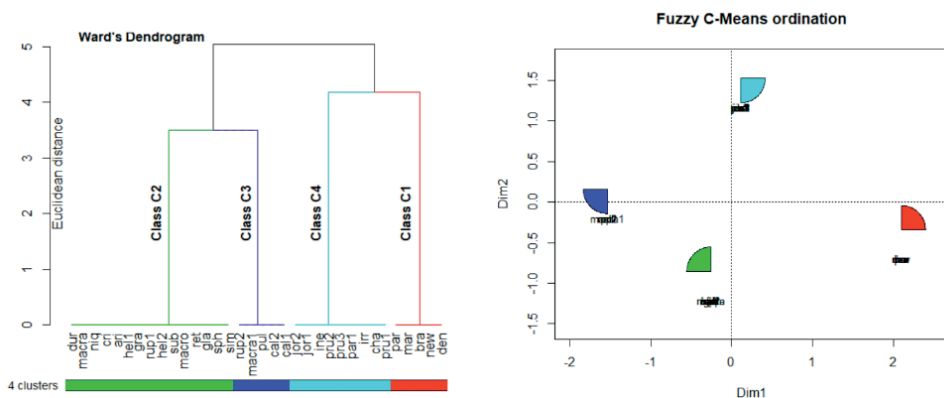


Figure 2. Ward's dendrogram and fuzzy C-means diagram of *Hypernia* spp. according to EO variations. *Hypernia* codes can be found in the SI section (Table S1).

To assess the contribution of each factor, the explained variation was partitioned into two subsets (infrageneric classification and phenology) by partial CCA (SI, Table S3). Results show that all the variation fractions of pure effects were highly significant ($p < 0.006$). Total variation fraction was higher for the phenology (49.9%) compared with that of taxonomic section (28.1%). The fraction resulting from the joint effect, produced by the overlap of two simple effects, represented about one fifth of the total explained variation (22%).

Multivariate regression tree (MRT) analysis was used to predict the relationships between oil constituents and their classes. This method was chosen because nonlinear variables (DE'ATH, 2002) and was combined with IndVal indices to identify oil constituents with significant differences among classes (CÁCERES & LEGENDRE, 2009). This allows to assess the degree of specificity of a particular variable for a cluster and its fidelity within the cluster, measured through its percentage of occurrence. MRT explained 18.3% of total variance in the response matrix, yielding a relative error of 4.7% via cross-validation (SI, Figure S3). Samples were initially split according to phenological stages into class C4/C1 ($R^2 = 9.8\%$ of contribution), with posterior split into class C1 ($R^2 = 4.9\%$), followed by the separation between classes C3 and C2 ($R^2 = 3.6\%$) based in the infrageneric sections. Significant chemical constituents according to MRT analysis are listed in Table 1.

Constituent	Section <i>Densiflora</i>		Section <i>Hypernia</i>		<i>p</i> -Values
	Veg. ^a	Rep. ^b	Rep.	Veg.	
	Class C4	Class C1	Class C2	Class C3	
α-Copaene				0.4586	0.004
(<i>E</i>)-Caryophyllene				0.2919	0.017
α-Humulene				0.4317	0.017
δ -Cadinene				0.3315	0.050
Germacrene B				0.3590	0.035
Germacrene D			0.5628		0.007
1-Octen-3-ol		0.4798			0.011
<i>o</i> -Cymene		0.3525			0.028
(<i>E</i>)- β -Damascenone		0.3069			0.031
α -Selinene		0.4000			0.034
<i>n</i> -Nonanal		0.4000			0.032
Muurolo-4,10(14)-dien-1β-ol		0.5802			0.001
Selina-1,3,7(11)-trien-8-one		0.4000			0.036
Caryophylla-4(12),8(13)-dien-5 β -ol		0.3069			0.031
α -Muurolol		0.3850			0.041
ρ -Cymene	0.3917				0.037
Geranyl acetone	0.3877				0.040
<i>trans</i>-Cadina-1(6),4-diene	0.6667				0.002
<i>trans</i> -Sesquisabinene hydrate	0.3070				0.048
1-<i>epi</i>-Cubenol	0.6878				0.002

Table 1. Indicator value indices (IndVal) of discriminant oil constituents predicted by MRT.

^aVegetative stage. ^bReproductive stage.

Table 1 shows a separation between species in sect. *Densiflorae*, mainly due to the presence of eudesmanes such as α -selinene and selina-1,3,7(11)-trien-8-one (reproductive stage) and cadinanes (vegetative stage), while species in sect. *Hypernia* were mainly characterized by copaene and humulane (vegetative phase) and germacrane, regardless of phenophase. These results were similar to those when the constituents were analysed as quantitative variables through redundancy analysis (JESUS et al., 2021). EO variations are associated with ontogeny and morphological changes, although plants' stages are also directly influenced by environmental conditions, above all temperature and luminous intensity (REHMAN et al., 2016). Spatial influence on the composition and distribution of EO constituents cannot be ruled out. In fact, samples' direct projection on UTM coordinates resulted in a significant difference ($p \leq 0.006$) between class centroids by analysis of variance (Figure 3).

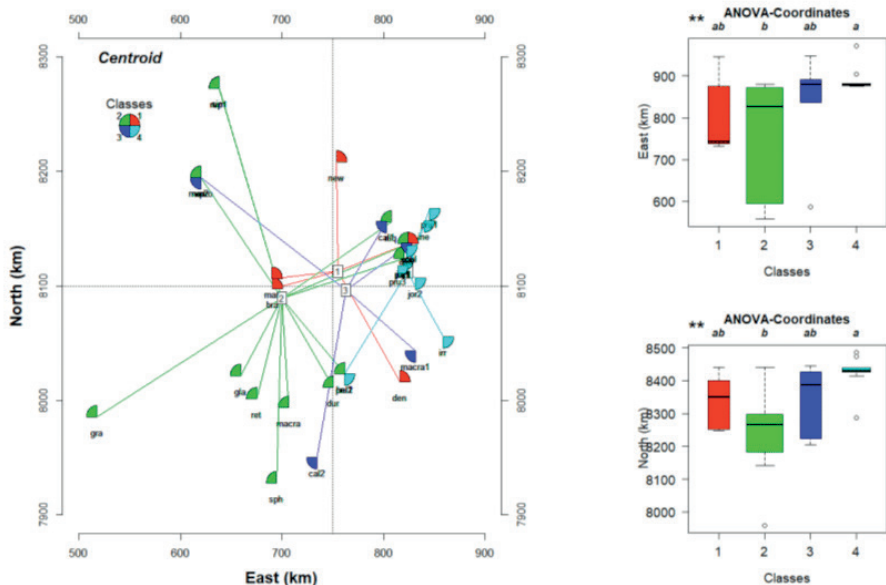


Figure 3. Projection of clustered *Hypenia* spp. according to EO variations on UTM coordinates of the sample collection. *Hypenia* codes can be found in the SI section (Table S1).

ANOVA showed that class C2 occurred significantly more in the southwest portion of the surveyed area, whereas class C4 were mainly distributed in the northeast. The results suggested that *Hypenia* species in reproductive stage from sect. *Hypenia* from sampling sites located in higher latitudes (mean value, 8253.3 ± 126.4 km; class C2) were able to accumulate hydrocarbon sesquiterpene (germacrene D; $p < 0.007$), which can be considered as good reservoirs of chemical potential energy (KOTZ & TREICHEL, 1999). On the other hand, oxygenated sesquiterpenes (geranyl acetone, *trans*-cadin-1(6),4-diene, *trans*-sesquisabinene hydrate, and 1-*epi*-cubanol; $0.002 < p < 0.048$) were mainly produced in vegetative plants (sect. *Densiflorae*) growing at lower latitudes (mean values, 8423.4 ± 56.4 km; class C4). Similar oxidative gradient has been described for the EOs of allied genus, *Hyptis* Jacq. (OLIVEIRA et al., 2005) and Icacenaceae emmotin sesquiterpenoids, but with increase of oxidised from lowest latitudes (KAPLAN et al., 1991).

Hypenia was originally described as a section of *Hyptis* Jacq. (BENTHAM, 1933) and later (BENTHAM, 1848) divided into two subsections according to open paniculate inflorescence (subsect. *Laxiflorae*) compared to crowded inflorescence (subsect. *Densiflorae*). Briquet (1896) also revised *Hyptis* sect. *Hypenia* to include seven subsections, but did not assign species types to any of them. Epling (1949), in reviewing *Hyptis*, endorsed Bentham's classification and stated that each *Hyptis* section could be elevated to genus status, especially if vegetative form and habit were known in more detail. In fact, Harley (1988) elevated *Hypenia* to generic rank without divisions, based on leaf and pollen

morphology and chromosome number, while Atkinson (1999) suggested placing all *Hypenia* spp. within *Eriope*, with six sections and two subsections based on morphological characters and the ITS region of the nuclear genome. More recently, Faria (2014) added ten new species and distributed the 28 currently recognized *Hypenia* spp. into sect. *Hypenia* and sect. *Densiflorae*, based mainly on floral traits and leaf anatomical characters which were potentially promising for the group's taxonomy when used alone or in combination, such as tector trichomes, capitate glandular trichomes and hydathodes.

4 | CONCLUSION

Hypenia spp. have remained taxonomically undivided or have been distributed into two, six or even seven taxonomic sections, with two subsections based mainly on morphological traits. The distribution pattern of *Hypenia* EOs coded as independent dichotomous characters is in accordance with the genus' infrasectional division into two sections proposed by Faria (2014). A trend to more highly oxidised sesquiterpenes seems to accompany the transition of sampling sites along latitudinal influence, although with differences concerning the growth phases and sectional classification. Six main constituents were identified as potential markers for botanical sections and enabled the distinction between vegetative and reproductive phenophases based to IndVal and MRT analysis. Results showed that sect. *Densiflorae* was mainly characterized due to the presence of eudesmanes (reproductive stage) and cadinanes (vegetative stage), whereas sect. *Hypenia* showed copaane and humulane (vegetative phase), and germacranes, regardless of phenophase.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to thank the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) for its financial support (# 401188/2016-7).

SUPPORTING INFORMATION

Additional supporting information (Tables S1-S3, Figures S1-S3, and dataset) may be found at <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.16613.12006>.

REFERENCES

AGRA, M. F. et al. Medicinal and poisonous diversity of the flora of "Cariri Paraibano", Brazil. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 111, p. 383-395, 2007.

ATKINSON, R. A. **Taxonomic revision of *Hypenia* (Mart. ex Benth.) Harley (Labiatae)**. Doctoral thesis, St Andrew's University, St. Andrews, Scotland, 1999.

AZEVEDO, L. G.; CASER, R. L. Regionalização do Cerrado. *In: Simpósio sobre o Cerrado*, 5. Editerra/EMBRAPA/CPAC: Brasília, p. 211-229, 1980.

BENTHAM, G. **Labiatarum genera et species**. Ridgeway & Sons: London, p. 62-145, 1833.

BENTHAM, G. Labiatae. *In: Candolle, A.L.P.P. de (ed.) Prodromus systematis naturalis regni vegetabilis*, 12. V. Masson: Paris, p. 27-603, 1848.

BRIQUET, J. Labiatae. *In: Engler, A. & K. Prantl, K. (eds.) Die natürlichen pflanzenfamilien*, IV, part 3a. Wilhelm Engelmann, Leipzig, p. 183-375, 1896.

CÁCERES, M.; LEGENDRE, P. Associations between species and groups of sites: indices and statistical inference. **Ecology**, v. 90, n. 12, p. 3566-3574, 2009.

DE'ATH, G. Multivariate regression trees: a new technique for modelling species-environment relationships. **Ecology**, v. 83, n. 4, p. 1105-1117, 2002.

EPLING, C. Revisión del género *Hyptis* (Labiatae). **Revista del Museo de La Plata, Sección Botánica**, v. VII, p. 153-497, 1949.

FARIA, M. T. ***Hypenia* (Mart. ex Benth.) Harley** **ocorrente em Goiás e Distrito Federal: taxonomia, anatomia e fitoquímica**. Doctoral thesis, Universidade de Brasília, Distrito Federal, Brasil, 2014.

FARIA, M. T. et al. Chemotaxonomic markers in essential oils of *Hypenia* (Mart. ex Benth.) R. Harley. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 23, n. 10, p. 1844-1852, 2012.

HARLEY, R. M. Revision of generic limits in *Hyptis* Jacq. (*Labiatae*) and its allies. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 98, p. 87-95, 1988.

HARLEY, R. M. et al. Labiatae. *In: Kadereit, J. W. (ed.) The families and genera of vascular plants*, 7. Springer: Berlin & Heidelberg, p. 167-275, 2004.

JESUS, C. F. et al. Chemovariations in *Hypenia* essential oils under infrageneric and phenological influences. **Natural Product Research**, DOI: 10.1080/14786419.2021.1895150.

KAPLAN, M. A. C.; RIBEIRO, J.; GOTTLIEB, O. R. Chemogeographical evolution of terpenoids in Icacinaceae. **Phytochemistry**, v. 30, n. 8, p. 2671-2676, 1991.

KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. **Chemistry and chemical reactivity**, 4th ed. Brooks Cole: London, p. 268-270, 1999.

OLIVEIRA et al., Influence of growth phase on the essential oil composition of *Hyptis suaveolens*. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 33, n. 3, p. 275-285, 2005.

REHMAN, R. et al. Biosynthetic factories of essential oils: the aromatic plants. **Natural Products Chemistry & Research**, v. 4, n. 4, 277, 2016.

SILVA, J. G. et al. Chemotaxonomic significance of volatile constituents in *Hypenia* (Mart. ex Benth.) R. Harley (Lamiaceae). **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 22, n. 5, p. 955-960, 2011.

SNEATH, P. H.; SOKAL, R. R. **Principles of numerical taxonomy**. W. H. Freeman: San Francisco, 1963.

SOUZA, L. I. O. et al. The chemical composition and trypanocidal activity of volatile oils from Brazilian Caatinga plants. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 96, p. 1055-1064, 2017.

QUAIS PERCEPÇÕES O DNA AMBIENTAL PODE FONERGER PARA AVALIAÇÃO ECOLÓGICA DE RESERVATÓRIOS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO?

Data de aceite: 01/07/2021

Betsy Dantas de Medeiros

Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais e Biotecnologia, Universidade Federal de Campina Grande
Cuité - Paraíba
<https://orcid.org/0000-0002-3747-9962>

Magnólia de Araújo Campos Pfenning

Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais e Biotecnologia, Universidade Federal de Campina Grande
Cuité - Paraíba
<https://orcid.org/0000-0001-9987-3116>

Maria João Feio

University of Coimbra, MARE - Marine and Environmental Sciences Centre, Department of Life Sciences, Coimbra, Portugal
<http://orcid.org/0000-0003-0362-6802>

Daniele Jovem-Azevêdo

Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais e Biotecnologia, Universidade Federal de Campina Grande
Cuité - Paraíba.
<https://orcid.org/0000-0002-7925-5887>

RESUMO: O DNA ambiental (eDNA) compreende o DNA total extraído de amostras ambientais como solo, água ou ar, e representa uma ferramenta de alto potencial na avaliação da biodiversidade presente em diferentes ecossistemas. Os reservatórios são ecossistemas artificiais de água doce que fornecem diversos

serviços: piscicultura, irrigação, abastecimento humano, controle microclimático e conservação da biodiversidade. Entretanto, fatores naturais e/ou antrópicos resultam em degradação desses ecossistemas aquáticos, caracterizada por eutrofização. Portanto, torna-se imprescindível acompanhar o estado de saúde desses ambientes. O monitoramento permanente desses ecossistemas é realizado através da análise da dinâmica de fatores abióticos ou bióticos, baseado na diferenciação morfológica ou funcional dos grupos. No entanto, esse é um método demorado e dispendioso, além de ser limitado pelo conhecimento do operador. Abordagens alternativas baseadas em eDNA vêm sendo utilizadas, por serem mais rápidas e econômicas, além de auxiliarem na resolução de conflitos taxonômicos, em grupos que nos estágios de desenvolvimento apresentam estruturas diferenciais de difícil visualização. O objetivo deste trabalho foi analisar o estado atual de conhecimento sobre a utilização do eDNA em estudos de monitoramento e determinação do estado ecológico de ecossistemas aquáticos, visando aplicação no Semiárido. Esta revisão discute eDNA *barcoding* e *metabarcoding* como métodos para biomonitoramento de espécies específicas ou de toda a composição taxonômica, respectivamente, presente em amostras de água. Pelo método de *barcoding*, trechos curtos de locus genéticos padrões para identificação de espécies são amplificados usando uma amostra de eDNA como molde, cujos amplicons são sequenciados. Já para a identificação de organismos conhecidos e desconhecidos dentro de espécies ou das diferentes espécies presentes

na amostra se realiza o sequenciamento global do eDNA. Devido a possibilidade de revelar toda a composição taxonômica de uma amostra ambiental, esses estudos de metagenômica trazem informações relevantes sobre a abundância relativa da microbiota, fauna e flora em uma única amostra.

PALAVRAS - CHAVE: Marcadores ecológicos; avaliação ambiental; *barcoding* de eDNA; metagenômica de eDNA; identificação de espécies.

WHAT INSIGHTS CAN ENVIRONMENTAL DNA PROVIDE FOR ECOLOGICAL EVALUATION OF RESERVOIRS IN THE BRAZILIAN SEMIARID?

ABSTRACT: The environmental DNA (eDNA) comprises the total DNA extracted from environmental samples such as soil, water or air, and represents a high potential tool for assessing the biodiversity present in different ecosystems. Reservoirs are artificial freshwater ecosystems that provide multiple services, especially during long periods of drought, such as fish farming, irrigation, human supply, microclimate control and conservation of biodiversity. However, natural and/or anthropic factors result in the degradation of these aquatic ecosystems, often due to eutrophication. Hence, it is essential to monitor the health status of these environments. The permanent monitoring of these ecosystems is performed by analyzing the dynamics of abiotic or biotic factors, based on the morphological or functional differentiation of the groups. However, this is a time-consuming expensive method and limited by the operator's knowledge. Alternative approaches based on eDNA have been used, since they are faster and more economical, in addition to assisting in the resolution of taxonomic conflicts, in groups, in which in the stages of development they present differential structures that are difficult to visualize. The objective of this study was to survey the use of eDNA as a tool for environmental assessment, for application in the semiarid region. This review discusses eDNA barcoding and metabarcoding as methods for biomonitoring of specific species or the entire taxonomic composition, respectively, present in water samples. By the barcoding method, short stretches of standard genetic *locus* for species identification are amplified using an eDNA sample as a template, whose amplicons are sequenced. For the identification of known and unknown organisms within species or the different species present in the sample, the global sequencing of the eDNA is performed. Due to the possibility of revealing the entire taxonomic composition of an environmental sample, these metagenomics studies provide relevant information on the relative abundance of microbiota, flora and fauna in a single sample.

KEYWORDS: Ecological markers; environmental assessment; eDNA barcoding; eDNA metagenomic; species identification.

1 | INTRODUÇÃO

A região semiárida do Brasil possui um clima tipicamente seco, com precipitações anuais abaixo de 800 mm. Os longos períodos de estiagem são caracterizados pela diminuição acentuada na quantidade de água, o que gera um déficit hídrico na região, impactando atividades econômicas (p.ex., agricultura, pecuária, pesca, lazer) e, conseqüentemente, o desenvolvimento social na região (MARENGO; TORRES; ALVES,

2017; TINÓCO et al., 2018).

A construção de reservatórios na região surgiu como alternativa para mitigar os problemas gerados pela irregularidade de chuvas. Esses reservatórios, apesar de artificiais, representam importantes ecossistemas na paisagem, cumprindo diversas funções econômicas e sociais na manutenção da vida na região (GUTIÉRREZ et al., 2014). No entanto, os usos múltiplos dos reservatórios, muitas vezes desenvolvidos de forma não planejada ao entorno desses ecossistemas, submete-os frequentemente a um quadro de degradação (MARENGO; TORRES; ALVES, 2017).

Diante dessa problemática torna-se imprescindível a existência de sistemas de monitoramento desses ambientes. O monitoramento ambiental visa obter informações permanentes de parâmetros ambientais, como fatores abióticos (p. ex., pH, temperatura, nitrogênio, oxigênio e fósforo) e bióticos (como pelas comunidades fitoplanctônicas, zooplanctônicas, de macrófitas aquáticas, macroinvertebrados e peixes) (AZEVEDO et al., 2015; FERNANDES et al., 2019). Quando o monitoramento consiste no uso sistemático de respostas biológicas para avaliar as mudanças ocorridas no ambiente, objetivando o controle da qualidade ambiental, passa a ser denominado de biomonitoramento (QUEIROZ; SILVA; STRIXINO, 2008).

Os métodos convencionais de biomonitoramento de ecossistemas baseiam-se na diferenciação morfológica de espécies indicadoras de condições ambientais. No entanto, esse método possui diversas limitações: longo período de processamento das amostras, baixa resolução taxonômica em muitos grupos, tendo em vista que o nível taxonômico atingido dependerá da expertise do identificador (HAJIBABAEI et al., 2012; 2016). Assim, o processo torna-se demorado e dispendioso, o que resulta na necessidade do desenvolvimento de técnicas mais eficientes e menos custosas. Métodos atuais usam o DNA ambiental (eDNA) como base, o que tem demonstrado ser uma ferramenta promissora para o biomonitoramento (DEINER et al., 2017).

Com base no exposto, o presente trabalho tem como objetivo analisar o estado atual de conhecimento sobre a utilização do eDNA em estudos de monitoramento e determinação do estado do estado ecológico de ecossistemas aquáticos, visando sua aplicação na região Semiárida.

2 | RESERVATÓRIOS: IMPORTANTES ECOSISTEMAS DO SEMIÁRIDO

Os reservatórios são ecossistemas de água doce artificiais fortemente modificados, resultantes do represamento de um rio em uma bacia hidrográfica (BARBOSA et al., 2012). São sistemas que agregam vários usos pela população, sendo fundamentais para o desenvolvimento social e econômico em regiões secas (como áridas e semiárida) (LIMA et al., 2012; MUSTAPHA, 2008).

Particularmente no Brasil, a construção de reservatórios iniciou por volta de 1890,

com o açude do Cedro, no estado do Ceará e, a partir desse, outros reservatórios foram continuamente construídos, especialmente a partir da criação da Inspetoria de Obras Contra as Secas - IOCS, instituição responsável por essa política, em 1909. Mais tarde, em 1945, a IOCS passou a ser denominada de Departamento Nacional de Obras contra as Secas (DNOCS) (DNOCS, 2020). Atualmente, o DNOCS é uma autarquia federal, vinculada ao Ministério do Desenvolvimento Regional, tendo sede em Fortaleza - CE (DNOCS, 2020).

A construção de reservatórios no Brasil é especialmente importante na região semiárida, tendo em vista que essa região apresenta baixos índices pluviométricos (média anual igual ou inferior a 800 mm) e percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano, características que aumentam o risco de insegurança hídrica na região (BRASIL, 2017; MARENGO; TORRES; ALVES, 2017). Dessa maneira, os reservatórios estão sujeitos a sofrerem amplas flutuações na quantidade de água, devido à escassez e irregularidade de chuvas, o que parece também contribuir para uma diminuição da qualidade desses recursos hídricos, devido a alterações de características químicas, físicas e biológicas (BRAGA et al., 2015; FIGUEIREDO; BECKER, 2018). Apesar dos períodos de estiagem serem frequentes na região semiárida e a seca ser um fenômeno recorrente e natural dos ciclos interanuais, as projeções de mudanças do clima indicam que os eventos de secas serão ainda mais frequentes e intensos nos próximos anos (MARENGO; TORRES; ALVES, 2017), o que aumenta o risco de perda dos recursos hídricos na região.

Além disso, muitos impactos ambientais decorrentes das atividades antrópicas estão diretamente ligados ao processo de desequilíbrio desses sistemas, tais como: resíduos industriais, descargas de esgotamento doméstico e lixiviação de nutrientes (EKELUND; HÄDER, 2018; SINDERN et al., 2007). Frequentemente, esses resíduos estão associados a compostos tóxicos (p. ex. metais pesados, compostos orgânicos e inorgânicos), o que gera redução da qualidade da água e impactos sobre as comunidades e o funcionamento desses ecossistemas (EKELUND; HÄDER, 2018). Na região semiárida, em muitos casos, a degradação dos reservatórios é caracterizada pelo processo de eutrofização (FIGUEIREDO; BECKER, 2018), fenômeno natural ou artificial que ocorre por consequência do aumento de nutrientes nos corpos aquáticos, especialmente fósforo e nitrogênio, provocando um aumento na produtividade primária (DODDS et al., 2009; ROCHA JUNIOR et al., 2018).

Em um ambiente eutrofizado, a quantidade de oxigênio dissolvido diminui, ocasionando um desequilíbrio ecológico e degradação progressiva da qualidade da água. Em maior nível de degradação, comumente é observada alteração do pH, diminuição da zona eufótica, aumento da turbidez, mudanças de cor e odor da água e aumento da biomassa algal (BRAGA et al., 2015; DODDS et al., 2009). Dessa forma, a presença desses fenômenos torna imprescindível o desenvolvimento de estudos que envolvam o monitoramento constante do estado de saúde desses ambientes aquáticos, para que seja possível a elaboração de estratégias que auxiliem na mitigação dos impactos negativos

sobre esses ecossistemas.

3 I MONITORAMENTO DO ESTADO ECOLÓGICO

O estado de saúde ou estado ecológico compreende a expressão da qualidade da estrutura e funcionamento dos ecossistemas aquáticos e é avaliado com base em uma série de indicadores biológicos, físico e químicos e hidromorfológicos das massas de água, sendo sua classificação feita em relação às condições naturais ou de referência (KRISTENSEN, 2018; MARTINS; ANTUNES, 2019).

A realização do monitoramento de ecossistemas aquáticos auxilia na detecção inicial do processo de eutrofização local, o que permite um melhor manejo desses ambientes. O monitoramento ambiental consiste na realização de medições de parâmetros ambientais, de modo frequente ou contínuo, com o intuito de obter informações sobre fatores que influenciam o estado de conservação, preservação, e recuperação ambiental da região estudada (RAMOS, 2017). O monitoramento pode ser realizado através da análise dos padrões de flutuação de espécies indicadoras. Entre os organismos comumente utilizados na avaliação de impactos ambientais em ecossistemas aquáticos estão: comunidades planctônicas, bentônicas e ícticas (KECK et al., 2017).

Os métodos convencionais de biomonitoramento de ecossistemas, que utilizam a caracterização morfológica de espécies indicadoras é também conhecido por biomonitoramento 1.0 (HAJIBABAEI et al., 2012; 2016). Esse método possui limitações, como a dificuldade de diferenciação de muitas espécies, por sua alta semelhança, principalmente em seus estágios larvais, o longo período de processamento das amostras, visto que é necessária a identificação individual de cada espécime, além de depender da experiência do pesquisador para realizar a identificação ao menor nível taxonômico. Entretanto, apesar das limitações, muitos dos planejamentos de gestão e manejo de ecossistemas ainda são baseados nos métodos do biomonitoramento 1.0, sendo esse, ainda, o método mais utilizado em estudos dessa natureza.

Contudo, os métodos atuais de biomonitoramento vêm utilizando o eDNA para avaliação de ecossistemas e podem ser uma alternativa para as limitações dos métodos convencionais. O eDNA é o conjunto do material genético obtido a partir de amostras ambientais, incluindo sedimento, excretas e água, e que possui DNA intra ou extracelular de organismos, constituindo uma ferramenta fácil de padronizar e não invasiva (TABERLET et al., 2018; THOMSEN; WILLERSLEV, 2015). Seu uso envolve técnicas classificadas dentro do biomonitoramento 2.0, o qual descreve métodos mais atuais, baseados em aspectos moleculares para realizar essa avaliação (HAJIBABAEI et al., 2012).

A história do eDNA começou em 1987, com o primeiro protocolo de extração do eDNA encontrado em sedimentos (OGRAM et al., 1987). A partir de então, inúmeros estudos vêm sendo realizados e várias aplicações vêm sendo descritas, por exemplo, por

Bagley e colaboradores (2019), Elbrecht & Leese (2015), Evans e colaboradores (2016), Kim e colaboradores (2018), Koperski (2019), e Weltz e colaboradores (2017). Ruppert e colaboradores (2019) elencaram diferentes aplicações da análise do eDNA, como: monitoramento da biodiversidade de habitats e grupos taxonômicos, reconstrução de ecossistemas antigos, interações planta-polinizador, análise de dieta, detecção de espécies invasoras, respostas à poluição e monitoramento da qualidade do ar.

Dessa forma, estudos baseados no uso do eDNA vêm buscando desenvolver e aplicar técnicas moleculares que aumentem a eficiência da avaliação ecológica, e diversos trabalhos têm utilizado sua análise para avaliar inclusive a diversidade de espécies e monitorar diferentes ecossistemas aquáticos (CLARK et al., 2020; EVANS et al., 2016; FAN et al., 2020; FRANKLIN et al., 2019; HARPER et al., 2019; SNYDER et al., 2020; YANG; ZHANG, 2020), o que vem demonstrando a eficácia dessa análise, superando limitações observadas a partir do biomonitoramento 1.0, principalmente no que diz respeito à rapidez nos resultados da avaliação.

4 I EDNA: UM AVANÇO NA PERPECTIVA DO MONITORAMENTO DE ECOSSISTEMAS

Os avanços tecnológicos vêm, de maneira crescente, gerando novas possibilidades para estudos de biodiversidade. Por exemplo, a tecnologia do sequenciamento genético fornece uma nova ferramenta para detecção de espécies a partir do eDNA (BUSH et al., 2019; VALENTINI et al., 2016).

A tecnologia eDNA desenvolvida recentemente tem sido amplamente utilizada no monitoramento de espécies, avaliações de biodiversidade e avaliação de biomassa (LI et al., 2020). O monitoramento da diversidade genética de diferentes espécies possui uma alta importância econômica e ecológica em diferentes atividades, como: de agricultura, piscicultura, na avaliação da saúde do ecossistema, além do desenvolvimento de marcadores que auxiliam no rastreamento e determinação da abundância das espécies (ELBERRI et al., 2020).

O emprego do eDNA no biomonitoramento tem auxiliado na resolução de conflitos taxonômicos, especialmente com grupos em que nos estágios de desenvolvimento apresentam estruturas diferenciais de difícil visualização (BEERMANN et al., 2018; KOPERSKI, 2019), como espécies avaliadas a partir do estágio larval. As abordagens atuais de eDNA usam métodos baseados em PCR (*Polymerase Chain Reaction*) para amplificação desse DNA e detecção de uma única espécie (eDNA *barcoding*), ou para identificar a diversidade de espécies de uma amostra ambiental (eDNA *metabarcoding*) (TABERLET et al., 2012). A aplicação do *metabarcoding* para monitoramento de ecossistemas foi denominado por Baird e Hajibabei (2012) de biomonitoramento 2.0. Os estudos baseados no biomonitoramento 2.0 trazem um amplo espectro de aplicações como

estudos de recuperação de ecossistemas e monitoramento de espécies ou comunidades com diversas finalidades, inclusive daquelas ameaçadas de extinção, visto que é uma técnica não invasiva, detectando o material genético a partir de uma amostra ambiental (RUPPERT; KLINE; RAHMAN, 2019).

4.1 eDNA barcoding

As abordagens baseadas em genética compreendem uma alternativa promissora, principalmente para uso em grupos com potencial indicador e que possuam níveis de resolução taxonômica mais elevados e difíceis de identificar de outra forma (KOPERSKI, 2019). As ferramentas baseadas em DNA, para identificação de biodiversidade, como o eDNA *barcoding*, estão mudando cada vez mais o panorama da análise atual da biodiversidade presente em vários habitats e já contempla um amplo espectro de organismos (HAJIBABAEI et al., 2012).

O eDNA *barcoding* é uma técnica que identifica uma única espécie a partir de uma determinada amostra ambiental (Figura 1), podendo ser aplicado em estudos para avaliação de ecossistemas aquáticos (TABERLET et al., 2018). Ao focar as investigações em uma ou algumas regiões de genes específicos, o DNA *barcoding* permite a identificação automática de espécimes conhecidas, além de facilitar o reconhecimento de novas espécies (HEBERT; HOLLINGSWORTH; HAJIBABAEI, 2016).

Um dos trabalhos pioneiros nesse tema foi realizado por Ficetola e colaboradores (2008), os quais utilizaram *primers* específicos para amplificar sequências curtas de DNA mitocondrial com o objetivo de rastrear a presença da espécie de uma rã, *Rana catesbeiana*, em ambientes controlados e pântanos naturais. Essa tecnologia tem sido aplicada com sucesso em estudos com peixes (ELBERRI et al., 2020), invertebrados (LARSON et al., 2017), mamíferos (WILLIAMS et al., 2018), anfíbios (HALL et al., 2018). Além disso, aplicações do eDNA *barcoding* têm sido realizadas para detecção de espécies invasoras (KIM et al., 2018; MUÑOZ-COLMENERO et al., 2018), espécies ameaçadas de extinção (WELTZ et al., 2017), ou visando à elaboração de estratégias de conservação (EVANS; LAMBERTI, 2018).

Feio e colaboradores (2020) destacaram que a conservação e o manejo sustentável dos ecossistemas aquáticos são altamente dependentes da eficiência, precisão e custo dos métodos existentes para a detecção de espécies-chave e monitoramento de comunidades biológicas. Dessa forma, os avanços nas ferramentas de eDNA, promovidos por tecnologias de sequenciamento gênico estão gerando milhões de sequências de forma rápida, com a redução de custos, e superando as dificuldades advindas das abordagens taxonômicas tradicionais.

4.2 eDNA metabarcoding

Embora o eDNA *barcoding* possa ser uma técnica com grande potencial de aplicação, o método processa cada espécime individualmente, tornando-se mais caro e demorado, principalmente se o intuito do estudo for a detecção de comunidades de organismos (KECK et al., 2017). Mais recentemente, o eDNA *metabarcoding* surgiu como uma ferramenta alternativa, visto que sua metodologia emprega *primers* específicos para os grupos taxonômicos de interesse, associado ao sequenciamento de alto rendimento (HTS, do inglês *High Throughput Sequencing*), sendo capaz de identificar simultaneamente milhões de sequências dentro de uma amostra, o que diminui o custo e aumenta a velocidade de processamento das amostras (ELBRECHT; LEESE, 2015; VALENTINI et al., 2016). O eDNA *metabarcoding* baseia-se no uso de amostras de eDNA, podendo ser água, solo, excretas, ar, para amplificar sequências gênicas através da PCR. Esses genes são então sequenciados por HTS (Figura 1), o que possibilita identificar a composição dos diferentes grupos taxonômicos de maneira mais sensível, que a identificação morfológica tradicional (TABERLET et al., 2018; VALENTINI et al., 2016).

Por ser uma técnica recente, apresenta ainda importantes limitações, como a detecção da biodiversidade em função dos dados disponíveis para a identificação das sequências e a escolha do *primer*, fator que pode gerar viés (DEINER et al., 2016; TABERLET et al., 2018). Entretanto, os erros associados aos estudos de *metabarcoding* de eDNA podem ser minimizados com o desenvolvimento de um estudo cuidadoso, com a escolha de um *primer* apropriado e amostragem e replicação robustas (DEINER et al., 2017). Apesar das limitações, o uso do *metabarcoding* para avaliação de comunidades inteiras mostrou resultados importantes, como, quando se compara abundância e biodiversidade identificada pela técnica do *metabarcoding versus* métodos convencionais, limitados pela identificação taxonômica (DEINER et al., 2016; SCHROEDER et al., 2020; SERRANA et al., 2019; FRANKLIN et al., 2019).

No Brasil, estudos baseados no biomonitoramento 1.0 são maioria, sendo utilizados para todos os ecossistemas aquáticos, inclusive em reservatórios do Semiárido, enquanto que aqueles baseados no biomonitoramento 2.0, a partir da análise do eDNA *metabarcoding* ainda são escassos (BERNARDINO et al., 2019; MACHADO et al., 2020; SALES et al., 2019, 2020, 2021; SASSO et al., 2017; SIMÃO et al., 2017), sendo mais raros ainda para o Semiárido brasileiro, (SALES et al., 2019; SALES et al., 2021). As comunidades mais utilizadas para essa avaliação são de macroinvertebrados bentônicos e peixes, por serem considerados indicadores de condições ambientais (KECK et al., 2017).

No contexto de que a identificação morfológica de espécies é um processo demorado e oneroso e em virtude do eDNA *metabarcoding* ser uma ferramenta que vem demonstrando resultados promissores na identificação de grupos taxonômicos para avaliação e determinação da qualidade ambiental. O estudo e aplicação dessa técnica para

avaliação e acompanhamento do estado de saúde em ecossistemas no Semiárido indica grande relevância, visto que a abordagem possibilita a obtenção de uma resposta mais rápida e robusta na avaliação do estado ecológico desses ecossistemas, o que permite um melhor manejo e gestão dos recursos hídricos, subsidiando inclusive informações que auxiliem na elaboração de estratégias para a conservação da biodiversidade e a aplicação de políticas que reduzam o risco potencial de perda dos recursos na região.

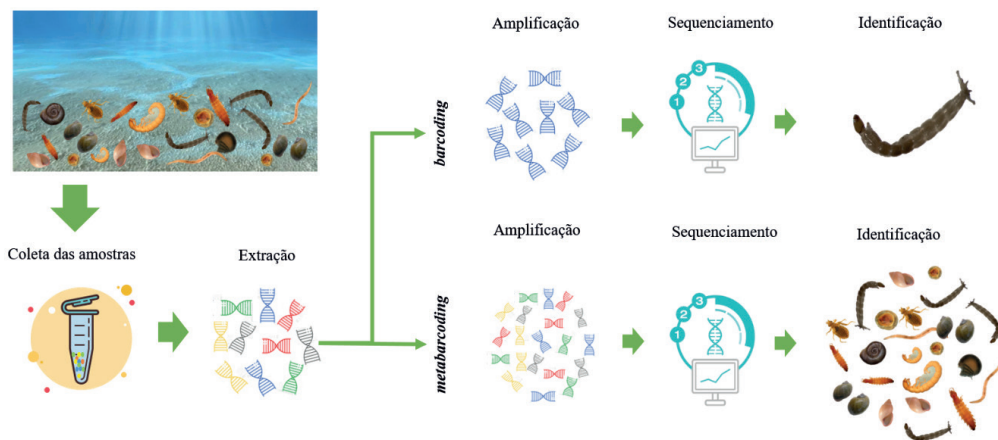


Figura 1. Visão geral básica das técnicas de barcoding e metabarcoding de DNA ambiental (eDNA).

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso do eDNA para avaliação ecológica vem mostrando ser uma ferramenta com grande potencial, possuindo diferentes aplicações em diversos ecossistemas. Seu uso, com base em técnicas moleculares, mostra resultados promissores e, por isso, outros estudos são necessários para que o estabelecimento de protocolos eficientes para os ambientes estudados.

Em adição, o uso do eDNA como base para estudos e avaliação de ecossistemas aquáticos diminui as limitações dos métodos convencionais, como: o longo período de processamento de amostras e a dificuldade de diferenciação de espécies muito semelhantes. A aplicação do eDNA *metabarcoding* pode representar uma alternativa mais rápida, robusta e eficiente em relação ao método de diferenciação taxonômica utilizado atualmente para determinação da saúde ecológica de ecossistemas.

Estudos utilizando essa técnica em reservatórios do Semiárido brasileiro compreendem uma boa estratégia para melhoria na avaliação ecológica, gerando respostas mais rápidas sobre o estado ecológico desses ambientes, o que possibilitará um melhor manejo dos recursos hídricos, permitindo melhorias na manutenção da qualidade da água ofertada para a população, o desenvolvimento de ações de mitigação dos impactos

antrópicos sobre esses ambientes e possibilitando a elaboração de estratégias políticas de gestão, para evitar perdas dos recursos hídricos da região.

Por fim, estudos de viabilização dessa técnica em ecossistemas aquáticos no Brasil são importantes, visto que, apesar do potencial dos métodos, ainda são poucos os trabalhos que trazem o uso e aplicação do eDNA como ferramenta para avaliação ecológica dos ambientes aquáticos brasileiros. Neste sentido, estudos para estabelecer e padronizar metodologias que possam ser empregadas na avaliação de ecossistemas são importantes, para que essas técnicas sejam aplicadas e superem as limitações advindas da técnica convencional de diferenciação morfológica.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, D. J. S. *et al.* Biotic or abiotic factors: which has greater influence in determining the structure of rotifers in semi-arid reservoirs? **Acta Limnologica Brasiliensia**, 2015. v. 27, n. 1, p. 60–77.

BAGLEY, M. *et al.* High-throughput environmental DNA analysis informs a biological assessment of an urban stream. **Ecological Indicators**, 2019. v. 104, n. April, p. 378–389.

BAIRD, D. J.; HAJIBABAEI, M. Biomonitoring 2.0: A new paradigm in ecosystem assessment made possible by next-generation DNA sequencing. **Molecular Ecology**, 2012. v. 21, n. 8, p. 2039–2044.

BARBOSA, J. E. De L. *et al.* Ecossistemas aquáticos do semi-árido brasileiro: Aspectos limnológicos e manejo. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 2012. v. 24, n. 1, p. 103–118.

BEERMANN, A. J. *et al.* DNA metabarcoding reveals the complex and hidden responses of chironomids to multiple stressors. **Environmental Sciences Europe**, 2018. v. 30, n. 1.

BERNARDINO, A. F. *et al.* Chronic trace metals effects of mine tailings on estuarine assemblages revealed by environmental DNA. **PeerJ**, 7 nov. 2019. v. 7, p. e8042.

BRAGA, G. G. *et al.* Influence of extended drought on water quality in tropical reservoirs in a semiarid region. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 2015. v. 27, n. 1, p. 15–23.

BRASIL. **Resolução 107, de 27 de março de 2017**. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE).

BUSH, A. *et al.* Studying Ecosystems With DNA Metabarcoding: Lessons From Biomonitoring of Aquatic Macroinvertebrates. **Frontiers in Ecology and Evolution**, 2019. v. 7, n. November, p. 1–12.

CLARK, D. E. *et al.* Environmental DNA metabarcoding reveals estuarine benthic community response to nutrient enrichment – Evidence from an in-situ experiment. **Environmental Pollution**, 2020. v. 267, p. 115472.

DEINER, K. *et al.* Environmental DNA reveals that rivers are conveyor belts of biodiversity information. **Nature Communications**, 2016. v. 7.

_____. *et al.* Environmental DNA metabarcoding: Transforming how we survey animal and plant communities. **Molecular Ecology**, 2017. v. 26, n. 21, p. 5872–5895.

DODDS, W. K. *et al.* Eutrophication of U.S. Freshwaters: Analysis of Potential Economic Damages. **Environmental Science & Technology**, jan. 2009. v. 43, n. 1, p. 12–19.

EKELUND, N. G. A.; HÄDER, D. P. Environmental monitoring using bioassays. **Bioassays: Advanced Methods and Applications**, 2018. n. Ps II, p. 419–437.

ELBERRI, A. I. *et al.* DNA and eDNA-based tracking of the North African sharptooth catfish *Clarias gariepinus*. **Molecular and Cellular Probes**, 2020. v. 51, n. February, p. 101535.

ELBRECHT, V.; LEESE, F. Can DNA-based ecosystem assessments quantify species abundance? Testing primer bias and biomass-sequence relationships with an innovative metabarcoding protocol. **PLoS ONE**, 2015. v. 10, n. 7, p. 1–16.

EVANS, N. T. *et al.* Quantification of mesocosm fish and amphibian species diversity via environmental DNA metabarcoding. **Molecular Ecology Resources**, 2016. v. 16, n. 1, p. 29–41.

_____; LAMBERTI, G. A. Freshwater fisheries assessment using environmental DNA: A primer on the method, its potential, and shortcomings as a conservation tool. **Fisheries Research**, 2018. v. 197, n. September, p. 60–66.

FAN, J. *et al.* Modeling the ecological status response of rivers to multiple stressors using machine learning: A comparison of environmental DNA metabarcoding and morphological data. **Water Research**, 2020. v. 183, p. 116004.

FEIO, M. J. *et al.* A taxonomy-free approach based on machine learning to assess the quality of rivers with diatoms. **Science of the Total Environment**, 2020. v. 722, p. 137900.

FERNANDES, R. T. V. *et al.* Monitoramento ambiental das águas do estuário do Rio das Conchas (RN) próximo a uma unidade de extração de sal. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, 28 jun. 2019. v. 8, n. 2, p. 361.

FICETOLA, G. F. *et al.* Species detection using environmental DNA from water samples. **Biology Letters**, 2008. v. 4, n. 4, p. 423–425.

FIGUEIREDO, A. Do V.; BECKER, V. Influence of extreme hydrological events in the quality of water reservoirs in the semi-arid tropical region. **Rbrh**, 2018. v. 23, n. 0, p. 1–8.

FRANKLIN, T. W. *et al.* Using environmental DNA methods to improve winter surveys for rare carnivores: DNA from snow and improved noninvasive techniques. **Biological Conservation**, 2019. v. 229, n. October 2018, p. 50–58.

GUTIÉRREZ, A. P. A. *et al.* Drought preparedness in Brazil. **Weather and Climate Extremes**, 2014. v. 3, p. 95–106.

HAJIBABAEI, M. *et al.* Assessing biodiversity of a freshwater benthic macroinvertebrate community through non-destructive environmental barcoding of DNA from preservative ethanol. **BMC Ecology**, 2012. v. 12, p. 1–10.

_____ *et al.* A new way to contemplate darwin's tangled bank: How DNA barcodes are reconnecting biodiversity science and biomonitoring. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, 2016. v. 371, n. 1702.

HALL, E. M. *et al.* Seasonal dynamics and potential drivers of ranavirus epidemics in wood frog populations. **Oecologia**, 22 dez. 2018. v. 188, n. 4, p. 1253–1262.

HARPER, L. R. *et al.* Environmental DNA (eDNA) metabarcoding of pond water as a tool to survey conservation and management priority mammals. **Biological Conservation**, 2019. v. 238, n. May.

HEBERT, P. D. N.; HOLLINGSWORTH, P. M.; HAJIBABAEI, M. From writing to reading the encyclopedia of life. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, 2016. v. 371, n. 1702.

KECK, F. *et al.* Freshwater biomonitoring in the Information Age. **Frontiers in Ecology and the Environment**, 2017. v. 15, n. 5, p. 266–274.

KIM, P. *et al.* Early detection of marine invasive species, *Bugula neritina* (Bryozoa: Cheilostomatida), using species-specific primers and environmental DNA analysis in Korea. **Marine Environmental Research**, 2018. v. 139, p. 1–10.

KOPERSKI, P. Phylogenetic diversity of larval Chironomidae (Diptera) in lowland rivers as a potential tool in assessment of environmental quality. **Hydrobiologia**, 2019. v. 836, n. 1, p. 83–96.

KRISTENSEN, P. **European waters assesment of status and pressures 2018**. [S.I.]: EEA Report, 2018.

LARSON, E. R. *et al.* Environmental DNA (eDNA) detects the invasive crayfishes *Orconectes rusticus* and *Pacifastacus leniusculus* in large lakes of North America. **Hydrobiologia**, 11 out. 2017. v. 800, n. 1, p. 173–185.

LI, M. *et al.* Qualitative and quantitative detection using eDNA technology: A case study of *Fenneropenaeus chinensis* in the Bohai Sea. **Aquaculture and Fisheries**, maio. 2020. v. 5, n. 3, p. 148–155.

LIMA, S. M. S. *et al.* Dinâmica funcional de reservatórios de usos múltiplos da região semiárida/Paraíba-Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 2012. v. 7, n. 4, p. 18–25.

MACHADO, K. B. *et al.* DNA metabarcoding reveals the responses of prokaryotes and eukaryotes microbiota to warming: Are the patterns similar between taxonomic and trophic groups? **Ecological Indicators**, 2020. v. 115, n. September 2019, p. 106452.

MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil—past, present, and future. **Theoretical and Applied Climatology**, 2017. v. 129, n. 3–4, p. 1189–1200.

MARTINS, F. S.; ANTUNES, S. C. Qualidade ecológica de ecossistemas aquáticos. **Revista de Ciência Elementar**, 30 jun. 2019. v. 7, n. 2.

MUÑOZ-COLMENERO, M. *et al.* New specific molecular marker detects *Ficopomatus enigmaticus* from water eDNA before positive results of conventional sampling. **Journal for Nature Conservation**, jun. 2018. v. 43, p. 173–178.

MUSTAPHA, M. K. Assessment of the water quality of oyun reservoir, Offa, Nigeria, using selected physico-chemical parameters. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 2008. v. 8, n. 2, p. 309–319.

OGRAM, A.; SAYLER, G. S.; BARKAY, T. The extraction and purification of microbial DNA from sediments. **Journal of Microbiological Methods**, 1987. v. 7, n. 2–3, p. 57–66.

QUEIROZ, J. .; SILVA, M. S. G. M.; STRIXINO, S. T. **Organismos Bentônicos biomonitoramento de qualidade de água Organismos Bentônicos : Biomonitoramento de Qualidade de Águas.** [S.l.]: [s.n.], 2008.

ROCHA JUNIOR, C. A. N. Da *et al.* Water volume reduction increases eutrophication risk in tropical semi-arid reservoirs. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 2018. v. 30, n. 0.

RUPPERT, K. M.; KLINE, R. J.; RAHMAN, M. S. Past, present, and future perspectives of environmental DNA (eDNA) metabarcoding: A systematic review in methods, monitoring, and applications of global eDNA. **Global Ecology and Conservation**, 2019. v. 17, p. e00547.

SALES, N. G. *et al.* Influence of preservation methods, sample medium and sampling time on eDNA recovery in a neotropical river. **Environmental DNA**, 2019. v. 1, n. 2, p. 119–130.

_____ *et al.* Assessing the potential of environmental DNA metabarcoding for monitoring Neotropical mammals: a case study in the Amazon and Atlantic Forest, Brazil. **Mammal Review**, 2020. v. 50, n. 3, p. 221–225.

_____ *et al.* Space-time dynamics in monitoring neotropical fish communities using eDNA metabarcoding. **Science of the Total Environment**, 2021. v. 754, p. 142096.

SASSO, T. *et al.* Environmental DNA characterization of amphibian communities in the Brazilian Atlantic forest: Potential application for conservation of a rich and threatened fauna. **Biological Conservation**, 2017. v. 215, n. 321, p. 225–232.

SCHROEDER, A. *et al.* DNA metabarcoding and morphological analysis - Assessment of zooplankton biodiversity in transitional waters. **Marine Environmental Research**, 2020. v. 160, n. February.

SERRANA, J. M. *et al.* Comparison of DNA metabarcoding and morphological identification for stream macroinvertebrate biodiversity assessment and monitoring. **Ecological Indicators**, 2019. v. 101, n. October 2018, p. 963–972.

SIMÃO, T. L. L. *et al.* Characterization of ciliate diversity in bromeliad tank waters from the Brazilian Atlantic Forest. **European Journal of Protistology**, 2017. v. 61, p. 359–365.

SINDERN, S. *et al.* Anthropogenic heavy metal signatures for the fast growing urban area of Natal (NE-Brazil). **Environmental Geology**, 10 abr. 2007. v. 52, n. 4, p. 731–737.

SNYDER, M. R. *et al.* Detecting aquatic invasive species in bait and pond stores with targeted environmental (e)DNA high-throughput sequencing metabarcode assays: Angler, retailer, and manager implications. **Biological Conservation**, 2020. v. 245, n. January, p. 108430.

TABERLET, P. *et al.* Environmental DNA. **Molecular Ecology**, 2012. v. 21, n. 8, p. 1789–1793.

_____ *et al.* **Environmental DNA**. [S.l.]: Oxford University Press, 2018. V. 1.

THOMSEN, P. F.; WILLERSLEV, E. Environmental DNA - An emerging tool in conservation for monitoring past and present biodiversity. **Biological Conservation**, 2015. v. 183, p. 4–18.

TINÔCO, I. C. M. *et al.* Characterization of rainfall patterns in the semiarid Brazil. **Anuario do Instituto de Geociencias**, 2018. v. 41, n. 2, p. 397–409.

VALENTINI, A. *et al.* Next-generation monitoring of aquatic biodiversity using environmental DNA metabarcoding. **Molecular Ecology**, 2016. v. 25, n. 4, p. 929–942.

WELTZ, K. *et al.* Application of environmental DNA to detect an endangered marine skate species in the wild. **PLoS ONE**, 2017. v. 12, n. 6, p. 1–16.

WILLIAMS, K. E. *et al.* Detection and persistence of environmental DNA from an invasive, terrestrial mammal. **Ecology and Evolution**, 2018. v. 8, n. 1, p. 688–695.

YANG, J.; ZHANG, X. eDNA metabarcoding in zooplankton improves the ecological status assessment of aquatic ecosystems. **Environment International**, 2020. v. 134, n. September 2019, p. 105230.

REMANESCENTES DE MATA ATLÂNTICA DO AGRESTE PERNAMBUCANO: COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA, ENDEMISMO E ESPÉCIES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 06/04/2021

Eric Bem dos Santos

Universidade Federal de Pernambuco
Programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento e Meio Ambiente
(PRODEMA/UFPE)
Recife – Pernambuco
<http://lattes.cnpq.br/4573159345311841>

Rejane Magalhães de Mendonça Pimentel

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Laboratório de Fitomorfologia Funcional (LAFF/
UFRPE)
Recife – Pernambuco
<http://lattes.cnpq.br/6974715752532263>

Milena Dutra da Silva

Universidade Federal da Paraíba
Laboratório de Cartografia e
Geoprocessamento (LCG/UFPB) e Laboratório
de Análise Geoambiental (LAGEO/UFPB)
Rio Tinto – Paraíba
<http://lattes.cnpq.br/4025036360533510>

RESUMO: Os remanescentes de Mata Atlântica vêm passando por diversas fases de conversão da vegetação nativa para usos do solo de maior interesse econômico. Entretanto, persiste a grande diversidade biológica do bioma, estando a Mata Atlântica entre os maiores repositórios de biodiversidade do planeta e com os mais altos níveis de endemismo. Em São Vicente Férrer (Pernambuco - BR) os dados referentes à flora de

Mata Atlântica mostram que os remanescentes do município apresentam um conjunto florístico peculiar, diferenciado das demais florestas pernambucanas. O estudo objetivou realizar um levantamento de informações da Mata Atlântica pernambucana, em especial dos remanescentes do município de São Vicente Férrer. Realizou-se uma revisão da literatura com informações sobre a composição florística, o endemismo e as espécies ameaçadas de extinção no município. Os resultados apontaram a importância na conservação dos remanescentes de Mata Atlântica de São Vicente Férrer, não somente em nível local, mas considerando todo o agreste pernambucano e território brasileiro. Conclui-se que, apesar desses estudos, aparentemente, não existem publicações que abordem o ponto de vista territorial da conservação desses remanescentes, havendo a necessidade de novos estudos com essa abordagem.

PALAVRAS - CHAVE: biodiversidade; Floresta Atlântica; São Vicente Férrer.

REMNANTS OF ATLANTIC FOREST OF AGRESTE PERNAMBUCO: FLORISTIC COMPOSITION, ENDEMISM AND ENDANGERED SPECIES

ABSTRACT: The remnants of Atlantic Forest have been going through several phases of conversion of native vegetation to land uses of greater economic interest. However, the great biological diversity of the biome persists, with the Atlantic Forest being among the largest repositories of biodiversity on the planet and with the highest levels of endemism. In São Vicente Férrer (Pernambuco - BR), data on Atlantic Forest

flora show that the remnants of the municipality have a peculiar floristic set, differentiated from the other Pernambuco forests. This study aimed to carry out a survey of information from the Atlantic Forest of Pernambuco, especially from the remains of the municipality of São Vicente Férrer. A review of the literature of the most diverse areas was carried out, bringing information of floristic composition, endemism, and species threats of extinction of the municipality. The results pointed out the importance in the conservation of the remnants of the Atlantic Forest of São Vicente Férrer, not only at the local level, but for all the wild Pernambuco and Brazilian territory. It is concluded that, despite these studies, there are no publications that address this from the territorial point of view the conservation of these remnants, and there is a need for further studies with this approach.

KEYWORDS: biodiversity; Atlantic Forest; São Vicente Férrer.

1 | INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica detém, aproximadamente, 8% da biodiversidade vegetal no mundo (SILVA; CASTELETI, 2005). No território brasileiro estima-se que existam mais de 15.001 espécies de angiospermas e, quase 50% delas, são consideradas endêmicas da Mata Atlântica (FERREIRA, 2015).

Heterogênea em sua composição e organização (TABARELLI et al., 2005), a Mata Atlântica é considerada um mosaico dos mais variados tipos de vegetação, variando em suas formações florestais, ecossistemas associados e diversidade de espécies (STEHMANN et al., 2009; FERREIRA, 2015).

A Mata Atlântica é internacionalmente reconhecida como um *hotspot* global de biodiversidade, em virtude dos altos níveis de riqueza e endemismo, em fauna e sobretudo flora, associado ao desmatamento ocorrido no passado recente (MITTERMEIER et al., 2004; STEHMANN et al., 2009).

No Estado de Pernambuco, Ferreira (2015) afirma que os remanescentes florestais de Mata Atlântica são, em sua maioria, pequenos e irregulares em suas formas. No Agreste de Pernambuco, Tabarelli (2005) e Ferreira (2015) observaram que a maioria dos fragmentos florestais são menores que 10ha, enquanto uma pequena parcela, cerca de 10%, são maiores que 100ha.

Estes pequenos fragmentos de Mata Atlântica pernambucana estão cercados por áreas agrícolas com baixa chance de uma persistência a longo prazo (GALINDO-LEAL, 2005). Em São Vicente Férrer essa realidade não é diferente. Conforme Leite (2011) e Capobianco (2001), o município apresenta vegetação de Caatinga na maior parte de seu território, entretanto, mais de 2.000ha do município estão inseridos no Domínio da Mata Atlântica.

O município de São Vicente Férrer ocupa uma área de 11.400ha, com, aproximadamente, 18.018 habitantes. Tem fronteira com os municípios de Natuba, Macaparana e Vicência (CB, 2021), como pode ser visto na Figura 1. De acordo com o sistema oficial para mapeamento e classificação da vegetação brasileira (VELOSO et al.,

1991), no município, dentre os ecossistemas de Mata Atlântica, predomina uma Floresta Ombrófila Densa Montana.

Segundo Ferreira (2015), a relevância biológica dos pequenos fragmentos, como os existentes em São Vicente Férrer, tem raramente sido consideradas nas políticas de conservação em termos de riqueza e importância geográfica para preservação sobretudo das espécies endêmicas ou ameaçadas.

Nesse sentido, foi realizado uma revisão da literatura das mais diversas áreas, trazendo informações de composição florística, endemismo e espécies ameaças de extinção do município para que seja elucidado a importância na inclusão de medidas de conservação da biodiversidade a nível municipal, estadual ou mesmo federal.

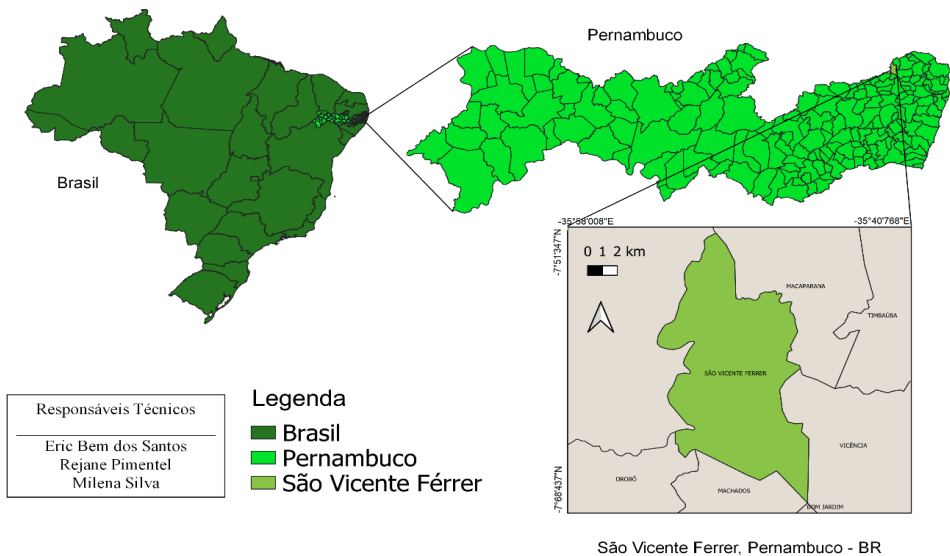


Figura 1 - Mapa de Localização de São Vicente Férrer em Pernambuco, Brasil.

Fonte: SANTOS, E. B. (2021)

21 METODOLOGIA

De acordo com Gil (2019), a presente pesquisa classifica-se como bibliográfica, do tipo revisão de literatura, quanto aos meios, e exploratória e descritiva quanto aos fins. Seu desenvolvimento envolveu um levantamento de publicações de caráter científico como artigos, dissertações, teses e livros - além de documentos oficiais (nacionais, estaduais e municipais).

Foram adquiridos em todos os anos e áreas temáticas, em cujos títulos, resumos e palavras-chave constassem algum assunto pertinente à caracterização e à biodiversidade da Mata Atlântica de São Vicente Férrer. Desses estudos foram extraídas informações

da vegetação do bioma supracitado, referente ao período entre os anos de 2000 e 2021, considerando como operadores booleanos/filtros.

A pesquisa envolveu um levantamento dos estudos publicados nas plataformas: SciELO, Web of Science, SCOPUS, GeoRef, Science Direct. Esses bancos de dados foram escolhidos em função de sua abrangência e importância. Os trabalhos são do período entre os anos de 1990 e 2021, considerando operadores booleanos e filtros em inglês e português, não restringindo área temática. As palavras-chave pesquisadas foram: “Mata Atlântica”, “Floresta Atlântica”, “São Vicente Férrer” e “Atlantic Forest”.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos estudos de Pirotto e Barros (2002; 2006), Pirotto e Germano (2002), Pirotto et al., (2004), Lucena (2009), Leite (2011) e Ferraz e Rodal (2006), a flora dos remanescentes de Mata Atlântica de São Vicente Férrer apresenta um conjunto florístico diferenciado das demais florestas ombrófilas montanas e de terras baixas pernambucanas.

Das angiospermas, as famílias com maior riqueza de espécies são: Fabaceae, com trinta e três espécies, Myrtaceae, com vinte e uma espécies, Rubiaceae, com vinte espécies, Lauraceae, com quatorze espécies, Sapindaceae, com quatorze espécies, Sapotaceae, com treze espécies, Moraceae, com doze espécies, Apocynaceae, com onze espécies, Euphorbiaceae, com onze espécies, Meliaceae, com oito espécies, Clusiaceae, com oito espécies, Burseraceae, com oito espécies e Melastomataceae, com oito espécies (LEITE, 2011), esses números podem ser vistos na Figura 2 (A).

Os gêneros de angiospermas com maior representatividade são: *Psychotria*, com oito espécies, *Inga*, com oito espécies, *Miconia*, com sete espécies, *Myrcia*, com seis espécies, *Byrsonima*, *Ocotea* e *Pouteria*, com cinco espécies em cada um. Registram-se também os gêneros *Guapira*, *Cupania*, *Serjania* e *Cordia*, com quatro espécies em cada um (LUCENA, 2009; LEITE, 2011), como pode ser visto na Figura 2 (B).

Considerando as famílias de pteridófitas, encontramos: Pteridaceae, com vinte espécies, e Cyatheaceae, com cinco espécies e maior representatividade – conforme expresso na Figura 2 (C); por sua vez, *Adiantum*, com nove espécies, *Cyathea* e *Doryopteris*, com quatro espécies em cada uma, são os gêneros mais ricos quanto ao número de espécies, como pode ser visto na Figura 2 (D). Dentre os vegetais avasculares, as famílias Lejeuneaceae e Calymperaceae apresentaram quatro espécies, e as demais famílias de uma a duas espécies em cada uma, assim como os demais gêneros registrados (PÔRTO et al., 2004; LEITE, 2011).

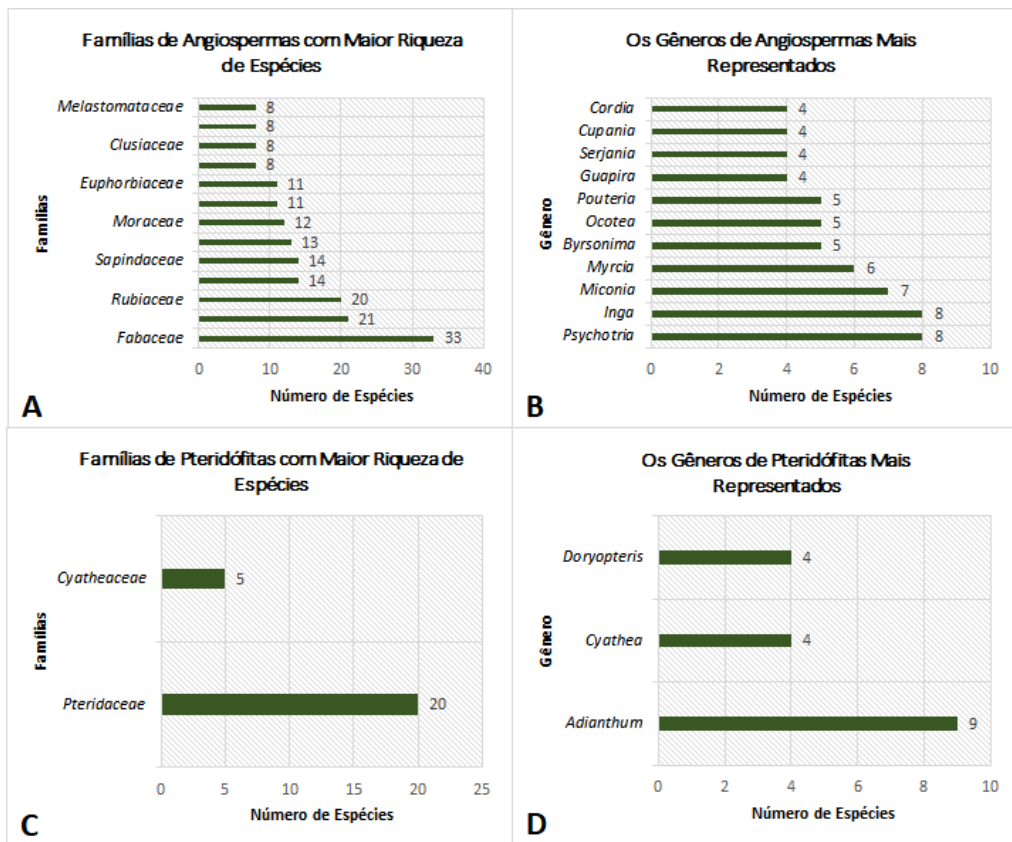


Figura 2 – Distribuição de espécies vegetais, a partir de dados de levantamentos florísticos realizados no município de São Vicente Férrer (PE), no período de 2000 a 2021. A. Famílias de Angiospermas com maior riqueza de espécies; B. Gêneros de Angiospermas mais representados; C. Famílias de Pteridófitas com maior riqueza de espécies; D. Gêneros de Pteridófitas mais representados.

Elaboração: SANTOS, E. B. (2021).

Fonte: LEITE, M. S (2011).

Estão presentes em São Vicente Férrer 18 espécies endêmicas da Mata Atlântica brasileira, estando quatro delas restritas às áreas ao norte do Rio São Francisco (SANTOS, 2006; STEHMANN et al., 2009; LEITE, 2011). Entre as endêmicas, destacam-se *Tovomita mangle* G. Mariz (Clusiaceae) e *Virola gardneri* (A. DC.) Warb. (Myristicaceae), que se enquadram entre as quatro espécies mais importantes na estrutura da comunidade florestal local (FERRAZ; RODAL, 2006).

No município, Ferraz e Rodal (2006) registraram sete espécies de angiospermas ameaçadas de extinção, chamando a atenção para o registro da espécie arbórea *Symplocos* cf. *neglecta* Brand (Symplocaceae), registrada como presumivelmente extinta. Foi registrada a presença de cedro *Cedrela odorata* L. (Meliaceae), de pau-amarelo *Plathymenia foliolosa* Benth. (Fabaceae) e de *Banara brasiliensis* (Schott) Benth. (Flacourtiaceae), espécies da

categoria vulnerável à extinção (MMA, 2008; LEITE, 2011). Na categoria em perigo de extinção, registram-se o jacarandá-branco *Swartzia pickelii* Killip ex Ducke (Fabaceae) e as Bromeliaceae *Canistrum aurantiacum* E. Morran e *Cryptanthus zonatus* (Vis. ex Otto) Beer (MMA, 2008; LEITE, 2011).

4 | CONCLUSÃO

Considerando a riqueza multifuncional da Mata Atlântica presente em São Vicente Férrer, e a extrema importância biológica, em níveis local e regional, urge ações de conservação da biodiversidade, sendo fundamental a realização de pesquisas como esta, contribuindo com informações sistematizadas, viabilizando a visualização de sua importância.

Além disso, é de grande necessidade o desenvolvimento de novas pesquisas de caráter ecológico-vegetal para a promoção do uso sustentável de recursos naturais e do ecoturismo, com o respaldo e uso de instrumentos legais de proteção.

Levando-se em consideração as espécies endêmicas e espécies ameaçadas de extinção, sobretudo a *Symplocos* cf. *neglecta* Brand (Symplocaceae), recomenda-se a construção de um programa de reprodução e repovoamento destas espécies na natureza, como medidas essenciais para impedir sua completa extinção.

REFERÊNCIAS

CAPOBIANCO, J. P. R. **Dossiê Mata Atlântica**. Brasília: Sociedade Nordestina de Ecologia, 2001.

CB. **O Município de São Vicente Ferrer**. Brasília: Cidades Brasileiras, 2021.

FERRAZ, E. M. N.; RODAL, M. J. N. Caracterização fisionômica - estrutural de um remanescente de floresta ombrófila montana de Pernambuco, Brasil. **Acta Bot. Bras.**, São Paulo, v. 20, n. 4, p. 911-926, 2006.

FERREIRA, D. M. C.; AMORIM, B. S.; MACIEL, J. R.; ALVES, M. Floristic checklist from an Atlantic Forest vegetation mosaic in Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Tabatinga, Pernambuco. **Check List**, Campinas, v. 12, p. 1-18, 2015.

GALINDO-LEAL, C. **Reunindo as peças: a fragmentação e a conservação da paisagem**. Belo Horizonte: Conservação Internacional, 2005.

Gil, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2019.

LEITE, M. S. **Apoio a Criação de Unidades de Conservação na Floresta Atlântica de Pernambuco**. Mata do Estado, São Vicente Férrer, Pernambuco, Brasil: Levantamento fisicobiótico, Socioeconômico e Situação fundiária. Recife: Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste, 2011.

LUCENA, M. F. A. **Flora da Mata do Estado, São Vicente Férrer, Pernambuco, Brasil**. Relatório Técnico. Recife: Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste, 2009.

- METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Ecological Applications**, São Paulo, v.1, n.1, p. 1-9, 2001.
- MITTERMEIER, R. A.; GIL, P. R. M.; PILGRIM, H. J. T. **Hotspots revisited**. Cidade do México: Sociedad Anónima Bursátil de Capital Variable, 2004.
- MMA. **Lista Oficial das Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2008.
- PIETROBOM, M. R.; BARROS, I. C. L. Pteridófitas da Mata do Estado, município de São Vicente Férrer, Pernambuco, Brasil: Chave para as Famílias Gleicheniaceae, Hymenophyllaceae, Marattiacea e Vittaraceae. **Revista de Biologia Neotropical**, Goiânia, v. 3, p. 125-138, 2006.
- PIETROBOM, M. R.; BARROS, I. C. L. Pteridófitas de um remanescente de floresta atlântica em São Vicente Férrer, Pernambuco, Brasil: Pteridaceae. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 16, p. 457-479, 2002.
- PÔRTO, K. C.; GERMANO, S. R. Biodiversidade e importância das briófitas na conservação dos ecossistemas naturais de Pernambuco In: TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (Orgs.), **Diagnóstico da biodiversidade de Pernambuco**. Editora Massangana, Recife, v. 1, p. 125-152, 2002.
- PÔRTO, K. C.; GERMANO, S. R.; BORGES, G. M. Avaliação dos brejos de altitude de Pernambuco e Paraíba, quanto a diversidade de briófitas, para a conservação. In: PÔRTO, K. C.; CABRAL, J. J. P.; TABARELLI, M. (Orgs.), **Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação**. Ministério de Meio Ambiente, Brasília, v. 1, p. 79-98, 2004.
- SANTOS, A.M.M. **Análise da Flora do Centro de Endemismo Pernambuco: biogeografia e conservação**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal, CCB, UFPE, Recife, 2006.
- SILVA, J. M. C.; CASTELET, C. H. **Estado da biodiversidade da Mata Atlântica brasileira**. Belo Horizonte: Conservação Internacional, 2005.
- STEHMANN, J. R.; FORZZA, R. C. A.; SALINO, M.; SOBRAL, D. P. C.; KAMINO, Y. **Plantas da Floresta Atlântica**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2009.
- TABARELLI, M. L. P.; PINTO, J. M. C.; SILVA, M. H. Challenges and opportunities for biodiversity conservation in the Brazilian Atlantic Forest. **Conservation Biology**, Cambridge, v. 19, p. 695-700, 2005.
- VELOSO, H. P.; FILHO, L. C. O.; VAZ, A. M. S. F.; LIMA, M. P. M.; MARQUETE, R.; BRAZÃO, J. E. M.; FILHO, A. L. R. R.; DIAS, B. F. S.; PINTO, G. C. P.; MAGNAGO, H.; PEREIRA, J. B. S.; LIMA, J. C. A.; DAMBRÓS, L. A.; FURTADO, P. P.; KLEIN, R. M.; FILGUEIRAS, T. S.; BARROS, W. D.; SILVA, Z. L. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1991.

SOBRE O ORGANIZADOR

RENAN MONTEIRO DO NASCIMENTO - Possui Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade do Estado da Bahia - UNEB (2013). É Especialista em Gestão do Trabalho Pedagógico pela Faculdade Vale do Cricaré - FVC (2013); Especialista em Meio Ambiente e Sustentabilidade pela Faculdade Vale do Cricaré - FVC (2014); Possui Especialização em Análises Clínicas e Microbiologia pela Universidade Candido Mendes - UCAM (2016); Obteve seu Mestrado em Genética e Biologia Molecular pela Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC (2016). Em 2012 foi Pesquisador do Laboratório de Biologia da UNEB; De 2014 a 2016 atuou como Pesquisador no Laboratório de Citogenética e Biologia Molecular do Centro de Biotecnologia e Genética (CBG) da UESC. Desenvolveu pesquisas na área de Microbiologia, Genética Molecular e Biologia Evolutiva, atuando principalmente nas seguintes linhas: microrganismos patogênicos presentes na água; citogenética animal de himenópteros; filogenia e evolução molecular de meliponíneos. Foi Docente no Ensino Fundamental no Colégio Alfa da Rede Pitágoras lecionando a disciplina de Ciências (2013-2014). Possui experiência no Ensino Médio ministrando a disciplina de Biologia no Colégio Polivalente de Caravelas (2017). De 2017 a 2020 foi professor no Centro Territorial de Educação Profissional do Extremo Sul (CETEPES) nas seguintes disciplinas: Biologia; Química; Anatomia e Fisiologia Humana; Bioquímica Básica; Imunologia Básica; Histologia; Hematologia; Bacteriologia; Microbiologia; Parasitologia; Biossegurança; Políticas Públicas em Saúde; Físico-Química; Metodologia do Trabalho Científico; Gestão de Qualidade, Saúde e Meio Ambiente; Monitoramento, Controle e Manutenção Ambiental; Aspectos e Impactos Ambientais. Foi Professor Substituto na Universidade Federal do Sul da Bahia - UFSB (2018-2020) atuando como Professor Tutor no Colegiado de Medicina da UFSB e lecionando as seguintes disciplinas: Biologia Celular; Genética Básica; Histologia e Embriologia; Concepção e Formação Humana; Sistemas de Controle Homeostáticos e Alostáticos; Bases Morfofuncionais Humanas. Atualmente cursa o Doutorado em Patologia Molecular na Faculdade de Medicina da Universidade de Brasília e é Pesquisador no Laboratório de Bioquímica e Química de Proteínas do Departamento de Biologia Celular e no Laboratório de Biologia e Conservação de Morcegos do Departamento de Zoologia no Instituto de Ciências Biológicas (IB) da UnB. O autor tem se dedicado a desenvolver estudos na linha de pesquisa "Bioquímica e Biologia Molecular de Microrganismos" realizando um estudo do viroma de morcegos para futuras publicações em periódicos nacionais e internacionais.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agroecología 101, 102, 106, 115
Árvores 53, 54, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122
Avaliação Ambiental 28, 136
Aves 10, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 49
Azadirachta Indica 116, 117, 118, 120, 121, 123

B

Biodiversidade 2, 9, 35, 48, 61, 64, 68, 76, 79, 80, 82, 86, 87, 88, 92, 94, 117, 119, 135, 140, 141, 142, 143, 149, 150, 151, 154, 155
Bioindicadores 27, 28, 37

C

Chemosystematics 124
Ciências da natureza 1
Conservação 2, 9, 10, 1, 3, 10, 11, 12, 40, 48, 59, 62, 63, 66, 67, 68, 79, 80, 82, 86, 87, 88, 135, 139, 141, 143, 149, 151, 154, 155, 156
Conservation of fragments 40
Contagem 116, 118
Crisis campesina y Crisis Rural 101
Cuidado alomaternal 52
Cuidado maternal 52, 53

D

Distribuição geográfica 61, 63
Diversity of rodents and marsupials 40
Dormência 95, 97, 99, 100

E

Ecologia 2, 9, 39, 52, 57, 59, 60, 67, 89, 154, 155
Educação Ambiental 1, 3, 4, 11, 12
Enraizamento 95, 97, 98
Essential oils 124, 126, 133
Estaquia 95, 97, 100
Extensión Agroecológica 101, 102, 106, 107
Extensión rural 11, 101, 102, 105, 112, 113

F

Floresta Atlântica 149, 152, 154, 155

Forest diversity 40

G

Geopark Araripe 72, 73, 74, 77, 78

H

Hyptidinae 124, 125

I

Identificação de espécies 135, 136

Interação ecológica 1

M

Macaco-prego 52, 55, 59

Maracujá 2, 10, 95

Marcadores ecológicos 136

Meio Ambiente 9, 7, 12, 37, 49, 52, 69, 74, 76, 77, 81, 89, 90, 91, 93, 94, 116, 119, 120, 123, 149, 155, 156

Multivariate Analysis 124, 126

N

Nicho Climático 11, 61, 63, 67

O

Onça-parda 61, 67, 68

P

Phenology 124, 127, 129

Polinizador. Polinização 1

Preservação 14, 23, 36, 76, 119, 120, 139, 151

Promoção da Saúde 72, 73, 74, 77

Q

Qualidade de Vida 72, 73, 74, 77, 116, 119

R

Reconversión mental y productiva 101, 102, 106

Recursos hídricos 27, 138, 143, 144

S

São Vicente Ferrer 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155

Saúde ambiental 27

Sementes 1, 2, 3, 4, 5, 9, 10, 79, 81, 84, 86, 87, 89, 92, 95, 97, 98, 99, 100, 117

Semiárido 12, 27, 118, 135, 137, 142, 143

Silvestre 14, 59

V


Visão 1, 10, 14, 16, 21, 22, 23, 143

Atena
Editora
Ano 2021



Ecologia

e conservação da biodiversidade

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br


 @atenaeditora


 www.facebook.com/atenaeditora.com.br





Ecologia

e conservação da **biodiversidade**

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 @atenaeditora

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br