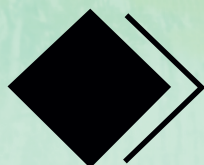


Flora Magdaline Benitez Romero
Rosana Barbosa Castro
Julio César Rodríguez Tello
(Organizadores)



ESTUDOS
DENDROLÓGICOS E ECOLÓGICOS NA
AMAZÔNIA
OPORTUNIDADES E EXPERIÊNCIAS



editora
científica digital

Flora Magdaline Benitez Romero

Rosana Barbosa Castro

Julio César Rodríguez Tello

(Organizadores)

ESTUDOS
DENDROLÓGICOS E ECOLÓGICOS NA
AMAZÔNIA
OPORTUNIDADES E EXPERIÊNCIAS

1ª EDIÇÃO



editora
científica digital

2022 - GUARUJÁ - SP



EDITORA CIENTÍFICA DIGITAL LTDA
Guarujá - São Paulo - Brasil
www.editoracientifica.org - contato@editoracientifica.org

Diagramação e arte Equipe editorial	2022 by Editora Científica Digital Copyright© 2022 Editora Científica Digital
Imagens da capa Adobe Stock - licensed by Editora Científica Digital - 2022	Copyright do Texto © 2022 Os Autores Copyright da Edição © 2022 Editora Científica Digital
Revisão Os autores	Acesso Livre - Open Access

Parecer e revisão por pares

Os textos que compõem esta obra foram submetidos para avaliação do Conselho Editorial da Editora Científica Digital, bem como revisados por pares, sendo indicados para a publicação.

O conteúdo dos capítulos e seus dados e sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. É permitido o download e compartilhamento desta obra desde que pela origem e no formato Acesso Livre (Open Access) com os créditos atribuídos aos respectivos autores, mas sem a possibilidade de alteração de nenhuma forma, catalogação em plataformas de acesso restrito e utilização para fins comerciais.



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Sem Derivações 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E82

Estudos dendrológicos e ecológicos na Amazônia: oportunidades e experiências / Flora Magdaline Benitez (Organizadora), Rosana Barbosa Castro (Organizadora). – Guarujá-SP: Científica Digital, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5360-075-1

DOI 10.37885/978-65-5360-075-1

1. Árvores - Identificação - Amazônia. 2. Dendrologia. I. Benitez, Flora Magdaline (Organizadora). II. Castro, Rosana Barbosa (Organizadora). III. Título.

CDD 582.1609811

Elaborado por Janaina Ramos – CRB-8/9166

E-BOOK
ACESSO LIVRE ON LINE - IMPRESSÃO PROIBIDA

2022

CORPO EDITORIAL

Direção Editorial

Reinaldo Cardoso

João Batista Quintela

Editor Científico

Prof. Dr. Robson José de Oliveira

Assistentes Editoriais

Elielson Ramos Jr.

Erick Braga Freire

Bianca Moreira

Sandra Cardoso

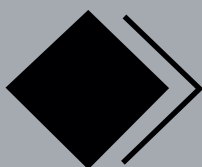
Bibliotecários

Maurício Amormino Júnior - CRB-6/2422

Janaina Ramos - CRB-8/9166

Jurídico

Dr. Alandelon Cardoso Lima - OAB/SP-307852



editora

científica digital

CONSELHO EDITORIAL

MESTRES, MESTRAS, DOUTORES E DOUTORAS

Prof. Dr. Robson José de Oliveira

Universidade Federal do Piauí, Brasil

Prof. Dr. Carlos Alberto Martins Cordeiro

Universidade Federal do Pará, Brasil

Prof. Dr. Rogério de Melo Grillo

Universidade Estadual de Campinas, Brasil

Prof^ª. Ma. Eloisa Rosotti Navarro

Universidade Federal de São Carlos, Brasil

Prof. Dr. Ernane Rosa Martins

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Brasil

Prof. Dr. Rossano Sartori Dal Molin

FSG Centro Universitário, Brasil

Prof. Dr. Carlos Alexandre Oelke

Universidade Federal do Pampa, Brasil

Prof. Esp. Domingos Bombo Damião

Universidade Agostinho Neto, Angola

Prof. Me. Reinaldo Eduardo da Silva Sales

Instituto Federal do Pará, Brasil

Prof^ª. Ma. Auristela Correa Castro

Universidade Federal do Pará, Brasil

Prof^ª. Dra. Dalizia Amaral Cruz

Universidade Federal do Pará, Brasil

Prof^ª. Ma. Susana Jorge Ferreira

Universidade de Evora, Portugal

Prof. Dr. Fabricio Gomes Gonçalves

Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Prof. Me. Erival Gonçalves Prata

Universidade Federal do Pará, Brasil

Prof. Me Gevair Campos

Faculdade CNEC Unaf, Brasil

Prof. Me. Flávio Aparecido De Almeida

Faculdade Unida de Vitória, Brasil

Prof. Me. Mauro Vinicius Dutra Girão

Centro Universitário Inta, Brasil

Prof. Esp. Clóvis Luciano Giacomet

Universidade Federal do Amapá, Brasil

Prof^ª. Dra. Giovanna Faria de Moraes

Universidade Federal de Uberlândia, Brasil

Prof. Dr. André Cutrim Carvalho

Universidade Federal do Pará, Brasil

Prof. Esp. Dennis Soares Leite

Universidade de São Paulo, Brasil

Prof^ª. Dra. Silvani Verruck

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Prof. Me. Osvaldo Contador Junior

Faculdade de Tecnologia de Jahu, Brasil

Prof^ª. Dra. Claudia Maria Rinhel-Silva

Universidade Paulista, Brasil

Prof^ª. Dra. Silvana Lima Vieira

Universidade do Estado da Bahia, Brasil

Prof^ª. Dra. Cristina Berger Fadel

Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brasil

Prof^ª. Ma. Graciete Barros Silva

Universidade Estadual de Roraima, Brasil

Prof. Dr. Carlos Roberto de Lima

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

Prof. Dr. Wescley Viana Evangelista

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil

Prof. Dr. Cristiano Marins

Universidade Federal Fluminense, Brasil

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva

Escola Superior de Ciências da Santa Casa de Misericórdia de Vitória, Brasil

Prof. Dr. Daniel Luciano Gevehr

Faculdades Integradas de Taquara, Brasil

Prof. Me. Silvio Almeida Junior

Universidade de Franca, Brasil

Prof^ª. Ma. Juliana Campos Pinheiro

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

Prof. Dr. Raimundo Nonato Ferreira do Nascimento

Universidade Federal do Piauí, Brasil

Prof. Dr. Antônio Marcos Mota Miranda

Instituto Evandro Chagas, Brasil

Prof^ª. Dra. Maria Cristina Zago Centro

Universitário UNIFAAT, Brasil

Prof^ª. Dra. Samylla Maira Costa Siqueira

Universidade Federal da Bahia, Brasil

Prof^ª. Ma. Gloria Maria de Franca

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

Prof^ª. Dra. Carla da Silva Sousa

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Brasil

Prof. Me. Dennys Ramon de Melo Fernandes Almeida

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

Prof. Me. Mário Celso Neves de Andrade

Universidade de São Paulo, Brasil

Prof. Me. Julianno Pizzano Ayoub

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Brasil

Prof. Dr. Ricardo Pereira Sepini

Universidade Federal de São João Del-Rei, Brasil

Prof^ª. Dra. Maria do Carmo de Sousa

Universidade Federal de São Carlos, Brasil

Prof. Me. Flávio Campos de Moraes

Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

Prof. Me. Jonatas Brito de Alencar Neto

Universidade Federal do Ceará, Brasil

Prof. Me. Reginaldo da Silva Sales

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Brasil

Prof. Me. Moisés de Souza Mendonça

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Brasil

Prof. Me. Patrício Francisco da Silva

Universidade de Taubaté, Brasil

Prof^ª. Esp. Bianca Anacleto Araújo de Sousa

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

Prof. Dr. Pedro Afonso Cortez

Universidade Metodista de São Paulo, Brasil

Prof^ª. Ma. Bianca Cerqueira Martins

Universidade Federal do Acre, Brasil

Prof. Dr. Vitor Afonso Hoeflich

Universidade Federal do Paraná, Brasil

Prof. Dr. Francisco de Sousa Lima

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Brasil

Prof^ª. Dra. Sayonara Cotrim Sabioni

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Brasil

Prof^ª. Dra. Thais Ranielle Souza de Oliveira

Centro Universitário Euroamericano, Brasil

Prof^ª. Dra. Rosemary Laís Galati

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

Prof^ª. Dra. Maria Fernanda Soares Queiroz

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

Prof. Dr. Dioniso de Souza Sampaio

Universidade Federal do Pará, Brasil

Prof. Dr. Leonardo Augusto Couto Finelli

Universidade Estadual de Montes Claros, Brasil

Prof^ª. Ma. Danielly de Sousa Nóbrega

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre, Brasil

Prof. Me. Mauro Luiz Costa Campello

Universidade Paulista, Brasil

Prof^ª. Ma. Livia Fernandes dos Santos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre, Brasil

Prof^ª. Dra. Sonia Aparecida Cabral

Secretaria de Educação do Estado de São Paulo, Brasil

Prof^ª. Dra. Camila de Moura Vogt

Universidade Federal do Pará, Brasil

Prof. Me. José Martins Juliano Eustaquio

Universidade de Uberaba, Brasil

Prof. Esp. Walmir Fernandes Pereira

Miami University of Science and Technology, USA

Prof^ª. Dra. Liege Coutinho Goulart Dornellas

Universidade Presidente Antônio Carlos, Brasil

Prof. Me. Ticiano Azevedo Bastos

Secretaria de Estado de Educação de MG, Brasil

Prof. Dr. Jónata Ferreira De Moura

Universidade Federal do Maranhão, Brasil

Prof^ª. Ma. Daniela Remião de Macedo

Faculdade de Belas Artes da Universidade de Lisboa, Brasil

Prof. Dr. Francisco Carlos Alberto Fonteles Holanda

Universidade Federal do Pará, Brasil

Prof^ª. Dra. Bruna Almeida da Silva

Universidade do Estado do Pará, Brasil

Prof^ª. Ma. Adriana Leite de Andrade

Universidade Católica de Petrópolis, Brasil

Prof^ª. Dra. Clecia Simone Gonçalves Rosa Pacheco

Instituto Federal do Sertão Pernambucano, Brasil

Prof. Dr. Claudiomir da Silva Santos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas, Brasil

Prof. Dr. Fabrício dos Santos Rittá

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas, Brasil

Prof. Me. Ronei Aparecido Barbosa

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas, Brasil

Prof. Dr. Julio Onésio Ferreira Melo
Universidade Federal de São João Del Rei, Brasil

Prof. Dr. Juliano José Corbi
Universidade de São Paulo, Brasil

Prof^a. Dra. Alessandra de Souza Martins
Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brasil

Prof. Dr. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho
Universidade Federal do Cariri, Brasil

Prof. Dr. Thadeu Borges Souza Santos
Universidade do Estado da Bahia, Brasil

Prof^a. Dra. Francine Náthalie Ferraresi Rodrigues Queluz
Universidade São Francisco, Brasil

Prof^a. Dra. Maria Luzete Costa Cavalcante
Universidade Federal do Ceará, Brasil

Prof^a. Dra. Luciane Martins de Oliveira Matos
Faculdade do Ensino Superior de Linhares, Brasil

Prof^a. Dra. Rosenery Pimentel Nascimento
Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Prof^a. Esp. Livia Silveira Duarte Aquino
Universidade Federal do Cariri, Brasil

Prof^a. Dra. Irlane Maia de Oliveira
Universidade Federal do Amazonas, Brasil

Prof^a. Dra. Xaene Maria Fernandes Mendonça
Universidade Federal do Pará, Brasil

Prof^a. Ma. Thais de Oliveira Carvalho Granado Santos
Universidade Federal do Pará, Brasil

Prof. Me. Fábio Ferreira de Carvalho Junior
Fundação Getúlio Vargas, Brasil

Prof. Me. Anderson Nunes Lopes
Universidade Luterana do Brasil, Brasil

Prof^a. Dra. Iara Margolis Ribeiro
Universidade do Minho, Portugal

Prof. Dr. Carlos Alberto da Silva
Universidade Federal do Ceará, Brasil

Prof^a. Dra. Keila de Souza Silva
Universidade Estadual de Maringá, Brasil

Prof. Dr. Francisco das Chagas Alves do Nascimento
Universidade Federal do Pará, Brasil

Prof^a. Dra. Réia Sílvia Lemos da Costa e Silva Gomes
Universidade Federal do Pará, Brasil

Prof. Dr. Evaldo Martins da Silva
Universidade Federal do Pará, Brasil

Prof. Dr. Antônio Bernardo Mendes de Seica da Providência Santarém
Universidade do Minho, Portugal

Prof^a. Dra. Miriam Aparecida Rosa
Instituto Federal do Sul de Minas, Brasil

Prof. Dr. Biano Alves de Melo Neto
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Brasil

Prof^a. Dra. Priscyla Lima de Andrade
Centro Universitario Unif-BV, Brasil

Prof. Dr. Gabriel Jesus Alves de Melo
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Brasil

Prof. Esp. Marcel Ricardo Nogueira de Oliveira
Universidade Estadual do Centro Oeste, Brasil

Prof. Dr. Andre Muniz Afonso
Universidade Federal do Paraná, Brasil

Prof^a. Dr. Laís Conceição Tavares
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Brasil

Prof. Me. Rayme Tiago Rodrigues Costa
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Brasil

Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme
Universidade Federal do Tocantins, Brasil

Prof. Me. Valdemir Pereira de Sousa
Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Prof^a. Dra. Sheylla Susan Moreira da Silva de Almeida
Universidade Federal do Amapá, Brasil

Prof. Dr. Arnaldo Pereira Silva
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Brasil

Prof^a. Dra. Ana Maria Aguiar Frias
Universidade de Evora, Portugal, Brasil

Prof^a. Dra. Deise Keller
Cavalcante Secretária de Estado de Educação do Rio de Janeiro, Brasil

Prof^a. Esp. Larissa Carvalho de Sousa
Instituto Politécnico de Coimbra, Portugal

Esp. Daniel dos Reis Pedrosa
Instituto Federal de Minas Gerais, Brasil

Prof. Dr. Wiaslan Figueiredo Martins
Instituto Federal Goiano, Brasil

Prof. Dr. Lênio José Guerreiro de Faria
Universidade Federal do Pará, Brasil

Prof^a. Dra. Tamara Rocha dos Santos
Universidade Federal de Goiás, Brasil

Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira
Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Prof. Dr. Gustavo Soares de Souza
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Brasil

Prof^a. Dra. Adriana Cristina Bordignon
Universidade Federal do Maranhão, Brasil

Prof^a. Dra. Norma Suely Evangelista-Barreto
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Brasil

Prof. Me. Larry Oscar Chañi Paucar
Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, Peru

Prof. Dr. Pedro Andrés Chira Oliva
Universidade Federal do Pará, Brasil

Prof. Dr. Daniel Augusto da Silva
Fundação Educacional do Município de Assis, Brasil

Prof^a. Dra. Aleteia Hummes Thaines
Faculdades Integradas de Itaquara, Brasil

Prof^a. Dra. Elisangela Lima Andrade
Universidade Federal do Pará, Brasil

Prof. Me. Reinaldo Pacheco Santos
Universidade Federal do Vale do São Francisco, Brasil

Prof^a. Ma. Cláudia Catarina Agostinho
Hospital Lusitadas Lisboa, Portugal

Prof^a. Dra. Carla Cristina Bauermann Brasil
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Prof. Dr. Humberto Costa
Universidade Federal do Paraná, Brasil

Prof^a. Ma. Ana Paula Felipe Ferreira da Silva
Universidade Potiguar, Brasil

Prof. Dr. Ernane José Xavier Costa
Universidade de São Paulo, Brasil

Prof^a. Ma. Fabricia Zanelato Bertolde
Universidade Estadual de Santa Cruz, Brasil

Prof. Me. Eliomar Viana Amorim
Universidade Estadual de Santa Cruz, Brasil

Prof^a. Esp. Nássarah Jabur Lot Rodrigues
Universidade Estadual Paulista, Brasil

Prof. Dr. José Aderval Aragão
Universidade Federal de Sergipe, Brasil

Prof^a. Ma. Caroline Muñoz Cevada Jeronymo
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Brasil

Prof^a. Dra. Aline Silva De Aguiar
Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil

Prof. Dr. Renato Moreira Nunes
Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil

Prof. Me. Júlio Nonato Silva Nascimento
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Brasil

Prof^a. Dra. Cybelle Pereira de Oliveira
Universidade Federal da Paraíba, Brasil

Prof^a. Ma. Cristianne Kalinne Santos Medeiros
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

Prof^a. Dra. Fernanda Rezende
Núcleo Interdisciplinar de Pesquisa e Estudo em Educação Ambiental, Brasil

Prof^a. Dra. Clara Mockdece Neves
Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil

Prof^a. Ma. Danielle Galdino de Souza
Universidade de Brasília, Brasil

Prof. Me. Thyago José Arruda Pacheco
Universidade de Brasília, Brasil

Prof^a. Dra. Flora Magdaline Benitez Romero
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Brasil

Prof^a. Dra. Carline Santos Borges
Governo do Estado do Espírito Santo, Secretaria de Estado de Direitos Humanos., Brasil

Prof^a. Dra. Rosana Barbosa Castro
Universidade Federal de Amazonas, Brasil

Prof. Dr. Wilson José Oliveira de Souza
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil

Prof. Dr. Eduardo Nardini Gomes
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil

Prof. Dr. José de Souza Rodrigues
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil

Prof. Me. Willian Carboni Viana
Universidade do Porto, Brasil

Prof. Dr. Diogo da Silva Cardoso
Prefeitura Municipal de Santos, Brasil

Prof. Me. Guilherme Fernando Ribeiro
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil

Prof^a. Dra. Jaisa Klaus
Associação Vitoriana De Ensino Superior, Brasil

Prof. Dr. Jeferson Falcão do Amaral
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Brasil

Prof^a. Ma. Ana Carla Mendes Coelho
Universidade Federal do Vale do São Francisco, Brasil

Prof. Dr. Octávio Barbosa Neto
Universidade Federal do Ceará, Brasil

APRESENTAÇÃO

Esta obra constituiu-se a partir de um processo colaborativo entre professores, estudantes e pesquisadores que se destacaram e qualificaram as discussões neste espaço formativo. Resulta, também, de movimentos interinstitucionais e de ações de incentivo à pesquisa que congregam pesquisadores das mais diversas áreas do conhecimento e de diferentes Instituições de Educação Superiores públicas e privadas de abrangência nacional e internacional. Tem como objetivo reunir experiências técnicas e científicas de aspectos dendrológicos e ecológicos da vegetação do ecossistema Amazônico. A obra surge na perspectiva de divulgar informações sobre a identificação botânica, dendrológica, composição florística, distribuição e ocorrência e interações das espécies nativas em diferentes ambientes existentes na região.

Agradecemos aos autores pelo empenho, disponibilidade e dedicação para o desenvolvimento e conclusão dessa obra. Esperamos também que esta obra sirva de instrumento didático-pedagógico para estudantes, professores dos diversos níveis de ensino em seus trabalhos e demais interessados pela temática.

Flora Magdaline Benitez Romero

Rosana Barbosa de Castro Lopes

Julio César Rodríguez Tello

SUMÁRIO

CAPÍTULO 01

BIOMETRIA DO FRUTO EM DESENVOLVIMENTO DE *MAURITIA FLEXUOSA* L.F, ARECACEAE: CALAMOIDEAE

Giuliana Silva dos Santos; Maria Gracimar Pacheco de Araújo

doi 10.37885/220207592 10

CAPÍTULO 02

PROSPECÇÃO DE CARACTERES INFORMATIVOS EM *EUGENIA* L. (MYRTACEAE) POR ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) E ANÁLISE HIERÁRQUICA DE CLUSTER (HCA)

Maria Anália Duarte de Souza; Veridiana Vizoni Scudeller; Maria Sílvia de Mendonça

doi 10.37885/220308005 24

CAPÍTULO 03

NEIGHBOUR'S IDENTITY OF COMMERCIAL TROPICAL TREE SPECIES IN A TROPICAL RAINFOREST NEAR MANAUS, BRAZIL

Kátia Emídio da Silva; Sebastião Venâncio Martins; Thaís Carla Vieira Alves

doi 10.37885/220207926 46

CAPÍTULO 04

SHORT-TERM RESPONSES OF TREE GROWTH RINGS IN NATURAL GAPS FOR FOREST MANAGEMENT

Akira Tanaka; Akio Tsuchiya; Niro Higuchi

doi 10.37885/220207865 66

CAPÍTULO 05

ESTUDO DAS FIBRAS NO ENTRENÓ DO COLMO DE *GUADUA* SPP. (POACEAE) NATIVAS DO ACRE - BRASIL

Ana Fabrícia Alves de Miranda; Juliana Sabino Rodrigues; Dalva Graciano-Ribeiro

doi 10.37885/220207810 87

CAPÍTULO 06

GERMINAÇÃO DE SEMENTES E CRESCIMENTO INICIAL DE *TAMARINDUS INDICA* L. SOB ESTRESSE SALINO

Marcella Carvalho Chaves; Joyce Gomes Falcão; Lukas Allayn Diniz Corrêa; Florine Alves de Sousa Pinheiro; Karina Penha Andrade Costa; Juliano dos Santos; Ilisandra Zanandrea

doi 10.37885/220308004 103

CAPÍTULO 07**FUNGOS ENDOFÍTICOS NA ILHA DE UPAON-AÇÚ, MARANHÃO, BRASIL, E SUA IMPORTÂNCIA NA CONSERVAÇÃO DA FLORA**

Elaine dos Santos Piancó; Juliano dos Santos; Lukas Allayn Diniz Corrêa; Rafael Lima Hatherly; Ilisandra Zanandrea

doi 10.37885/220308020 119**CAPÍTULO 08****MORFOFISIOLOGIA E ANATOMIA FOLIAR DE *HIPPEASTRUM STYLOSUM* HERB. EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE LUZ**

Florine Alves de Sousa Pinheiro; Joyce Gomes Falcão; Amanda Cristine Abreu Silva; Nagela Janniny Veloso Coelho Moraes; Juliano dos Santos; Ilisandra Zanandrea; Cícero de Lá Martini da Penha Júnior; Lukas Allayn Diniz Corrêa

doi 10.37885/220308000 135**CAPÍTULO 09****O POTENCIAL HÍDRICO FOLIAR DE *HYMENAEA STIGONOCARPA* VARIA ENTRE DIFERENTES TIPOS DE VEGETAÇÃO NA TRANSIÇÃO AMAZÔNIA-CERRADO?**

Igor Araújo; Suyane Vitoria Marques dos Santos; Ediméia Laura Souza da Silva; Carla Heloísa Luz de Oliveira; Josiene Naves Carrijo; Nayara Cardoso Barros; Bruno Araújo de Souza; Giovana Zilli; Denilson Mendes Santos

doi 10.37885/220308055 151**CAPÍTULO 10****SÍNDROMES DE DISPERSÃO DE ESPÉCIES ARBUSTIVO-ARBÓREAS EM CERRADO *SENSU STRICTO*, AMAZÔNIA LEGAL**

Jacqueline Bonfim e Cândido; Hygor Gomes de Almeida Sousa; Priscila Bezerra de Souza

doi 10.37885/220308066 159**SOBRE OS ORGANIZADORES** 174**ÍNDICE REMISSIVO** 175

Biometria do fruto em desenvolvimento de *Mauritia flexuosa* L.f, Arecaceae: Calamoideae

| Giuliana Silva dos Santos
UFAM

| Maria Gracimar Pacheco de Araújo
UFAM

RESUMO

O buriti (*Mauritia flexuosa* L.f) característico de áreas naturais alagáveis na região Amazônica, é uma das espécies nativas com grande potencial econômico e ambiental. **Objetivo:** Caracterizar a morfologia do fruto maduro através de aspectos biométricos e estruturais do pericarpo e semente, bem como, descrever as fases do desenvolvimento do fruto. **Método:** A biometria foi gerada mensurando as variáveis tamanho, peso e teor de água do fruto, semente e embrião (n= 100) utilizando paquímetro digital e balança semianalítica 0,01g e estufa (~65°). Para os estudos anatômicos foi utilizado micrótomo manual e soluções de azul de astra e safranina 9:1, montados em lâminas com gelatina glicerinada. **Resultados:** O fruto maduro tem comprimento $58,88 \pm 3,42$ mm e $38,72 \pm 1,01$ mm de largura, peso fresco em média $62,5 \pm 4,84$ g, Teor de umidade: 58,8%. A semente possui $34,60 \pm 1,57$ mm de comprimento e $26,42 \pm 2,29$ mm de largura com teor de umidade de 54,11%; O fruto maduro é uma drupa oblonga, com perianto persistente e estigma vestigial, unispérmico, eventualmente di/trispérmico; frequentemente com formas anômalas, contudo incluem semente completa; epicarpo escamoso imbricado, vermelho-rubi; mesocarpo uma massa amarela, oleosa, comestível e adocicada; endocarpo esponjoso, delgado, branco-amarelado; tegumento rígido, marrom, onde destacam-se o opérculo e a saliência da rafe; endosperma esbranquiçado e extremamente duro; o embrião é campilótropo, com diâmetro médio de $2,41 \pm 0,86$ mm e comprimento de $5,38 \pm 1,05$. **Conclusão:** Estes dados permitem a caracterização da morfologia e desenvolvimento do fruto de *Mauritia flexuosa* L. F. contribuindo para a taxonomia de Arecaceae: Calamoideae e, aliados aos estudos ecofisiológicos, são essenciais para o, manejo e conservação da espécie.

Palavras-chave: Buriti, Biometria, Morfologia, Pericarpo, Semente.

■ INTRODUÇÃO

As palmeiras representam um enorme grupo de plantas únicas e facilmente identificáveis, constituídas de um caule ereto, não ramificado (estipe) e folhas, geralmente pinadas e terminais. Além disso, este grupo de plantas tem distribuição geográfica em todas as regiões do Brasil, porém com maior diversidade de espécies na região Amazônica, já constatado por Kahn e De Granville (1992) e assegurado em Henderson (1995), que também estimou 34 gêneros e 189 espécies existentes na região. Apesar dessa diversidade, até o momento, são poucos os estudos que alinham os aspectos morfológicos e anatômicos aos eventos reprodutivos e descrição das estruturas reprodutoras, como ressaltou Araújo (2005). Dransfield *et al.* (2008) mais recentemente descreveram seis subfamílias de Arecaceae, dentre elas a subfamília Calamoideae, que tem como característica principal do grupo o fruto rígido com escamas imbricadas que o tornam impermeável. Mauritiinae é a única subtribo de Calamoideae que possui representantes na América do Sul, possui três gêneros: *Lepidocaryum*, *Mauritiella* e *Mauritia* todos com espécies presentes na Amazônia. os quais: Dentre destas, destaca-se *Mauritia flexuosa* L.f, uma das duas espécies presentes no gênero, com ampla distribuição pelo território Norte Latino principalmente no Brasil, com maior frequência na região Amazônica. Popularmente conhecida como buriti, miriti ou muriti. Esta palmeira preferencialmente habita terrenos baixos que são periodicamente alagáveis, como margens de rios e igarapés, formando populações quase mono específicas, os buritizais ou miritizais (Storti, 1993), há também indivíduos encontrados em terras mais secas e ácidas mais ao centro do país.

O estipe é solitário, liso, colunar e cilíndrico, fibroso esponjoso e suavemente anelado sem acúleos ou espinhos, variando de 5 m a 30 m de altura, podendo alcançar até 40 metros, com cerca de 5 a 30 folhas aglomeradas no ápice, do tipo flabeliforme, costapalmadas, compostas e sem acúleos, às vezes podem ter espinhos na base, possui inflorescência interfoliares, com flor estaminada e pistilada em indivíduos diferentes, ou seja, planta dióica, com flores femininas com estaminódios (Almeida e Silva 1998; Miranda e Rabelo, 2008; Henderson, 1995; Storti, 1993). O fruto é visto como drupa elipsóide-oblonga, com cerca de 5 a 7 cm de comprimento e em média 4 cm de diâmetro, coberto por escamas castanho-avermelhadas (Delgado, 2007; Barbosa *et al.*, 2010). A semente varia o comprimento entre 23 mm e 26 mm, largura 25 mm a 27 mm e peso de 0,13g a 5,5g como mensuraram Matos *et al.* (2014).

Devido à sua elegância, esta espécie é bastante utilizada em paisagismo e ornamentações, além de ter grande potencial econômico, pois praticamente tudo é aproveitado, desde seu estipe até o seu fruto (Miranda e Rabelo, 2008). Sua semente ou “caroço” é utilizada na fabricação de ração para bovinos e suínos (Almeida e Silva, 1994). Do fruto extrai-se a polpa

para uso alimentício preparando-se vinhos caseiros, doces, cremes, sorvetes, vitaminadas e paçocas. Da polpa também extrai-se um óleo com alto percentual de vitamina A, lipídios e beta-carotenos (França *et al.*, 1999), despertando para os estudos de bioprospectção aplicados à produção de cosméticos e estudos farmacológicos, como testado para uma rápida cicatrização, proteção eficiente aos raios solares (Almeida *et al.*, 1998) e prevenção da xeroftalmia (Yuyama *et al.*, 1998).

Com frutificação sazonal dependente do clima, normalmente produz no fim do período chuvoso, podendo se estender por todo o período seco (Storti, 1993; Pessoniet *al.*, 2002). A produtividade anual para produção em grande escala de óleo da polpa de *Mauritia flexuosa* é baixa, como menciona Barbosa *et al.* (2010) e, portanto, precisa de maior entendimento da estrutura e desenvolvimento do fruto. Tal conhecimento também agrega valor à produção de cosméticos, remédios, perfumes etc.

Além da necessidade de estudos para o melhor conhecimento e manejo da espécie em questão, há a necessidade do melhor entendimento das estruturas vegetativas e reprodutivas das palmeiras em geral para compreender a história evolutiva do grupo, bem como as relações com o meio ambiente. Em especial, sobre representantes da subfamília Calamoideae, até o momento, não é visto um suporte para o entendimento da estrutura e morfogênese de órgãos reprodutivos das espécies, devido à rigidez encontrada nos tecidos do fruto e a dificuldade na coleta do material, pertinentes às próprias características da espécie, como a altura para acesso aos frutos e a ocorrência das plantas em áreas alagadas, como no caso de *Mauritia flexuosa*. Além disso, estudos mais recentes apontam para a importância do entendimento da ontogenia do pericarpo, em especial o endocarpo (CITAR O TRABALHO DE ROMANOV), 2011), que são importantes e utilizados para servir de base para estudos em diversas áreas e para a compreensão da filogenia e taxonomia do grupo.

Portanto, entendendo a importância deste conhecimento, o presente estudo apresenta os aspectos morfogênicos, biométricos e estruturais do pericarpo e semente de *Mauritia flexuosa*, visando fornecer dados sobre as variações morfológicas estágios do desenvolvimento e tempo de formação do fruto, da pós-antese à maturação e dispersão.

■ MÉTODO

Identificação e localização dos espécimes

Feito inicialmente com Guia de identificação (Henderson *et al.*, 1995) consulta a especialistas e depois escolhidos indivíduos férteis, conferindo a morfologia geral da planta com descrições genéricas do *Genera Palmarum* (Dransfield *et al.*, 2008) e características

específicas, quanto ao habitat, distribuição geográfica e aspectos ecológicos descritos em Henderson (1995).

As populações (buritizais) de *Mauritia flexuosa* estudadas, localizam-se às margens alagáveis de igarapé um baixio hidromórfico antropizado, nas coordenadas 2°50'35"S, 60°03'59"W - BR 174, Km 14, Manaus, e 3°11'21"S, 60°08'38"W – AM010, Km 8, Iranduba, Amazonas, Brasil.

As análises não foram comparativas entre as populações, a intenção foi apenas aumentar a variabilidade genética das amostras. Foi adotado também a menor altura dos indivíduos férteis para viabilizar a coleta do material.

Monitoramento e coleta de dados para a morfogênese

Foram realizadas expedições em campo para o monitoramento a fim de se acompanhar o crescimento e detectar flores em antese, pistiladas e estaminadas. A partir desse evento, as flores pistiladas foram acompanhadas para a realização de coletas das diferentes fases da formação do fruto até o fruto em dispersão, tendo como base as fases de fruto recém-formado, fruto em desenvolvimento com endosperma líquido, fruto em desenvolvimento com endosperma gelatinoso ou duro, fruto maduro. Estas fases do desenvolvimento dos frutos de palmeiras já foram estabelecidas por Araújo (2005) e confirmadas em estudos posteriores (Melo 2012;) e Araújo *et al.*, 2012 e Melo *et al.*, 2017).

Foi utilizado escada retrátil de 15 m com o auxílio do podão para as coletas dos frutos em diferentes fases do desenvolvimento.

Morfogênese e biometria do fruto maduro e semente

A morfogênese e análise biométrica do fruto e semente foram feitas no Laboratório de Anatomia Vegetal (LAV) do Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Amazonas – UFAM. Este estudo segue a metodologia empregada por Araújo (2005) para a morfometria dos frutos maduros e morfogênese.

Foram usadas 100 unidades na biometria, aferindo as dimensões (mm) de comprimento (plano longitudinal) e largura (plano transversal) e peso (g) dos frutos e sementes, obtidas com paquímetro digital e balança eletrônica semianalítica com $d=0,01g$ (Fig.1). Essa análise foi feita imediatamente após a chegada do material ao laboratório, em alguns casos, um dia após, com o material mantido em geladeira coberto com papel de jornal e vedado num saco plástico, para manter o teor da água, bem como as características organolépticas. O cálculo do teor de água seguiu as Normas do Instituto Adolfo Lutz (Lara, *et al.* 1976), efetuando-se a seguinte equação: $TU = (P1 - P2) \div P1 \times 100$, onde: TU = teor de umidade; P1 = peso da matéria fresca; P2 = peso da matéria seca.

A morfogênese foi estudada a partir de todo o material coletado durante o monitoramento, onde 10 frutos/fase de desenvolvimento foram analisados quanto às mudanças gradativas do tamanho e forma, bem como as características organolépticas: textura, consistência, coloração e odor. Outras 30 unidades foram separadas e cortadas transversalmente com a utilização de faca e martelo para aferir a descrição das características externas e internas dos frutos e sementes, com medidas das espessuras do exocarpo + mesocarpo; espessura do endocarpo; diâmetro da semente ou da cavidade seminal e posição do embrião.

Foram separadas 30 unidades para análise do teor de água do pericarpo e semente do fruto maduro, e outras 10 unidades foram armazenadas em FAA 70%.

Figura 1. Métodos. **A** - Separação do pericarpo da semente após a mensuração dos frutos. **B** - Pesagem do material para aferir o Teor de água. **C-D** - Mensuração da semente, largura e comprimento respectivamente.



■ RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tempo de maturação do fruto de *Mauritia flexuosa* é de 210 dias, dentro deste intervalo é possível distinguir quatro fases de desenvolvimento dos frutos, com base nas características do exocarpo, fibras do mesocarpo e endosperma; A fase inicial é estabelecida após decorrerem 30 dias da pós-antese das flores pistiladas e estaminadas onde se inicia o desenvolvimento das fases estabelecidas.

As flores estaminadas de *Mauritia flexuosa* tem em média 0,7 cm de comprimento por 0,5 cm de largura, de coloração vermelho, laranja e amarelo (Fig. 2 B), zigomorfa, dialipétala, apresentam o cálice tubular (Fig. 2 E), trilobado pétalas alongadas excedendo o cálice, vermelho alaranjadas, coriáceas, unidas na base; É gamossépalas de coloração amarelo

alaranjada, que juntamente com o pedúnculo floral formam uma estrutura encaixada no cálice (Fig. 2 E); 6 estames, polistêmone, com filamentos mais ou menos livres, grosso alongado, anteras basifixas com deiscência rimosa (Longitudinal) (Fig. 2 F).

As flores pistiladas de *Mauritia flexuosa* são maiores que as estaminadas (Fig. 2 A), tem em média 1,7 cm de comprimento e 1,2 cm de largura. Cálice é tubular, trilobado; corola tubular com três valvas, amarelo alaranjado; 6 estaminódios; ovário súpero, trilobular, trioovulado, maios ou menos redondo coberto de escamas, estilete curto, estigma séssil.

O fruto maduro de *M. flexuosa* é uma drupa, de forma oblonga a estrobiliforme com comprimento médio de $58,8 \pm 1,65$ mm (plano longitudinal) e $38,7 \pm 0,87$ mm de largura (plano transversal), o peso fresco é em média $62,5 \pm 0,46$ g com valor máximo e mínimo de 85,2 e 40,9 g respectivamente (Quadro 2) (Fig. 3 A).

O fruto imaturo tem a fase 1 mais duradoura com cerca de 40 dias, período onde são lançados vários frutos paternocárpicos (Fig. 4 A); Nas fases intermediárias de maturação o período dura entre 25 a 45 dias e quase não há frutos perdidos; a fase final pode permanecer por até 35 dias antes da dispersão (Quadros 1 e 5).

A fase de endosperma líquido (fase 1) tem maior variabilidade no tamanho, tanto no comprimento quanto na largura visto que é a fase mais duradoura do processo devido à expansão no crescimento dos tecidos, já o peso, teve grande variabilidade em todas as fases, com destaque para a fase 3 (Quadro 2) onde o endocarpo se comprime mais ainda e dá início ao processo de maturação do endosperma que até então era de aspecto gelatinoso devido a transição do tecido nuclear (aquoso, núcleos dispersos no citoplasma celular) para o tecido celular (sólido), o que causa o aumento do peso. Os menores valores de variabilidade na fase 4 se devem pelo fato de o fruto já ter atingido seu ápice de crescimento e está finalizando sua maturação para a fase de dispersão, entre os meses de março a setembro (Quadros 2 e 5) (Fig. 4 B-E).

A semente tem média $34,6 \pm 1,57$ mm de comprimento e $26,4 \pm 2,29$ de largura, peso fresco é em média $25,1 \pm 0,84$ g com valor máximo e mínimo de 9,8 e 40,4 g respectivamente (Fig. 5 A); O embrião é pequeno, carnoso, reto, cônico, é campilótropo e tem diâmetro médio de $2,41 \pm 0,37$ mm e comprimento de $5,38 \pm 0,47$ mm (Fig. 5 E), medidas que estão dentro do padrão biométrico da espécie, encontrados em estudos anteriores (Delgado, 2007; Barbosa *et al.*, 2010; Matos *et al.*, 2014). Na semente o menor coeficiente de variação está no comprimento e largura, e o maior na espessura, visto que foram mensuradas mais sementes unispérmicas, onde não era medido sua espessura devido sua forma elipsóide, já o embrião apresentou a maior variabilidade no comprimento que no diâmetro (Quadro 3). Os respectivos dados do teor de água do fruto maduro e semente estão na tabela 4.

Com o perianto e estigma vestigial, o epicarpo forma escamas imbricadas de coloração vinho-avermelhado com formato pentagonal, que se distribuem por todo o fruto e causam a impermeabilidade de água (Fig.3 A). O mesocarpo é amarelo, carnoso, oleoso, e é a única parte do fruto aproveitada para o consumo (Fig. 3 D). É possível distinguir o endocarpo, que recobre toda a semente, sendo esponjoso, delgado, de coloração branca a amarelado (Fig. 3 E-F).

O fruto tem padrão unispérmico, mas pode ser encontrado eventualmente de duas ou até três sementes no fruto, isso é possível devido à característica tricarpelar e trilocular em *Arecaceae* (Fig. 5 B-C) (Dransfield *et al.*, 2008). A semente madura possui dois tegumentos, um mais externo que varia entre marrom claro à escuro, espesso, porém de fácil remoção com uma região que se sobressai, o cordão funicular do tipo dorsal pois resulta da curvatura do funículo sobre a micrópila que corresponde na semente madura à região do poro germinativo, e um tegumento interno mais rígido e de difícil remoção, onde encontra-se visível o hilo, rafe e o opérculo circular (Fig. 5A), onde logo a baixo se posiciona o embrião zigótico, campilótropo, imerso no endosperma abundante e rígido (Fig. 5B) que ocupa a maior parte do fruto maduro de coloração branco leitosa. O embrião é pequeno, carnoso, reto, cônico, e distingue-se a região proximal de verde amarelado, onde se inclui o eixo embrionário tendo o menor comprimento e maior largura, parte que fica em contato com o opérculo; a região distal é cônica e comprida, de cor branco ao creme leitosa, correspondente ao cotilédone (Fig. 5 E).

Quadro 1. Características observadas no fruto de *Mauritia flexuosa*, para definir as diferentes fases do desenvolvimento dos mesmos.

	Tempo de formação (dias)	Características observadas
Fase 1	30 a 70	Exocarpo verde escuro, mesocarpo e endocarpo indistinto a olho nu e endosperma líquido
Fase 2	90 a 120	Exocarpo verde claro com tons marrom, mesocarpo verde escuro e endocarpo indistinto, endosperma gelatinoso
Fase 3	130 a 160	Exocarpo variando entre verde e laranja-avermelhado escuro, mesocarpo verde escuro, endocarpo esponjoso, endosperma sólido
Fase 4	175 a 210	Exocarpo vermelho-rubi, mesocarpo laranja amarelado, endocarpo fino e delgado, endosperma extremamente sólido enrijecido

Quadro 2. Médias e medidas de dispersão para as variáveis comprimento, largura, espessura e peso do fruto de *Mauritia flexuosa* em diferentes fases do desenvolvimento, obtidos da amostra populacional, onde n=100.

		m±IC	EP	DP	CV (%)	md	moda	min	max
Fase 1	comp (mm)	11,54±0,81	0,39	1,88	16,31	11,26	9,5	9,25	15,44
	larg (mm)	9,05±0,77	0,37	1,79	19,78	8,52	-	6,44	13,32
	peso (g)	-	-	-	-	-	-	-	-
Fase 2	comp (mm)	36,97±0,49	0,72	3,85	10,43	37,53	-	25,05	43,41
	larg (mm)	22,61±0,76	0,37	1,97	8,72	22,59	21,35	18,07	26,54
	peso (g)	13,56±0,89	0,74	4,34	17,21	12,45	-	5,69	16,04
Fase 3	comp (mm)	49,17±1,66	0,83	6,45	13,12	48,08	51,86	36,37	64,77
	larg (mm)	36,92±1,27	0,63	4,9	13,33	36,11	-	21,87	50,94
	peso (g)	30,42±2,72	1,33	8,52	28,02	27,68	-	17,48	46,22
Fase 4	comp (mm)	58,8±1,65	0,82	6,11	4,01	57,84	51,44	44,55	73,61
	larg (mm)	38,72±0,87	0,43	3,23	2,61	39,37	38,92	34,86	48,42
	peso (g)	62,5±0,46	1,2	6,59	9,80	56,68	-	85,02	40,52

Legendas: m= média populacional, IC= intervalo de confiança, EP= erro padrão, DP = desvio padrão, CV= coeficiente de variação, md= média amostral, min= mínimo, max = máximo

Quadro 3. Médias e medidas de dispersão para as variáveis comprimento, largura, espessura e peso da semente e comprimento e diâmetro do embrião de *Mauritia flexuosa*, onde n=100.

		m±IC	EP	DP	CV(%)	md	min	max
Embrião	comprimento (mm)	5,38±0,47	0,22	1,05	34,47	4,1	1,63	6,89
	diâmetro (mm)	2,41±0,37	0,18	0,83	18,46	2,37	1,03	3,9
Semente	comprimento (mm)	34,60±0,58	0,28	1,56	4,53	34,83	30,61	37,6
	largura (mm)	26,41±0,85	0,41	0,41	8,68	26,43	16,22	30,66
	Espessura (mm)	17,47±0,97	0,47	2,64	15,15	17,33	6,72	21,16
	peso (g)	25,1±0,84	0,65	0,43	5,62	-	9,8	40,4

Quadro 4. Teor de umidade do fruto e semente de *Mauritia flexuosa*.

Fruto	Peso da matéria fresca	742,56g
	Peso da matéria seca	306,02g
	Teor de umidade	58,78%
Semente	Peso da matéria fresca	530,18g
	Peso da matéria seca	243,32g
	Teor de umidade	54,10%

Tabela 5. Eventos da reprodução de *Mauritia flexuosa* nos meses registrados no período de abril/2019 a março/2020.

Meses	Eventos	Flores pistiladas e esta- minadas em antese	Fruto recém- formado	Fruto Imaturo	Fruto pré-maduro	Fruto maduro	Fruto em dispersão
Janeiro					**	*	
Fevereiro					**	*	
Março					***	**	*
Abril					*	***	**
Maio						***	***
Junho		*				**	**
Julho		**				*	**
Agosto		***	**	*		*	*
Setembro		**	***	**		*	*
Outubro		*	*	***			*
Novembro				**			
Dezembro				*			

*ocasional **frequente ***muito frequente.

Figura 2. A- Flor pistilada. (B, D, G) - Flor estaminada. C- Raquila da inflorescência pistilada. E- Cálice da flor estaminada. F- Estame.

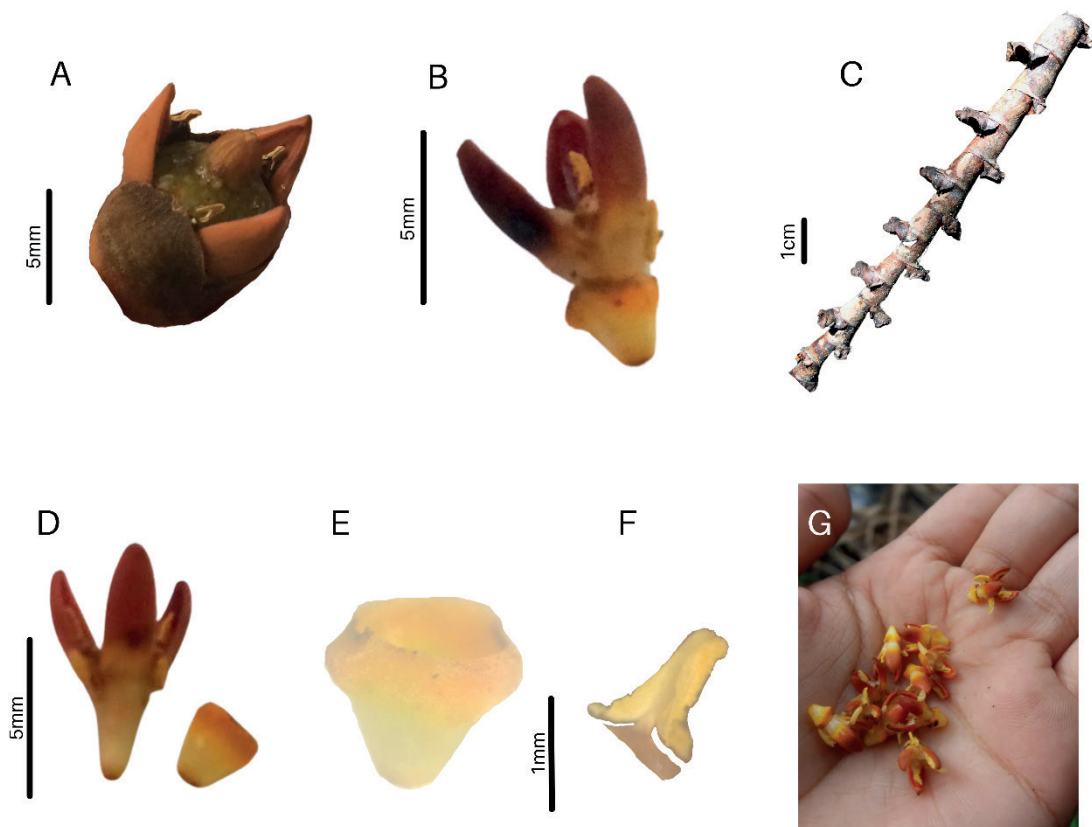


Figura 3. A, B, C - Aspecto geral do fruto maduro, exocarpo. D- Mesocarpo. E, F- Endocarpo.

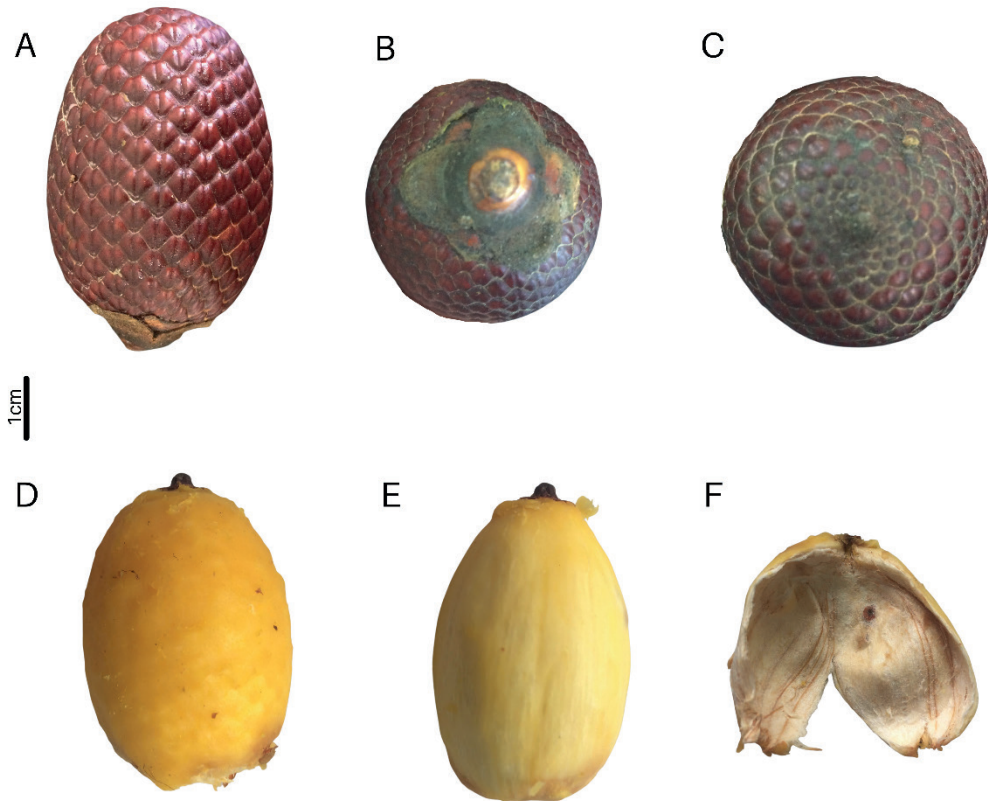


Figura 4. A- Fruto partenocárpico. (B-E) Fases do desenvolvimento do fruto de *Mauritia flexuosa*. B- Fase 1. C- Fase 2. D- Fase 3. E- Fase 4.

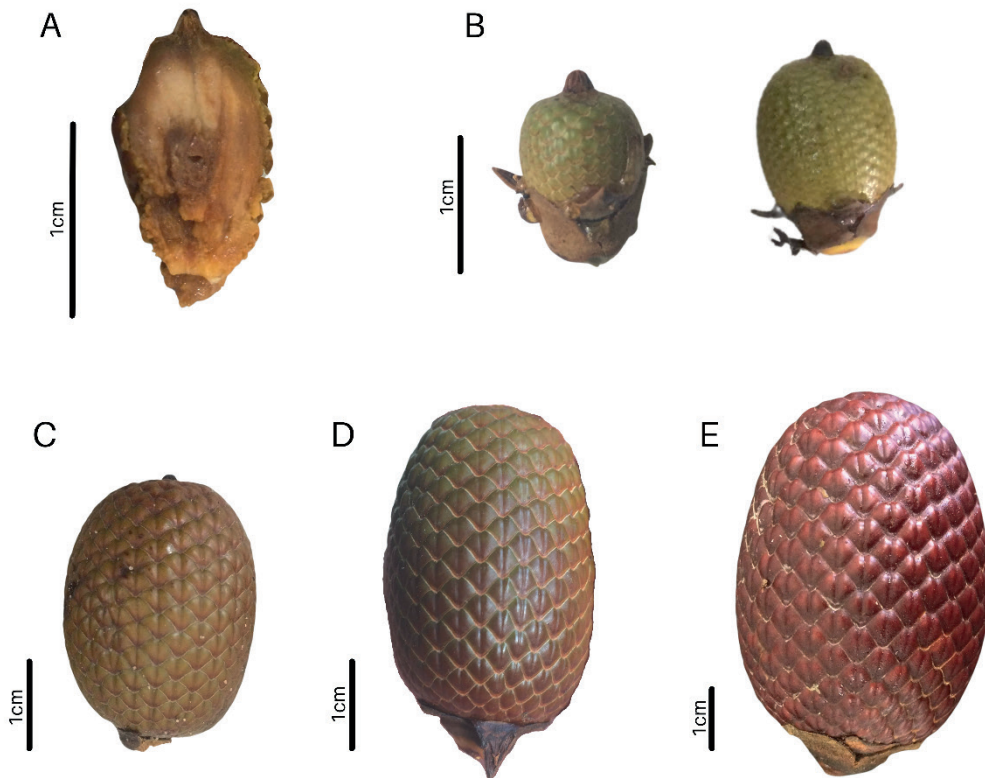
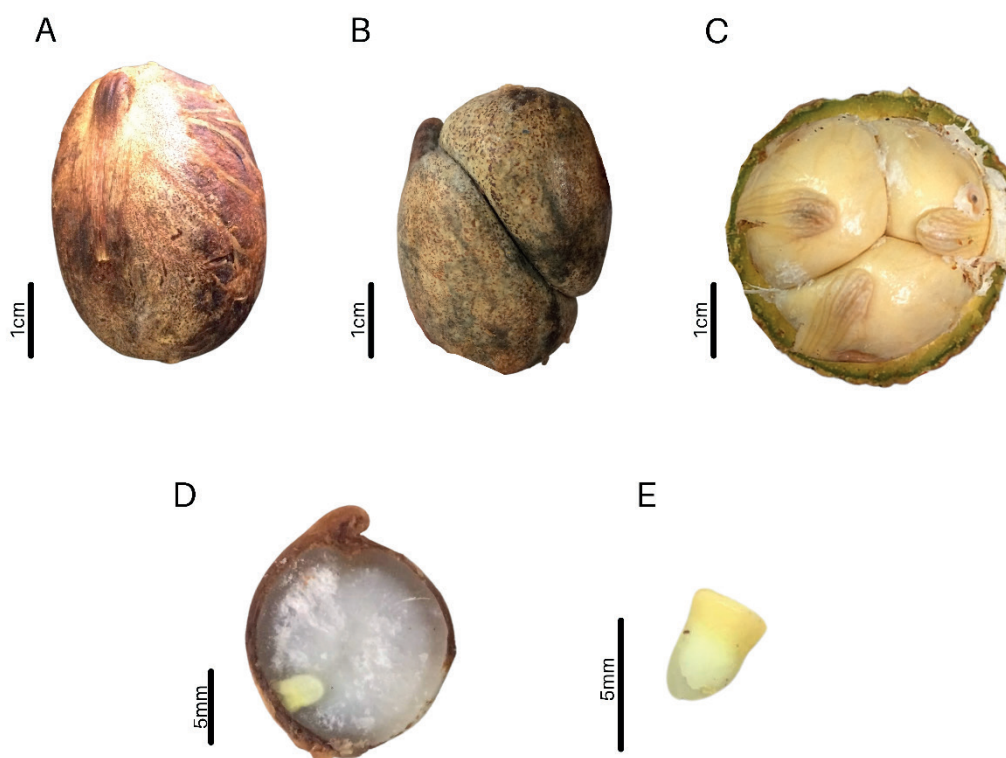


Figura 5. (A-D) Semente uni/di/tri espérmica de *Mauritia flexuosa*. E- Embrião.



■ CONCLUSÃO

As medidas biométricas do pericarpo e semente das palmeiras vem sendo usadas para contribuir de forma significativa aos estudos de sistemática de Arecaeae.

O presente estudo permitiu a caracterização da morfologia e desenvolvimento do fruto de *Mauritia flexuosa* L. F. contribuindo para a taxonomia de Arecaeae: Calamoideae e, acrescidos de outros estudos ecofisiológicos, são essenciais para o manejo e conservação da espécie.

■ REFERÊNCIAS

1. Almeida, S. P; Proença, C. E. B; Sano, S. M; Ribeiro, J.F. *Cerrado: espécies vegetais úteis*. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, xii+46-4p, 1998.
2. Araújo, M. G. P. *Morfo-anatomia e desenvolvimento dos frutos e sementes de três espécies da subfamília Arecoideae (Arecaceae)*. Tese de Doutorado, convênio Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e Universidade Federal do Amazonas, 2005. 234p.
3. Araújo, M. G. P.; Mendonça, M. S.; Oliveira, A. B. 2012. Morfologia do pericarpo e da semente de *Leopoldiniapulchra* Mart. (Arecaceae, Arecoideae), em diferentes fases do desenvolvimento. In: Marcon, J. L.; Menin, M.; Araújo, M.G.P.; Herbek, T. (orgs.) *Biodiversidade Amazônica: caracterização, ecologia e conservação*, Manaus: Edua. 2012. P. 89-109.

4. Barbosa, R.I; Lima, A.D; Junior, M.M. *Biometria de frutos do buriti (Mauritia flexuosa L., F-Arecaceae): Produção de polpa e óleo em uma área de savana em Roraima, Amazônia: Ci. & Desenvolvimento, Belém, v.5, n. 10, 2010.*
5. Barlow, J., E. Berenguer, R. Carmenta, and F. Franco. 2019. Clarifying Amazonia's burning crisis. *Global Change Biology* 26: 319–321.
6. Callegari-Jacques, S. M. *Bioestatística. Princípios e aplicações*. Porto Alegre: Artmed, 2003, 255p.
7. Cosiaux, A., L. M. Gardiner, F. W. Stauffer, S. Bachman, B. Sonke, W. J. Baker, and T. L. P. Couvreur. 2018. Low extinction risk for an important plant resource: Conservation assessments of continental African palms (Arecaceae/Palmae). *Biological Conservation* 221: 323–333.
8. Delgado, C., Couturier, G., & Mejia, K. *Mauritia flexuosa (Arecaceae: Calamoideae), an Amazonian palm with cultivation purposes in Peru*. *Fruits*, 62(3), 157-169, doi:10.1051, 2007.
9. Dransfield, J.; Uhl, N. W.; Asmussem, C. B.; Baker, W. J.; Harley, M. M.; Lewis, C. E. *Genera Palmarum. The evolution and classification of palms*. Kew: Royal Botanic Garden, 2008, 731p.
10. Essig, F. B., Manka, T. J., Bussard, L. *A systematic histological study of palms fruits. III. Subtribe Iguaruninae (Arecaceae)*. *Brittonia* 53, n.3p.307-325, 1999.
11. França, L.F; REBER, G; Meirelles, M.A.A; Machado O, M.T; Brunner, G. *Supercritical extraction of carotenoids and lipids from buriti (Mauritia flexuosa), a fruit from the Amazon region*. *Journal of Supercritical Fluids*, Madson, 14 (247–256), 1999.
12. Henderson, A. *The palms of the Amazon*. New York: Oxford University Press, 1995, 362p.
13. Henderson, A.; Galeano, G.; Bernal, R. *Field guide to the palms of the Americas*. New York: Oxford University Press, 1995, 417p.
14. Jiménez, Maria Fernanda Torres; Prata, Eduardo M. B.; Zizka, Alexander; Cohn-Haft, Mario; de Oliveira, Ayslaner V. G.; Emilio, Thaise; Chazot, Nicolas; Couvreur, Thomas L. P.; Kamga, Suzanne Mogue; Sonke, Bonaventure; Cano, Angela and Collevatti, Rosane G. ; Kuhnhusser, Benedikt G. ; Baker, William J. ; Antonelli, Alexandre; Bacon, Christine D. *Phylogenomics of the Palm Tribe Lepidocaryeae (Calamoideae: Arecaceae) and Description of a New Species of Mauritiella*. *Systematic Botany*, n. 3. doi:10.1600/036364421X16312067913543. 2021.
15. Johansen, D.A. *Plant microtechnique*. New York: McGraw-Hill, 1940. 523p.
16. Kan, F; De Granville, J. *Palms in forest ecosystem of Amazonia*. Berlin, Springer Verlag, 1992.
17. Kraus, J. E.; Arduin, M. *Manual básico de métodos em morfologia vegetal*. Rio de Janeiro: EDUR, 1997. 198p.
18. Matos, F.S; Nunes, Y.R.F; Silva, M.A.P; Oliveira, I.S. *Variação biométrica de diásporos de buriti (Mauritia flexuosa L.f. – Arecaceae) em veredas em diferentes estágios de conservação*. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 24, n. 4, out.-dez., 2014, p. 833-842.
19. Melo G. A. M. *Desenvolvimento e morfologia dos frutos de Atallea microcarpa Mart. (Arecaceae-Arecoide)*. Dissertação. PPG-Diversidade Biológica – ICB-UFAM. Manaus: UFAM. 2012.

20. Melo, G. A. M.; Araújo, M. G. P.; Stauffer, F. Fruit development a histochemistry of *Attalea microcarpa* Mart. (Arecaceae-Arecoideae). *Flora* 51178, on line, <http://dx.doi.org/10.1016/j.flora.2017.08.004>. 2017.
21. Melo Warita A., Vieira Lucas D., Novaes Evandro, Bacon Christine D., Collevatti Rosane G. Melo Warita A., Vieira Lucas D., Novaes Evandro, Bacon Christine D., Collevatti Rosane G.. Selective Sweeps Lead to Evolutionary Success in an Amazonian Hyperdominant Palm. *Frontiers in Genetics*. V.11. 10.3389/fgene.2020.596662, 2020.
22. Miranda, I.P.A.;Rabelo, A. *Guia de identificação das palmeiras de Porto Trombetas/PA*.Manaus, EDUA: INPA , 2008.O'Brien TP, Feder N, McCully ME. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O.*Protoplasma*59: 368–373, 1964.
23. Pessoni, L.A; Silva, I.G; Nascimento Filho, H.R; Melo, M.A.S.*Potencial produtivo do buriti (Mauritia flexuosa L.) em ambiente de savana*. Roraima. In: Congresso Nacional de Botânica Recife 2002, Anais...Recife, 2002, 253p.
24. Storti, E.*Biologia floral de Mauritia flexuosa L.f, na região de Manaus, AM, Brasil*. *Acta Amazônica*, 23(4) 371-381, 1993.
25. Uhl, N.W; Dansfield, J. *GenerumPalmarum, A classification of Palms based on the work of Harold E. Moore-Jr*.Lawrenc, Kansas: Allen Press, 1987, 610p.
26. Yuyama, L.K.O.; Yonekura, L; Aguiar, J.P.L; Sousa, R.F.S;*Biodisponibilidade dos carotenóides do buriti (Mauritia flexuosa L.) em ratos*.Manaus, v. 28, n. 4, *Acta Amazônica*, 1998, 409-415p.

Prospecção de caracteres informativos em *Eugenia* L. (myrtaceae) por Análise de Componentes Principais (PCA) e Análise Hierárquica de Cluster (HCA)

| **Maria Anália Duarte de Souza**
UFAM

| **Veridiana Vizoni Scudeller**
UFAM

| **Maria Sílvia de Mendonça**
UFAM

RESUMO

A prospecção de caracteres morfológicos e anatômicos de 26 espécies de *Eugenia* (Myrtaceae) foi realizada, utilizando Análise de Componentes Principais (PCA) e Análise Hierárquica de Cluster (HCA), a fim de elencar caracteres úteis no agrupamento de espécies relacionadas. As espécies estão incluídas nas seções *Eugenia* (três), *Racemosae* (cinco) e *Umbellatae* (18). Os caracteres morfológicos mostraram-se mais informativos, suportando as Seções *Eugenia* e *Racemosae* e os grupos informais da Seção *Umbellatae* (Complexos Feijoi e Ramiflora), seguido dos dados morfológicos e anatômicos combinados. Os caracteres do feixe vascular (pecíolo e lâmina) mostraram-se mais informativos no agrupamento de espécies e seções. A PCA mostrou a grande influência dos tricomas na divisão de espécies, independentemente de suas relações sendo que apenas a combinação de caracteres segregou as seções e subgrupos. A HCA definiu melhor os complexos Feijoi e Ramiflora (*Umbellatae*), e mostrou as espécies das seções *Racemosae* e *Eugenia* dispersas. Os métodos utilizados mostraram-se úteis na seleção de caracteres que robustecem grupos e segregam táxons morfológicamente similares. Também corroboraram estudos sobre Myrtaceae, em que a segregação de grupos genéricos ou específicos só é possível pela combinação de dados morfológicos e anatômicos.

Palavras-chave: *Eugenia*, Análise de Componentes Principais, Análise Hierárquica de Clusters, Grupos Supraespecíficos.

■ INTRODUÇÃO

Caracteres morfológicos e anatômicos têm sido investigados intensivamente na sistemática na busca de sinapomorfias que ordenem e circunscrevam táxons e grupos relacionados numa perspectiva filogenética. A maioria dos estudos aponta caracteres que mostram a estabilidade de certos grupos e sua importância na diferenciação de táxons. Entretanto, são pouco testados quanto à determinação genética e confrontados com dados moleculares, caracterizando-se pela natureza exploratória.

Estudos exploratórios são fundamentais para definir parâmetros consistentes de separação, ao mesmo tempo sejam práticos e simples de serem observados e testados. Várias ferramentas podem ser usadas, como a Análise de Componentes Principais (PCA) e Análise de Cluster (HCA). A aplicação de PCA sobre diferentes informações biológicas possibilita a identificação das principais tendências em dados, relacionando variáveis e entidades entre si de acordo com as componentes principais calculadas por grupo de dados. Uma das vantagens é o poder redimensionador do método, que possibilita a visualização das tendências em vários modos e permite a escolha de robustez necessária para o uso em classificações.

A família Myrtaceae contem de 3.000 a 5.000 espécies em 140 gêneros (Lughadha e Snow, 2000; Wilson *et al.*, 2001). No Brasil ocorrem 29 gêneros e ca. mil espécies, sendo 782 endêmicas. *Eugenia* é o maior, com 407 espécies (Flora do Brasil 2020). Myrtaceae apresenta caracteres morfológicos de fácil observação, mas a alta homogeneidade dificulta a circunscrição de grupos infrafamiliares e infragenéricos. Os caracteres anatômicos apresentam alta plasticidade que podem refletir alterações às vezes significativas, ocorrendo morfotipos difíceis de serem reconhecidos. Além disso, a ocorrência de caracteres crípticos dificulta a identificação das espécies, dos limites entre gêneros e grupos, a descrição de novos táxons e o posicionamento de táxons em níveis supraespecíficos (Landrum e Kawasaki 1997).

O gênero *Eugenia* só recentemente foi arrumado filogeneticamente, trazendo muitas alterações taxonômicas. Mazine (2006) e Mazine *et al.* (2014) foram os primeiros a analisar e discutir os grupos informais (MacVaugh 1968) e formais do gênero (Berg 1856) pelo método cladístico, cujo resultado reestruturou as seções do mesmo. Esses autores propuseram oito seções ou clados, que em parte corroboraram as seções de Berg (1856), e definiram caracteres morfológicos considerados sinapomórficos ou segregativos para os clados estabelecidos.

Segundo Cardoso *et al.* (2009), dados da anatomia foliar de Myrtaceae favorecem a resolução infrafamiliar mas precisam ser melhor analisados. Alguns estudos se destacam pela análise taxonômica ou filogenética da anatomia (Gomes *et al.* 2009, Cardoso *et al.* 2009, Oliveira *et al.* 2011, Bezerra 2013), pela busca de caracteres identificadores (Fontenelle *et al.*, 1994; Callado, 1997; Jorge *et al.*, 2000; Donato & Morretes, 2005, 2006, 2009; Cardoso e

Sajo, 2004, 2006 e Alvarez e Silva, 2012), mas envolvendo poucas espécies e geralmente sem referências à implicações filogenéticas.

Análises multivariadas para testar a estabilidade e robustez de caracteres no agrupamento de espécies foram realizados por Tantawi (2004) com dados morfoanatômicos para espécies do Velho e Novo Mundo, Oliveira (2011) com anatomia foliar para *Campomanesia* e Maldonado *et al.* (2012), com dados morfológicos para *Psidium*. Dados químicos foram usados por Souza *et al.* (2011), Azevedo *et al.* (2014) e Justo *et al.* (2014) para *Calyptranthes*, *Myrcia* e *Eugenia* usando a PCA, que se mostrou eficaz no agrupamento de táxons relacionados.

Para gêneros da Tribo Myrteae prospecções moleculares combinaram caracteres morfológicos e anatômicos (com ênfase em reprodutivos), propostos como sinapomorfias (Lucas *et al.* 2007, 2011; Mazine 2006, Mazine *et al.* 2014). Outros dados têm suportado táxons supra e infragenéricos, mesmo não resolvendo bem os relacionamentos internos (Wilson *et al.* 2001, 2005; Lucas *et al.* 2005; van der Merwe *et al.* 2005), ou evidenciado o estado evolutivo dos caracteres dentro da família sem, relacionar os caracteres aos grupos específicos estudados (Gomes *et al.* 2009).

Assim, avaliou-se aqui a influência de caracteres morfológicos e anatômicos no agrupamento de 26 espécies de *Eugenia* contidas nas seções *Eugenia*, *Umbellatae* e *Racemosae*, usando a Análise de Componentes Principais – PCA e a Análise Hierárquica de Cluster – HCA, a fim de testar a robustez dos grupos estabelecidos no gênero e sugerir caracteres que possam ser usados no reconhecimento dos mesmos e evidenciem as relações entre elas.

■ MÉTODO

As espécies ocorrem na Reserva Florestal Adolpho Ducke (RFAD), Amazônia Central (Figura 1). Na Tabela 1 estão listadas as 26 espécies estudadas e os caracteres morfológicos que segregam os grupos taxonômicos segundo McVaugh (1968), Holst (2002), Mazine (2006) e Mazine *et al.* (2014). Os dados morfológicos e anatômicos testados foram obtidos por Souza (2015). A terminologia utilizada para descrever os caracteres seguiu Wilkinson (1979), Barthlott (1981), Stace (1981), Cardoso e Sajo (2004) e Gomes *et al.* (2009). As siglas nos gráficos e figuras correspondem às espécies da Tabela 1.

Figura 1. Mapa da Reserva Florestal Adolpho Ducke - RFAD (S 02°53' e W 59°58').



Fonte: INPE (2010); mapa do Brasil: www.google.com.br.

Utilizou-se na definição dos grupos filogenéticos as seções de Mazine (2006; 2014), onde as espécies são incluídas, embora trabalhos atuais estejam reestruturando o gênero (Flora do Brasil 2020). A razão é a indisponibilidade de dados filogenéticos para a maioria das espécies tratadas, sendo melhor incluídas nas seções segundo esses autores. Foram identificadas três seções: Seção *Umbellatae* (flores fasciculadas e pediceladas, aglomeradas sésseis ou subsésseis ou em racemos irregulares); Sç. *Racemosae* (inflorescências exclusivamente racemiformes) e; Sç. *Eugenia* (flores solitárias, em pares ou pequenos racemos seguidos de ramos vegetativos apicais).

A fim de facilitar a comparação entre as espécies e com as demais seções, a Sç. *Umbellatae* foi subdividida informalmente em quatro subgrupos (Tab. 1) definidos por caracteres morfológicos: Complexo Feijoi (Holst 2002): botões pilosos, sépalas cobrindo a corola em pré-antese; Complexo Ramiflora (aqui proposto): botões pilosos, sépalas não cobrindo a corola; *Umbellatae* Grupo 1: flores (sub)sésseis, frutos globosos; *Umbellatae* Grupo 2: flores pediceladas: Subgrupo A, nervura central (NC) côncava; Subgrupo B, NC biconvexa; Subgrupo C, NC impressa ou côncava.

Foram examinadas características morfológicas e anatômicas como tamanho e forma da lâmina e pecíolo, aspectos da superfície adaxial e abaxial (tricomas, glândulas, textura), forma da porção adaxial do pecíolo e nervura central e o padrão de venação. Dos órgãos reprodutivos foram descritos e medidos a inflorescência, flores, frutos e acessórios (brácteas, bractéolas, tricomas) e sementes. Dos aspectos anatômicos foi observado o padrão dos feixes vasculares do pecíolo nos níveis basal, mediano e apical, da nervura central da lâmina na região mediana e a estrutura do mesofilo no meio e na margem nesta região, e os aspectos da epiderme.

Os dados morfológicos e anatômicos foram obtidos por Souza (2015, <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/12831>), compiladas no programa CSIRO Delta versão 1.04, que gerou uma planilha com dados codificados numericamente. Foram exportados ao programa Excell da Microsoft, aos quais foram aplicados testes de autoescalamento, onde as

variáveis (caracteres) receberam peso 1. Nos testes exploratórios realizados, os valores autoescalados pelo máximo apresentaram a melhor correlação pelo método de Pearson, sendo então o escolhido para proceder às análises. Da matriz de covariância gerada foram selecionados os caracteres com valor de correlação a partir de 0,6. Dessa forma dos 112 e 113 caracteres morfológicos e anatômicos foram selecionados 21 caracteres e 30 respectivamente (Souza, 2015).

Aos dados foi aplicada a PCA, que correlaciona a variância total dos dados e os dispõem num espaço virtual definido por eixos ortogonais (os PCs – componentes principais; Carvalho 2011). Nesses planos foi possível observar a auto-organização das espécies (scores) e caracteres (“loadings”) de acordo com suas similaridades e diferenças. Esse método possibilita a formação de agrupamentos naturais, visto que procedem de uma análise exploratória não-supervisionada. Neste estudo o programa (software The unscrambler® X Version: 10.3, algoritmo NIPALS, validação do tipo “cross validation” com peso 1,00 para todos os pontos) selecionou um valor de sete PCs que corresponderam à porcentagem máxima de variância explicada das variáveis. Para todos os conjuntos de dados (morfológicos e anatômicos) foram calculados PCAs com todos os dados levantados, com ou sem pré-tratamentos estatísticos e com ou sem a aplicação de pesos.

Tabela 1. Espécies, códigos usados nas tabelas e figuras (parênteses) e caracteres morfológicos de semelhança (NC=nervura central) (*nos gráficos de PCH/HCA).

Seções	Espécies	Base de semelhança morfológica
Eugenia	<i>E. berlynensis</i> Berg. (BERL)	flores solitárias, em pares ou pequenos racemos seguidos do desenvolvimento de ramos vegetativos no ápice;
	<i>E. galbaoensis</i> Mattos (MARL)	
	<i>E. patrisii</i> Vahl (PATI)	
Racemosae	<i>E. biflora</i> (L.) DC. (BIFL)	inflorescência exclusivamente racemiforme
	<i>E. caducibracteata</i> Mazine (CABA)	
	<i>E. cupulata</i> Amshoff (CUPU)	
	<i>E. florida</i> DC. (FLOR)	
	<i>E. pallidopunctata</i> Mazine (PALL)	
<i>Umbellatae</i> : flores fasciculadas e pediceladas, ou aglomeradas sésseis ou subsésseis, ou ainda flores dispostas em racemos irregulares		
Umbellatae Complexo Feijoi	<i>E. cuspidifolia</i> DC. (CUSP)	botões pilosos, sépalas cobrindo a corola em pré-antese
	<i>E. kerianthera</i> M.A.D. Souza (KERI)	
	<i>E. feijoi</i> Berg. (FEIJ)	
	<i>Eugenia sp. D</i> (RAMO)	
Um- bellatae Compl. Ramiflora	<i>E. caducipetala</i> M.A.D. Souza & Scud. (CAPE)	botões pilosos, sépalas não cobrindo a corola
	<i>E. ferreiraeana</i> DC. (FERR)	
	<i>E. ramiflora</i> Desv. ex Ham. (RAMI)	
Umbella- tae Grupo 1	<i>E. adenocalyx</i> DC. (ADEN)	<i>Umbellatae</i> Grupo 1: flores (sub)sésseis, frutos globosos
	<i>Eugenia aff. omissa</i>	
	<i>E. magna</i> Holst (MAGN)	

Seções	Espécies	Base de semelhança morfológica	
Umbellatae Grupo 2	Subgru- po A	<i>Eugenia</i> sp. C (LISB)	Umbellatae Grupo 2: flores pediceladas Subgrupo A: nervura central (NC) côncava
		<i>E. aff. cucculata</i> Amshoff (CUCC)	
		<i>E. tafelbergica</i> (sp.A/TALF*)	
	Subgru- po B	<i>E. stictopetala</i> (STIC)	Umbellatae Grupo 2: Subgrupo B: NC biconvexa
		<i>E. anastomosans</i> DC. (ANAS)	
		<i>E. illepida</i> McVaugh (ILLE)	
	Subgru- po C	<i>E. protenta</i> McVaugh (PROT)	Umbellatae Grupo 2: Subgrupo C: NC impressa ou côncava.
		<i>E. pseudopsidium</i> Jack. (PSEU)	
		<i>E. puniceifolia</i> DC. (PUNI)	

Para gerar o dendrograma, foi aplicada a HCA (método: Wards), calculada com a distância euclidiana. A HCA produz um dendrograma onde é possível visualizar as distâncias euclidianas das espécies/grupos calculadas entre si, neste caso refletindo o agrupamento natural de espécies relacionadas. Espécies próximas são mais similares entre si e na HCA é mostrada numa escala de 0 (espécies idênticas ou relacionadas) a 1 (nenhuma similaridade).

■ RESULTADOS

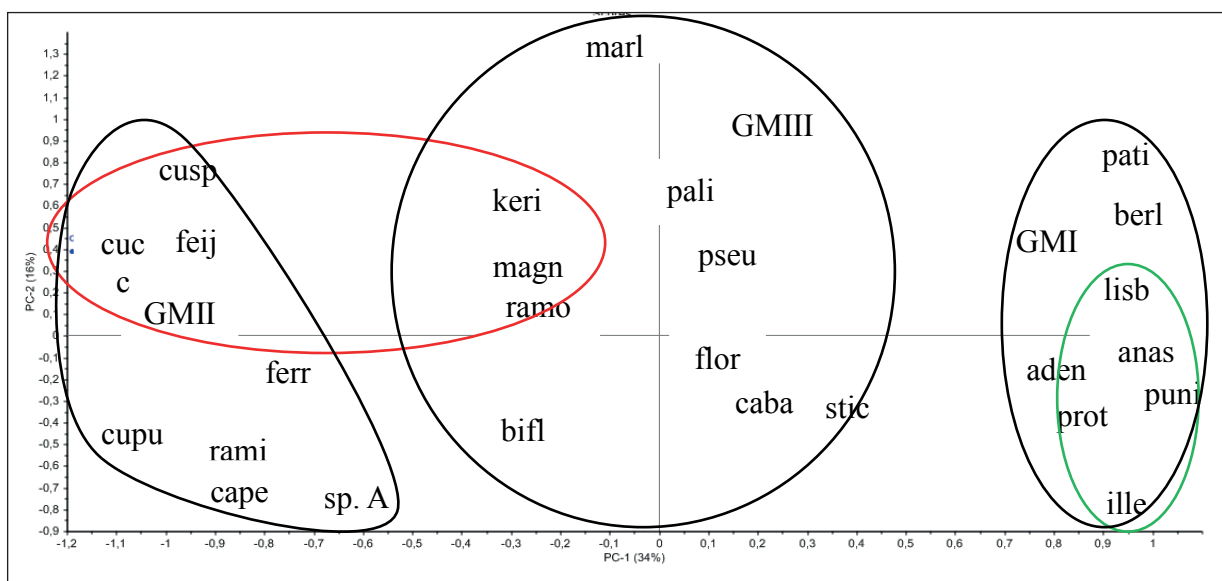
Dados morfológicos – As componentes principais da PCA1 e PCA2 explicaram 50% da variância total dos dados morfológicos, e o gráfico de escores permite a identificação de tendências quanto ao agrupamento de espécie (Figura 2). O gráfico evidenciou a separação das espécies com partes reprodutivas pilosas (à esquerda) das espécies glabras ou glabrescentes (à direita) na PC1 (34%). Também evidenciou a formação de três grupos morfológicos distintos (GM) bastante relacionados às seções que representam: no grupo GM I prevalecem espécies com inflorescências fasciculadas da seção *Umbellatae*, no GM II inflorescências racemiformes ou mistas de *Racemosae* e no GM III flores fasciculadas denso-pilosas, frequentemente caulifloras, também de *Umbellatae*, aproximando os complexos Feijoi e Ramiflora.

Numa segunda análise, observa-se que os conjuntos mostraram-se pouco coesos, porém as respectivas espécies concentram-se nas mesmas regiões dimensionais: da seção *Umbellatae*, o complexo Feijoi concentra-se na mesma área em PC1 (34%) e em PC2 (16%), destacando-se em dois subgrupos: *E. kerianthera* + *E. joseramosii* + *E. magna* (inflorescência racemosa e fasciculada no mesmo ramo) e *E. cuspidifolia* + *E. feijoi* + *E. aff. cucculata* (essencialmente fasciculadas), evidenciando o peso dos tipos de inflorescência (Figura 2, linha vermelha). As demais espécies da seção *Umbellatae* (GM I) formaram um grupo coeso em PC1, onde se destacam *E. anastomosans* + *E. illepida* + *E. lisboae* + *E. protenta* + *E. puniceifolia* com flores pediceladas (Figura 2, linha verde) das dispersas *E. adenocalyx* (*Umbellatae* com flores subsésseis) e *E. patrisii* + *E. berlynensis* (Sç. *Eugenia*). Essa proximidade mostra a artificialidade da inflorescência e a importância de outros caracteres unificadores para os GM II e GM III, uma vez que na Figura 3 há a ausência de caracteres

para GMI. Reflete também a necessidade de se incluir nos cálculos outros caracteres com alta correlação. As espécies *E. magna*, *E. stictopetala* e *E. pseudopsidium* distribuíram-se anômalas nesse gráfico.

A distribuição do complexo Ramiflora (*E. caducipetala*, *E. ferreiraeana*, *E. ramiflora*) também se mostrou sinérgica nas duas dimensões, sendo que *E. caducipetala* e *E. ramiflora* mostram maior similaridade entre si que com *E. ferreiraeana*, embora essas últimas sejam mais parecidas a ponto de haver confusão de identificação em herbário. *Eugenia cupulata* (*Racemosae*) e *E. tafelbergica* (sp. A) também se mostraram próximas a essas espécies, embora não estejam relacionadas taxonomicamente a este complexo informal. Essa última é muito similar à *E. ramiflora* e poderia ser colocada neste grupo. As espécies da seção *Racemosae* (GMIII: *E. biflora*, *E. caducibracteata*, *E. florida*, *E. pallidopunctata*) aglomeraram-se frouxamente, estando segregada *E. biflora* pela pilosidade em PC1. A seção *Eugenia* (GMI) mostrou-se dispersa, embora apareçam juntas *E. berlynensis* e *E. patrisii*. Ambas são mais semelhantes entre si que com *E. galbaoensis*. Na Tabela 2 estão expostos os caracteres peculiares às seções filogenéticas e aos grupos informais delimitados morfológicamente pela PCA.

Figura 2. Mapa de escores da PCA, mostrando a distribuição das espécies de *Eugenia* por dados morfológicos (sp. A = *E. tafelbergica*).

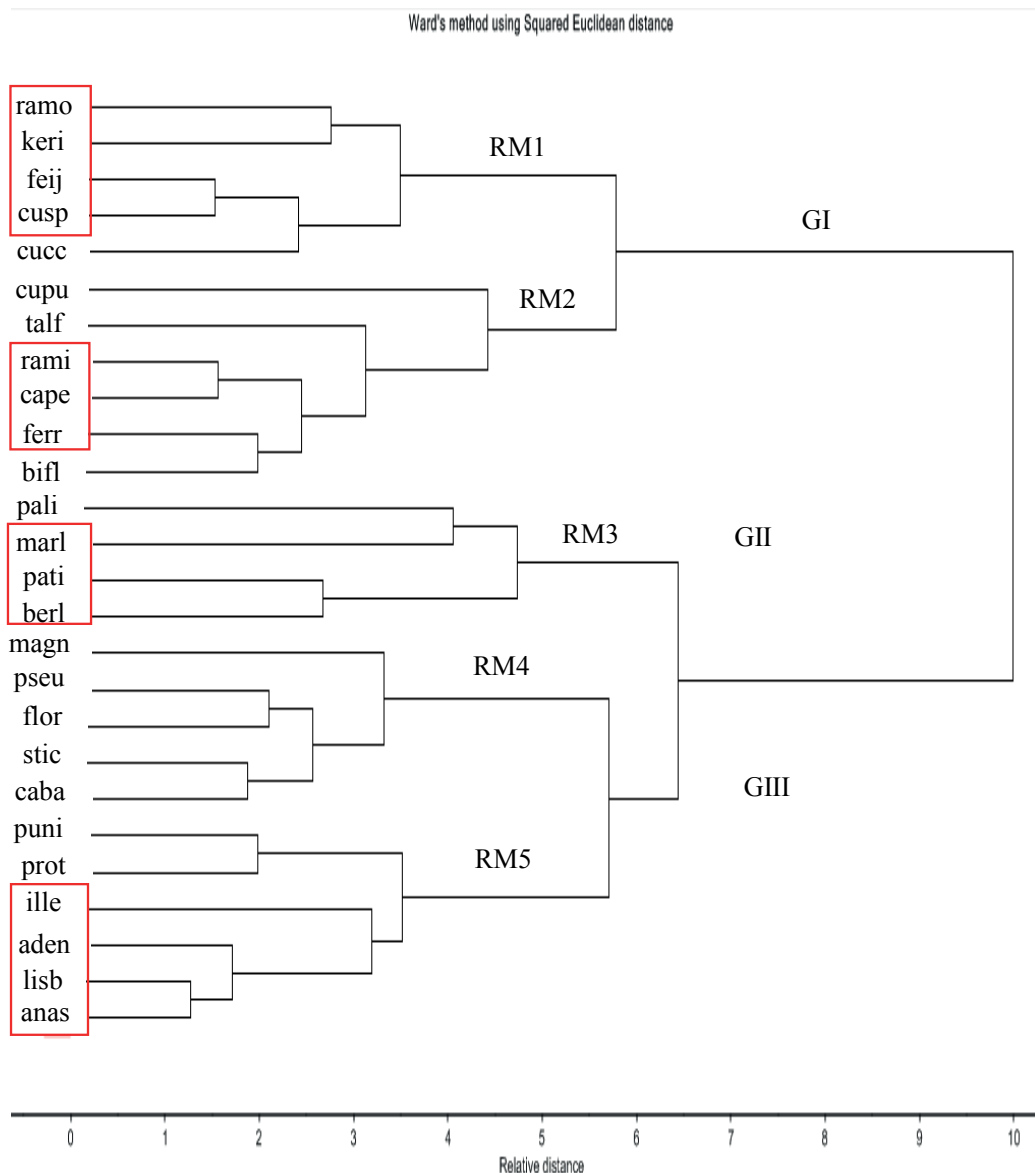


Os agrupamentos formados foram parcialmente confirmados no dendrograma na HCA (Figura 3). Dois ramos constituem o grupo GI, o RM1 e o RM2), um forma o grupo GII, o ramo RM3 e dois o grupo GIII, ramos RM4 e RM5. O complexo Feijoi + *E. aff. cucculata* mostra os pares *E. joseamosii* + *E. kerianthera* com anteras multilocelares e *E. feijoi* + *E. cuspidifolia* com anteras rimosas aproximados entre si no ramo RM1. O complexo Ramiflora, incluso no ramo RM2, mostra uma relação próxima de *E. ramiflora* + *E. caducipetala*, confirmando maior semelhança que com *E. ferreireana*. A presença de *Eugenia cupulata* e *E. biflora* neste

ramo mostra o peso equivocado da pilosidade dos râmulos e da lâmina foliar, uma vez que pertencem à Sç. *Racemosae*.

No grupo GII, o ramo RM3 consiste da Sç. *Eugenia*, *E. patrisii* + *E. berlynensis* e *E. galbaoensis*, esta não no mesmo ramo. A proximidade de *E. patrisii* e *E. berlynensis* confirma a alta similaridade morfológica: inflorescências nunca racemiformes, glabras, pedicelos longos e delicados, flores <7 mm diâm., frutos globosos até 03 cm de diâmetro e glabros; *E. galbaoensis* possui inflorescências mistas, pubescentes, flores ≥10 mm diâm. e frutos piriformes >5 cm comprimento. A proximidade de *E. galbaoensis* (Sç. *Eugenia*) com *E. pallidopunctata* (*Racemosae*), pode ser explicada pela inflorescência racemiforme que às vezes está presente naquela. A característica principal da Sç. *Eugenia* é o desenvolvimento de ramo vegetativo no ápice da inflorescência (Mazine 2006).

Figura 3. Dendrograma por HCA baseado nos dados morfológicos. Cálculo pela distância euclidiana, método de Ward. (G = Grupo; RM = Ramo agrupando com caracteres morfológicos).



O ramo RM4 da HCA (Figura 3) expressou o agrupamento das PCAs, aproximando as espécies bastante distintas de *Umbellatae*: as anômalas *E. pseudopsidium*, *E. magna* e *E. stictopetala* e as *Racemosae* (*E. florida* + *E. caducibracteata*). Esta situação se repete em RM5, unindo as *Umbellatae* glabras.

Tabela 2. Caracteres morfológicos que influenciaram o agrupamento das espécies nos "loadings" - grupos com maior coesão e seus caracteres relevantes.

Grupos	Caracteres
Seção <i>Umbellatae</i> Compl. Feijoi	Comprimento da lâmina foliar (22*), Porção ventral do pecíolo (40) e tamanho (41), Pilosidade (48) e textura (50) da inflorescência, Textura do pedicelo (57), Proporção do hipanto em relação ao botão (63) e das sépalas em botão (74) e textura (66).
Compl. Ramiflora	Pilosidade (48) e textura (50) da inflorescência, Textura do pedicelo (57) e Textura do hipanto (66).
Seção <i>Eugenia</i>	Cor da casca externa (07), Tipo de inflorescência (42), Núm. flores/inflorescência (45), Posição da inflorescência (47), Forma das brácteas (52), Tamanho das pétalas (81) e do fruto (102).
Seção <i>Racemosae</i>	Tipo de desprendimento do ritidoma (06), Largura da folha (23), Tipo de inflorescência (42), Núm. flores/inflorescência (45), Forma da glândula do conectivo (92), Cor do fruto na maturidade (104).

*Dados detalhados em Souza (2015).

Dados anatômicos – Na PCA com dados anatômicos, a PC3 (15%) mostrou maior variância explicada que a PC2, sendo aqui analisada (Figura 4). A PCA (36%) não explicou nitidamente os agrupamentos, embora tenha aproximado as espécies da seção *Eugenia*, Sç. *Umbellatae* compl. Feijoi e *Umbellatae* subgrupo C. Dos quatro grupos formados (GAI a GAVI), apenas esses podem ser considerados para evidenciar similaridades, apresentando maior proximidade dos respectivos membros. A maioria dos membros de *Umbellatae* foi dispersada pelas PCAs, mostrando que os dados anatômicos não são informativos, bem como é a alta heterogeneidade morfológica dessa seção.

Na PCA3 (15%) foi evidenciada uma relação mais aproximada entre as espécies da seção *Eugenia* (*E. berlynensis*, *E. galbaoensis*, *E. patrisii*), mas o GAI também agrupou três espécies da seção *Racemosae* (*E. caducibracteata*, *E. biflora* e *E. pallidopunctata*) e *E. tafelbergica*, de *Umbellatae*. Da seção *Eugenia*, *E. patrisii* mostrou-se mais semelhante à *E. galbaoensis* (que à *E. berlynensis*), ao contrário do ocorrido com os dados morfológicos.

Tabela 3. Caracteres anatômicos que agruparam as espécies nos "loadings" (grupos com maior coesão). (CT= células teto; NC=nervura central; PP= parênquima paliçádico).

Grupos	Caracteres
Seção <i>Eugenia</i>	Forma das CT em vista frontal (64*), Parede anticlinal das CT (65), Tipos de estômatos (34), Núm. de camadas do PP (41), Tipo de colênquima na NC (82) e presença de cristais (79), Padrão de sinuosidade da parede anticlinal na AB (20), Esclereídes na NC (81).
Seção <i>Umbellatae</i> Compl. Feijoi	Tipo de estômatos (34), Camadas do PP (41) e espaço no mesofilo (44), Tipo de colênquima na NC (83), Esclereídes no mesofilo (57).
Subgrupo C	Forma das CT em vista frontal (64), Padrão da parede anticlinal das CT(65).

*Dados detalhados em Souza (2015).

O grupo GAIII agregou o complexo Feijoi com um grupo heterogêneo de espécies *Umbellatae* (*E. adenocalyx*, *E. magna*, *E. lisboae* e *E. stictopetala*) em ambas as dimensões. As *Racemosae* mostraram leve tendência segregativa na PC1, com *E. florida* distante.

Com os dados anatômicos os membros das Sç. *Eugenia*, *Racemosae* e *Umbellatae* (Ramiflora e Subgrupo C) ficaram separados, refletindo o baixo valor informativo dos caracteres anatômicos. Os membros de *Racemosae* foram agrupados em todas as PCAs rodadas com um número muito grande de caracteres, refletindo alta homogeneidade morfoanatômica e baixa resolução para esta seção. Morfologicamente e filogeneticamente essa seção é bem definida pela inflorescência racemiforme. Outros caracteres, por esse método, devem estar causando a segregação. Nas Tabelas 3 e 4 são listados os caracteres com maior peso no agrupamento das espécies pela PCA e segundo Souza (2015). O HCA calculado com o conjunto de caracteres selecionados resultou num dendrograma com agrupamentos incongruentes com os escores de PCA, enfatizando a baixa resolução fornecida pelos dados anatômicos (Figura 5).

Dados morfoanatômicos – Considerando os dados morfológicos e anatômicos combinados, obteve-se uma variância explicada semelhante entre PC1 (21%) + PC2 (13%) = 34% e PC1 (21%) + PC3 (11%) = 32%. Em ambas a variância explicada entre as componentes principais aproxima-se da encontrada com os dados somente anatômicos (36%). Entretanto, mesmo com essa semelhança, apenas a primeira PCA (PC1 + PC2) resultou em agrupamentos coerentes com as seções e grupos morfológicos. A segunda (PC1 + PC3) dispersou ou combinou todas as espécies aleatoriamente. Contudo, ambas as análises corroboraram o resultado obtido com os dados morfológicos sozinhos quanto à importância dos tricomas na separação de espécies (Figura 6).

Figura 4. Mapa de escores dos caracteres anatômicos segregativos das espécies de *Eugenia*.

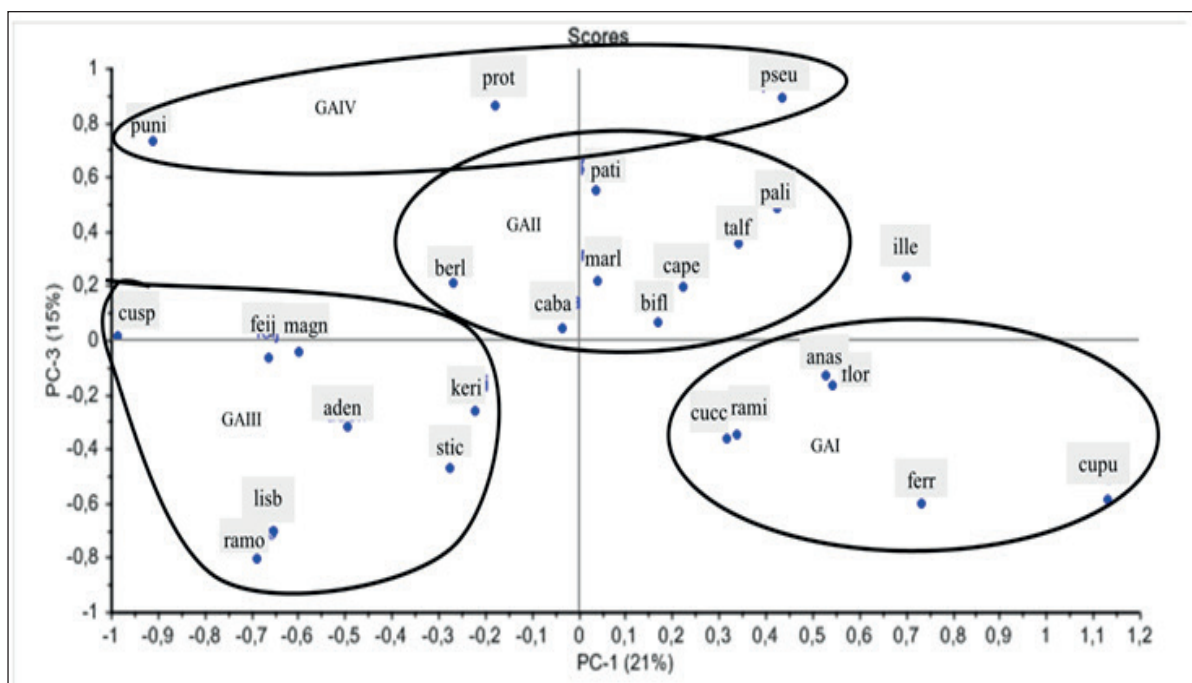


Figura 5. Dendrograma da HCA baseado nos dados anatômicos, que não gerou ramos com grupos relacionados. Cálculo de agrupamento pela distância euclidiana, método de Ward.

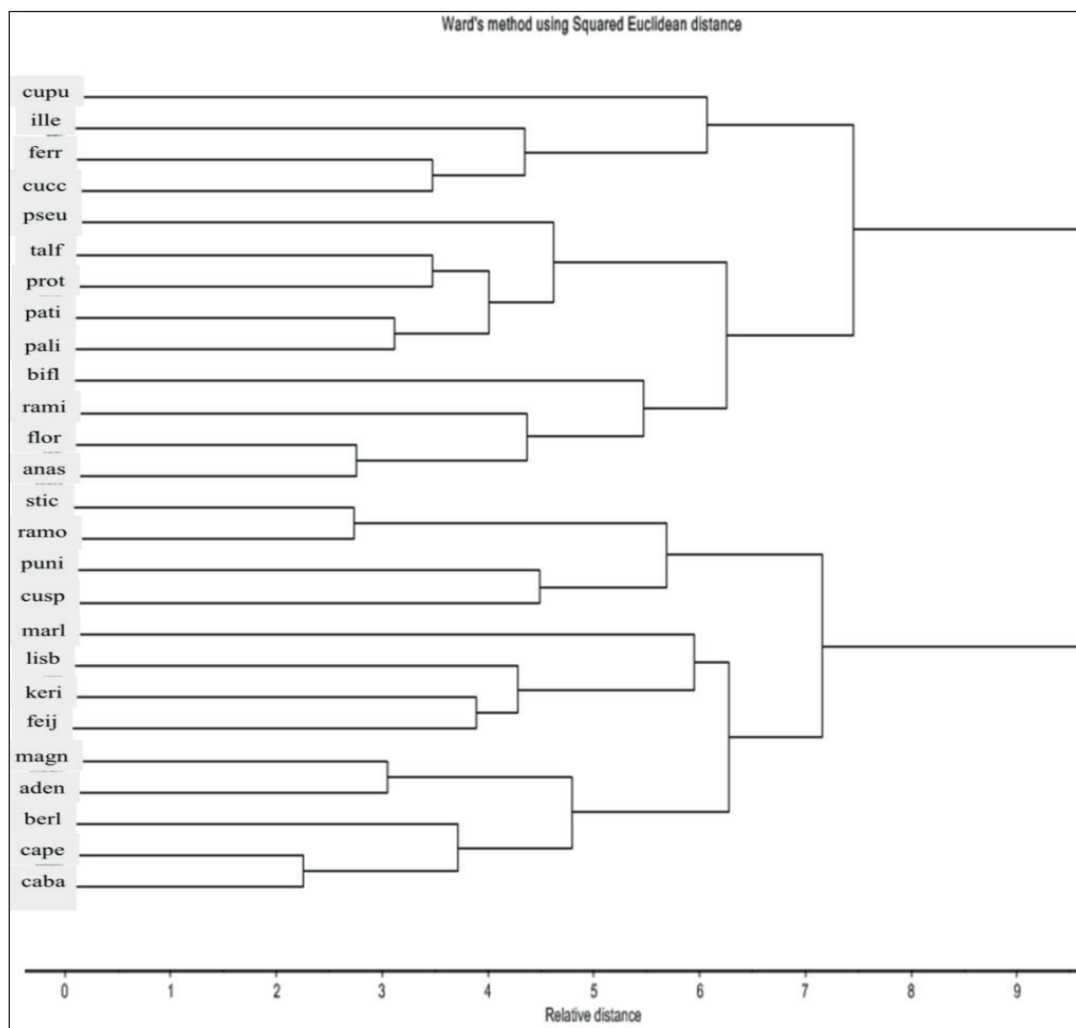
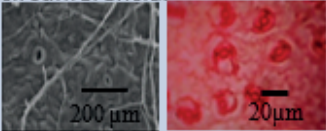
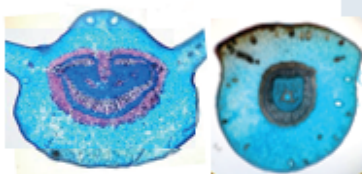
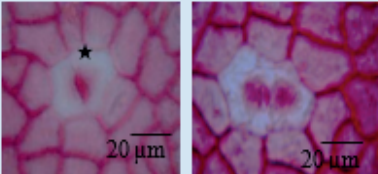
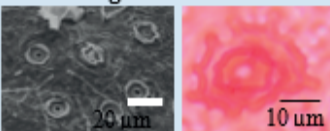


Tabela 4. Caracteres anatômicos informativos de semelhança. (AT=atenuado; bic=bicolateral; can=canaliculado; cil=cilíndrico; cic=circunferencial; cfl=confluente; CL=cilíndrico; ER=ereto; FL=fletido; AD/AB=ada/abaxial; CT=célula-teto; FV=feixe vascular) (Fonte: Souza 2015).

Grupos /Caráter e estados	Peciolo							
	Caracteres informativos de agrupamento							
<i>Eugenia</i> seção <i>Eugenia</i>	Porção adaxial	Feixe Vascular		Bandas do floema		Mesma forma do FV no peciolo Cutícula pregueada na face AB Ornamentação peristomatal em dobras NC em arco atenuado Bainha perivascular circunferencial <i>E. galbaoensis</i> 		
	Base	Ápice		Meio/Ápice				
	BERL	cil	AT		bic			
	MARL	cil	AT		bic			
	PATI	cil	AT		bic			
<i>Eugenia</i> seção <i>Racemosae</i>	Forma do Feixe Vascular			Bandas do floema			Forma do FV igual ao longo do peciolo; floema circunferencial  <i>E. cupulata</i> 400um	
	Base	Meio	Ápice	Base	Meio	Ápice		
	BIFL	AT	AT	AT	cic	cic		cic
	CABA	FL	FL	FL	cfl	cfl		cfl
	CUPU	CL	CL	CL	cic	cic		cic
	FLOR	FL	FL	FL	cic	cic		cic
	PALL	FL	FL	FL	cic	cic		cic
<i>Eugenia</i> seção <i>Umbellatae</i> <i>Complex. Feijoi</i>	Porção adaxial	Feixe Vascular		Bandas do floema		Paredes celulares anticliniais retas Estômatos anisocíticos e anomocíticos Parede interna das CT finas (*) Bainha perivascular com fibras lignificadas <i>E. adenocalyx</i> 		
	Ápice	Base/Meio		Base/Meio				
	CUSP	can	FL		cfl			
	KERI	can	FL		cfl			
	FEIJ	can	FL		cfl			
	RAMO	can	FL		cfl			
<i>Eugenia</i> seção <i>Umbellatae</i> <i>Complex. Ramiflora</i>	Porção adaxial	Feixe Vascular		Bandas do floema		CT circulares, radiais unisseriadas Ornamentação peristomatal em cristas onduladas AD do peciolo e floema iguais Cutícula AB estriada <i>E. ferreiraeana</i> 		
	Base/Meio/Ápice	Base/Meio	Ápice	Base/Meio/Ápice				
	CAPE	can	FL	FL	cfl			
	FERR	can	CL	FL	bic			
	RAMI	cil	ER	ER	cic			

O resultado obtido com a combinação dos dados PCA (Figura 6) evidenciou no mapa de escores de PC1 (21%) x PC2 (13%) a formação de quatro grupos (GCs), que correspondem a: GC I – *Umbellatae* complexo Feijoi + *E. magna*; GC II – complexo Ramiflora + *E. tafelbergica*; GC III – *Racemosae* (exceto *E. cupulata*); GC IV – grupo heterogêneo, com parte dos membros da seção *Eugenia* (*E. berlynensis* + *E. patrisii*), da *Umbellatae* Subgrupo C (*E. protenta* e *E. puniceifolia*), mais as espécies da seção *Umbellatae*, estando relacionadas *E. adenocalyx* + *E. lisboae* e *E. anastomosans* + *E. illepida*, que partilham caracteres morfoanatômicos.

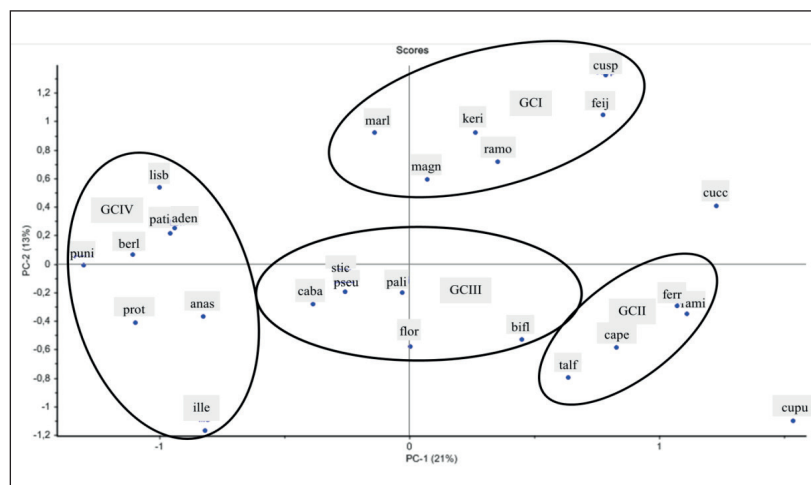
Tabela 4. (cont). Caracteres anatômicos informativos de semelhança. (* E.sp. B = *E. aff. omissa*).

Grupos /Caráter e estados	Pecíolo					
	Caracteres informativos de agrupamento					
<i>Umbellatae</i> Grupo 1	Porção adaxial	Feixe Vascular			Bandas do floema	
	Base/Meio/Ápice	Base/ Meio/ Ápice			Base/ Meio/ Ápice	
ADEN	can	FL			cic	
E.sp. B	can	FL			cic	
MAGN	can	FL			cic	
<i>Umbellatae</i> Grupo 2 Subgrupo A: NC côncava ou impressa; bainha perivascular com fibras lignificadas; CT circulares com 5-9 séries de radiais	Forma do Feixe Vascular			Bandas do floema		
	Base	Meio	Ápice	Base	Meio	Ápice
LISB	FL	AT	AT	bic	bic	bic
CUCC	CL	CL	CL	cic	cic	cic
TALF	FL	FL	ER	cfl	bic	cfl
STIC	FL	FL	FL	cic	cic	cic
<i>Umbellatae</i> Grupo 2 Subgrupo B: NC biconvexa, folhas >15 cm; cutícula estriada nas duas faces; bainha perivascular com fibras lignificadas	Forma do Feixe Vascular			Bandas do floema		
	Base	Meio	Ápice	Base	Meio	Ápice
ANAS	CL	FL	FL	cfl	cfl	cfl
ILLE	CL	FL	FL	cic	cic	cic
<i>Umbellatae</i> Grupo 2 Subgrupo C: nervura impressa; bainha perivascular com fibras celulósicas; transição PP-NC contínua; 6-9 células radiais CT	Forma do Feixe Vascular			Bandas do floema		
	Base			Base	Meio	Ápice
PROT	ER			cfl	bic	bic
PSEU	ER			cfl	cfl	cfl
PUNI	ER			cic	cic	cic

Em todas as análises de PCA e HCA foi constatado que dos subgrupos informais compostos com base em caracteres morfológicos da *Sç. Umbellatae*, apenas o Subgrupo C (*E. protenta*, *E. pseudopsidium* e *E. puniceifolia*) mostrou-se relativamente coeso nas PCAs com dados anatômicos e dados combinados. Os membros dos demais subgrupos (Subgrupo A: *E. lisboae*, *E. aff. cucculata*, *E. stictopetala*; Subgrupo B: *E. anastomosans*, *E. illepida* e o Grupo 1 (G1): *E. adenocalyx*, *E. magna*, *E. tafelbergica*) mostram-se sempre dispersadas e imiscuídas em distintos grupos, apresentando-se “anômalas”, isto é, não agrupadas, embora

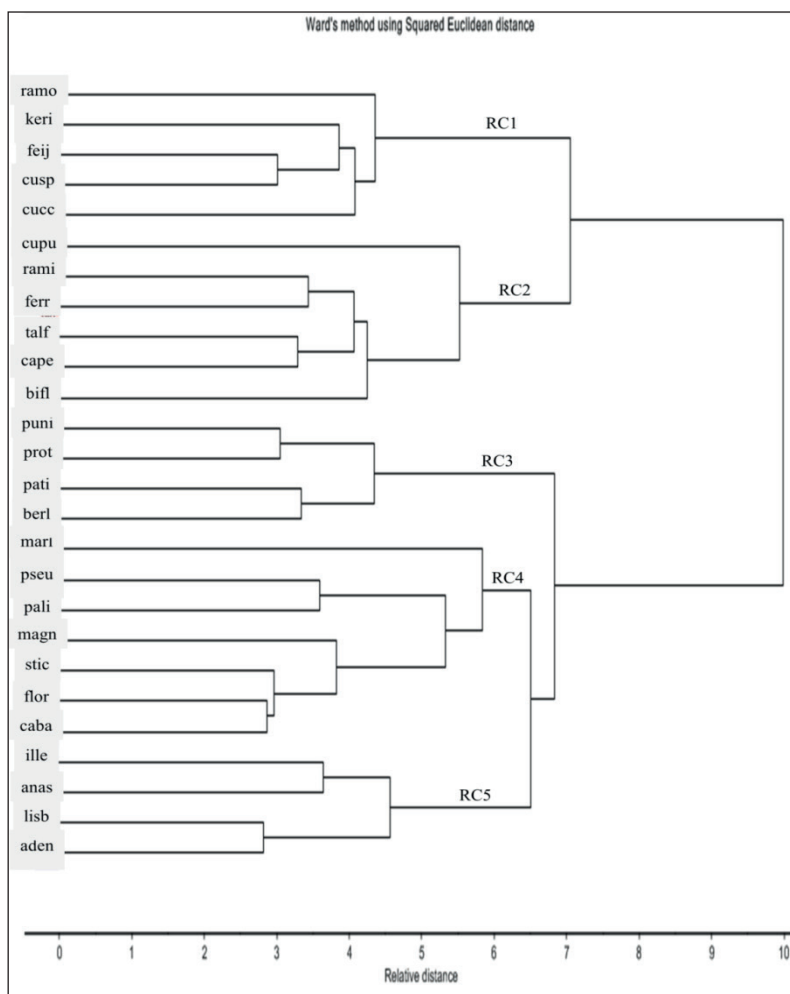
no trabalho de Souza (2015) as mesmas tenham apresentado semelhanças que suportaram o agrupamento informal proposto. Por outro lado, enquanto as anomalias de *Umbellatae* sempre aparecem dispersadas entre os grupos, *E. magna* e *E. tafelbergica* mostram afinidade morfológica com os grupos a quem sempre aparecem próximas. Esse resultado tanto enfatiza que os caracteres utilizados não são informativos simultaneamente para todas as espécies/grupos quanto refletem a alta heterogeneidade de *Umbellatae*, a qual pertencem. Isto também expõe a necessidade de estudos mais detalhados para melhor delimitar essa seção ou supõe que possa ser um grupo parafilético. Essa seção é a mais rica de Eugeniinae.

Figura 6. Mapa de escores da PCA (PC1 x PC2) com dados combinados (morfológicos e anatômicos), mostrando os caracteres que agruparam as espécies de *Eugenia*.



Em comparação com o resultado com dados morfológicos e anatômicos separados, a combinação conferiu melhor resolução aos grupos, embora com baixa variância em relação aos dados morfológicos. Entretanto, a seção *Racemosae* apresenta-se sempre “desfalcada” pela distância de *E. cupulata*. Essa característica no grupo reflete, para essa, a extrema dissimilaridade em relação às demais, com as quais compartilha a inflorescência racemiforme (Mazine 2006). É conhecido que há uma grande variação nessa espécie, onde ocorrem na mesma planta inflorescências racemosas e subfasciculadas, o que pode estar influenciando esta posição. Igualmente, a espécie *E. galbaoensis* da seção *Eugenia* distancia-se das outras duas espécies (*E. patrisii* + *E. berlynensis*), exceto nos mapas de escores da PCA com dados anatômicos. Morfologicamente o par de espécies é mais semelhante entre si que com *E. galbaoensis*.

Figura 7. Dendrograma da HCA com dados morfológicos e anatômicos combinados (RC). Cálculo de agrupamento pela distância euclidiana, método de Ward.



Em todas as PCAs as espécies *E. cupulata* e *E. tafelbergica* aparecem associadas ao complexo Ramiflora, como *E. magna* ao complexo Feijoi. *Eugenia cupulata*, como já mencionado, apresenta inflorescências racemiformes, sendo que a variedade *E. cupulata* var. *macrophylla* McVaugh com inflorescências mistas não pertence à seção *Racemosae* (Mazine 2006). Neste caso, estudos considerando mais espécies dessa seção são necessários para melhor posicionar *E. cupulata* e resolver a variedade separada por Mazine (2006). Também é necessário investigar a relação de *E. magna* com o complexo Feijoi.

A HCA gerou um dendrograma em que surgiram cinco ramos (RC1 a RC5, Figura 7). O primeiro ramo (RC1) agrupa o complexo Feijoi + *E. aff. cucculata*, repetindo a HCA com dados morfológicos. O ramo RC2 juntou o complexo Ramiflora + *E. tafelbergica* e *E. cupulata* + *E. biflora* (*Racemosae*), porém em ramos distantes. Esses dois ramos surgem da primeira ramificação e distantes; reúnem todas as espécies com partes reprodutivas pilosas ou essencialmente, confirmando a separação observada nas PCAs com dados morfológicos.

Da segunda divisão do dendrograma, com plantas essencialmente glabras, surgem três ramos: RC3, que agrupa duas espécies da seção *Eugenia* (*E. patrisii* + *E. berlynensis* e duas do Subgrupo C de *Umbellatae* (*E. protenta* + *E. puniceifolia*). O ramos RC4 agrupou espécies

dispersas da seção *Eugenia* (*E. galbaoensis*), da seção *Racemosae* (*E. pallidopunctata*) e *E. pseudopsidium*, estando mais próximas entre si as duas últimas; de *Racemosae* (*E. caducibracteata* + *E. florida*) + *E. stictopetala* e *E. magna*. Por fim, o ramo RC5 reúne as espécies anômalas (*E. anastomosans*, *E. illepida*, *E. lisboae*, *E. adenocalyx*), confirmando mais uma vez suas semelhanças morfológicas.

Esse resultado é similar ao encontrado na HCA com dados morfológicos, corroborando a divisão entre as espécies pilosas vs. glabras e a distribuição das seções e complexos de modo semelhante. Entretanto, o agrupamento das espécies nos ramos finais foram mais consistentes na HCA com dados combinados (morfológicos e anatômicos).

Em RC1, no complexo Feijoi, *E. joseramosii* é a espécie externa relacionada com as três (*E. kerianthera*, *E. cuspidifolia* e *E. feijoi*) + *E. aff. cucculata*, onde esta tem botões com sépalas abertas e como *E. joseramosii* é menos pilosas. Aquela espécie sempre ocorreu associada com esse complexo, porém não é possível por meio dos caracteres selecionados afirmar qual caracter possa relaciona-la ao grupo. Entretanto, um caracter (não selecionado) a une com *E. joseramosii* + *E. kerianthera*: a presença de anteras multiloceladas.

No ramo RC2 *E. cupulata* e *E. biflora* (*Racemosae*) formam, respectivamente, as espécies externas ao ramo que contem o complexo Ramiflora (*Umbellatae*). *Eugenia ramiflora* parece mais próxima de *E. ferreiraeana* que de *E. caducipetala*, e esta mais unida a *E. tafelbergica*. Morfológicamente esses dois pares apresentam grande semelhança, aqui refletida.

Não ocorre uma correlação forte entre as espécies no ramo RC3, sendo a melhor resolução ocorre em RM3 com dados morfológicos (Figura 2), que reúne os membros da seção *Eugenia*. No ramo RC3 o par *E. protenta* + *E. puniceifolia*, assim como em RM5, estão sempre relacionadas, como na PCA com dados anatômicos. Também são muito similares morfológicamente, exceto pela inflorescência fasciculada na primeira vs. biflora na segunda. O ramo RC4 não apresenta uma boa resolução, apenas a seção *Racemosae* mostra a dupla *E. florida* + *E. caducibracteata* associadas e *E. pallidopunctata* distante. No ramo RC5 não ocorreu nenhuma associação taxonômica, repetindo-se o resultado de RM5 e RM4 (ambas com as espécies anômalas).

■ DISCUSSÃO

A família Myrtaceae é caracterizada pelo baixo suporte interno, que se reflete na baixa resolução de árvores filogenéticas (Lucas *et al.* 2005, 2007; Biffin *et al.* 2010). Baixo suporte para separação de linhagens reflete um padrão inicial de rápida radiação, o que foi sugerido para a ordem Myrtales, e produz vulnerabilidade nas análises decorrente de mínimos erros na coleta de dados e na própria análise (Conti *et al.* 1997).

As análises de componentes principais PCA e HCA são dois métodos de análise não-supervisionada, isto é trabalham com dados não correlacionados ou independentes entre si, que abrangem a análise exploratória de dados e apresentam as informações em agrupamentos naturais, levando em conta tendências entre as amostras e permitindo a verificação do comportamento de variáveis (Carvalho 2011). Ao comparar os resultados obtidos das PCAs aplicadas aos dados morfológicos, anatômicos e combinados (morfológicos e anatômicos), foi averiguado que a resolução na distribuição dos conjuntos (seção, complexos e grupos informais) é baixa, com espécies de mesmo táxon ou agrupamento distribuindo-se aleatoriamente nos gráficos produzidos.

Wilson (2001), ao testar o agrupamento filogenético de Myrtaceae mostrou que a maioria dos caracteres morfoanatômicos é homoplástica, embora muitos tenham corroborado ou sustentado táxons, ou delimitado clados. Cardoso *et al.* (2009) enfatizaram a necessidade de combinação de caracteres seja para identificar seja para constituir grupos e, neste caso, propor sinapomorfias para grupos filogeneticamente relacionados.

Assim, é provável que os testes com caracteres melhor pesados possam resolver esse problema, pois a aplicação da PCA não fortaleceu os grupos filogeneticamente estabelecidos. Contradizendo o que se conhece na literatura, os dados morfológicos mostraram-se mais informativos na explicação de agrupamentos que os anatômicos, como os encontrados por Wilson *et al.* (2001), por exemplo. Além disso, é possível que a alta homogeneidade anatômica, determinada principalmente por fatores genéticos (Metcalf e Chalk 1979; Keating 1984) esteja causando essa expressão na HCA, embora muitos caracteres tenham corroborado os resultados encontrados pelo cálculo de PCA.

Em vários estudos dados anatômicos tem solucionado problemas de delimitação, reconhecimento ou refutação de táxons filogeneticamente estabelecidos (Reis *et al.* 2005, Hefler e Longhi-Wagner 2010, Cruz 2013, Moon *et al.* 2009, Souza 2011, Abreu *et al.* 2012). Tantawi (2004) produziu uma prospecção para espécies do Velho e Novo Mundo (Myrtoideae e Lesptopermodoideae). Utilizando o pacote estatístico SPSS (Statistical Package for the Social Science) sobre caracteres vegetativos e reprodutivos construiu vários dendrogramas, em parte congruentes apesar da grande distância entre os gêneros. Dos dendrogramas formados os que mostraram agrupamentos mais naturais foram os baseados em dados morfológicos, em dados anatômicos peciolares e com a combinação dos dois conjuntos, assemelhando-se ao resultado aqui encontrado. Os caracteres considerados homoplásticos foram relacionados com a anatomia floral, dos ramos e da lâmina foliar.

No trabalho de Souza (2015), os dados relacionados à lâmina, de fato, mostraram-se menos informativos que os do pecíolo. Mas combinados com aspectos laminares mostraram-se de alto valor na separação de espécies e gêneros, bem como no agrupamento

taxonômico. Desse modo, os resultados encontrados por Tantawi (2004) confirmam a importância dos dados morfológicos, pelos quais os grupos formados foram melhor definidos.

Oliveira *et al.* (2011), utilizando dados morfoanatômicos, conseguiram identificar os táxons relacionados morfológicamente dos complexos informais de *Campomanesia*, mesmo sem a aplicação de métodos estatísticos. Um problema foi a ausência de relacionamento de caracteres aos táxons abordados, o que poderia trazer uma melhor abordagem dos grupos. Maldonado *et al.* (2012) conseguiram separar espécies de *Psidium* em dois grupos com base em caracteres morfológicos. Porém, os caracteres selecionados na comparação entre os grupos são muito similares e não correlacionados, embora na chave e na descrição eles tenham citado caracteres aparentemente mais definidos. Outro problema apresentado foi a falta de detalhamento dos cálculos realizados. No entanto, o método permitiu confirmar sinônimos e definir gêneros, embora as espécies indeterminadas não puderam ser identificadas pela alta variabilidade em suas características.

Van der Merwe *et al.* (2005) testaram a separação entre dois grupos de *Eugenia* africanos com base em dados moleculares, corroborando estudos anteriores com dados morfoanatômicos. Entretanto, afirmaram que afora os resultados dos autores que anteriormente propuseram os dois grupos, as espécies são muito semelhantes morfológicamente, não sendo possível eleger caracteres neste *status* para caracteriza-las. Neste estudo os dados morfológicos mostraram-se relevantes nos testes feitos, confirmando a importância do uso dos mesmos, embora enfatiza-se a necessidade da aplicação de métodos com dados moleculares na determinação de caracteres sinapomórficos em classificação filogenética.

■ CONCLUSÃO

Os resultados aqui apresentados ressaltam a importância, para Myrtaceae, da combinação de caracteres na definição de grupos, bem como uma análise mais crítica dos mesmos, inclusive com o uso de pesos nos cálculos realizados.

A PCA permitiu visualizar caracteres informativos na segregação de espécies de *Eugenia*; a proximidade entre espécies anteriormente não relacionadas e a artificialidade de grupos informais sugeridos por dados morfológicos e anatômicos.

A análise de caracteres fenotípicos pode elucidar homoplasias e auxiliar na robustez de agrupamentos, mas, para Myrtaceae, parece mais interessante iniciar a definição de sinapomorfias a partir de análises com dados moleculares.

Agradecimentos e/ou financiamento

Ao Dr. Marcos Batista Machado pela ajuda no tratamento dos dados de PCA e HCA. Ao Dr. Marcos Sobral. Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, onde a primeira autora desenvolveu este projeto (doutorado). À Universidade Federal do Amazonas pelo apoio logístico; à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas e ao Conselho Nacional de Pesquisas pela concessão de bolsa.

■ REFERÊNCIAS

1. Abreu, M.C.; Silva, M.J.; Sales, M.F. 2012. Análise cladística de *Oxalis* sect. *Thamnoxys* (Oxalidaceae) baseada em dados morfológicos. *Rodriguésia*, 63(4): 755-761.
2. Azevedo, S.G.; Pereira Junior, R.C.; Aranha, E.S. P.; Silva, I.R. *et al.* 2014. Química e avaliação biológica dos óleos essenciais de *Eugenia* spp. ocorrentes na Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus, Amazonas. 37^a. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química (SBQ).
3. Berg, O.C. 1855-1856. Revisio Myrtacearum Americae. *Linnaea*, 27 (1,2,3,4): 1-472.
4. Biffin, E.; Lucas, E.J.; Craven, L.A.; Costa, I.R.; Harrington, M.G. *et al.* 2010. Evolution of exceptional richness among lineages of fleshy-fruited Myrtaceae. *Annals of Botany*, 106: 79-93.
5. Cardoso, C.M.V.; Sajo, M.G. 2004. Vascularização foliar e a identificação de espécies de *Eugenia* L. (Myrtaceae) da bacia hidrográfica do Rio Tibagi, PR. *Revista Brasileira de Botânica*, 27(1): 47-54.
6. Cardoso, C.M.V.; Sajo, M.G. 2006. Nervação foliar em espécies brasileiras de Myrtaceae Adans. *Acta Botanica Brasilica*, 20(3): 657-669.
7. Cardoso, C.M.V.; Proença, A.B.S.L.; Sajo, M.G. 2009. Foliar anatomy of the subfamily Myrtoideae (Myrtaceae). *Australian Journal of Botany*, 57: 148-161.
8. Carvalho, V.A.P. 2011. Caracterização química por cromatografia líquida e análise quimiométrica de espécies vegetais de *Bauhinia* com aplicação em controle de qualidade de amostras comerciais de “pata-de-vaca”. Dissertação. Universidade Federal de São Carlos, SC. 155p.
9. Conti, E.; Litt, A.; Wilson, P.G.; Graham, S.A.; Briggs, B.G.; Johnson, L.A.S.; Sytsma, K.J. 1997. Interfamilial relationships in Myrtales: molecular phylogeny and patterns of morphological evolution. *Systematic Botany*, 22: 629-647.
10. Cruz, R.S. 2013. Caracteres morfoanatômicos e ontogenéticos foliares de *Metrodorea* A.St.-Hil. e espécies relacionadas (Rutaceae) sob uma perspectiva filogenética. Dissertação de mestrado, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 110p.
11. Donato, A.M.; Morretes, B.L. 2005. Estudo anatômico das folhas de *Psidium widgrenianum* Berg. (Myrtaceae), uma potencial espécie medicinal. *Revista Brasileira de Farmácia*, 86(2): 65-70.
12. Donato, A.M.; Morretes, B.L. 2006. Anatomia oliar de *Eugenia brasiliensis* Lam. (Myrtaceae) provenientes de áreas de restinga e da floresta. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 17: 426-443.

13. Donato, A.M.; Morretes, B.L. 2009. Anatomia foliar de *Eugenia florida* DC. (Myrtaceae). *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 19(3): 759-770.
14. Gomes, S.M.; Somavilla, N.S.D.N.; Gomes-Bezerra, K.M.; Miranda, S.C.; Carvalho, P.S.; Graciano-Ribeiro. 2009. Anatomia foliar de espécies de Myrtaceae: contribuições à taxonomia e filogenia. *Acta Botanica Brasilica*, 23(1): 223-238.
15. Hefler, S.M; Longhi-Wagner, H.M. 2010. A contribuição da anatomia foliar para a taxonomia das espécies de *Cyperus* L. subg. *Cyperus* (Cyperaceae) ocorrentes no sul do Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 24(3): 708-717.
16. Justo, E.P.S.; Felipe M.A.; Souza, A.D.L.; Cardoso-Neto, J.; Machado, M.B. 2014. Análise da composição química de cinco espécies de *Eugenia* (Myrtaceae) usando ferramentas espectrométricas e quimiométricas. 37^a. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química.
17. Keating, R.C. 1984. Leaf histology and its contribution to relationships in the Myrtales. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 71: 801-823.
18. Landrum, L.R.; Kawasaki, M.L. 1997. The genera of Myrtaceae in Brazil: an illustrated synoptic treatment and identification keys. *Brittonia*, 49: 508-536.
19. Lucas, E.J.; Belsham, S.R.; Nic Lughada, E.M.; Orlovich, D.A. 2005. Phylogenetic patterns in the fleshy-fruited Myrtaceae - preliminary molecular evidence. *Plant Systematics and Evolution* 251: 35-51.
20. Lucas, E.J.; Harris, S.A.; Mazine, F.F.; Belsham, S.R.; Nic Lughada, E.M. 2007. Suprageneric phylogenetics of Myrteae, the generically richest tribe in Myrtaceae (Myrtales). *Taxon* 56 (4): 1105-1128.
21. Lucas, E.J.; Matsumoto, K.; Harris, S.A.; Nic Lughada, E.M.; Benardini, B.; Chase, M.W. 2011. Phylogenetics, Morphology, and Evolution of the Large Genus *Myrcia* s.l. (Myrtaceae). *International Journal of Plant Sciences*, 172(7): 915-934.
22. MacVaugh, R. 1968. The Genera of American Myrtaceae: An Interim Report. *Taxon*, 17: 354-418.
23. Maldonado, G.R.; Pacheco¹, D.; Fuenmayor, J.; Sánchez-Urdaneta, A; Quirós, M. *et al.* 2012. Análisis morfológico de especies de *Psidium* (MYRTACEAE) presentes en Venezuela. *Revista da Facultad de Agronomía*, 29: 72-103.
24. Mazine, F.F. 2006. Estudos Taxonômicos em *Eugenia* L. (Myrtaceae), com ênfase em *Eugenia* sect. *Racemosae* O. Berg. Tese, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, SP. 239p.
25. Mazine, F.F.; Souza, V.C.; Sobral, M.; Forest, F.; Lucas, E. 2014. A preliminary phylogenetic analysis of *Eugenia* (Myrtaceae: Myrteae), with a focus on Neotropical species. *Kew Bulletin*, 69: 9497.
26. Metcalfe, C.R.; Chalk, L. 1979. *Anatomy of the dicotyledons. Systematic anatomy of the leaf and stem, with a brief history of the subject.* 2da. ed. v. 1. Clarendon Press, Oxford, 1979, 276p.
27. Moon, H.-K.; Hong, S.-P.; Smets, E.; Huysmans, S. 2009. Phylogenetic significance of leaf micromorphology and anatomy in the tribe Mentheae (Nepetoideae: Lamiaceae) *Botanical Journal of the Linnean Society*, 2009, 160, 211–231.

28. Oliveira, M.I.U.; Funck, L.S.; Santos, F.A.R.; Landrum, L.R.. 2011 Aplicação de caracteres morfoanatômicos foliares na taxonomia de *Campomanesia* Ruiz & Pavón (Myrtaceae). *Acta Botanica Brasilica*, 25(2): 455-465.
29. Proença, C.E.B.; Amorim, B.S.; Antonicelli, M.C. ; Bünger, M.; Burton, G.P. *et al.* 2020. *Myrtaceae in Flora do Brasil 2020*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB171>>. Acesso em: 17 fev. 2022
30. Reis, C.; Proença, S.L; Sajo, M.G. 2004. Vascularização foliar e anatomia do pecíolo de Melastomataceae do cerrado do Estado de São Paulo, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 18(4): 987-999.
31. Souza, A.C.; Castri, O.O.; Lemos, S.R.; Lima, F.T.D.; Souza, M.A.D.; Machado, M.B. 2011. Análise quimiométrica de espécies de Calyptanthes, Eugenia e Myrcia (Myrtaceae) ocorrentes na Amazônia. 34^a. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química (SBQ).
32. Tantawi, M.E. 2004. Morpho-anatomical study on certain táxons of Myrtaceae. *Asian Journal of Plant Sciences*, 3(3): 274-285.
33. Van der Merwe, M.M.; Van Wyk, A.e.; Botha, A.M. 2005. Molecular phylogenetic analysis of *Eugenia* L. (Myrtaceae), with emphasis on southern African táxons. *Plant Systematics and Evolution* 251: 21-34.
34. Wilson, P.G.; O'Brien, M.M.; Gadek, P.A.; Quinn, C.J. 2001. Myrtaceae revisited: a reassessment of infrafamilial groups. *American Journal of Botany*, 88: 2013-2025.
35. Wilson, P.G.; O'Brien, M.M.; Heslewood, M.M.; Quinn, C.J. 2005. Relationships within Myrtaceae sensu lato based on a matK phylogeny. *Plant Systematic Evolution* 251: 3-19.

Neighbour's identity of commercial tropical tree species in a tropical rainforest near Manaus, Brazil

| **Kátia Emídio da Silva**
Embrapa Amazônia Ocidental

| **Sebastião Venâncio Martins**
UFV

| **Thaís Carla Vieira Alves**
UFAM

ABSTRACT

The use of spatially explicit neighbourhood approach helps to understand the processes which structure and guide tree communities over space and time, contributing for the conservation and forest management. We investigated the neighbours of *Brosimum* spp., *Eschweilera coriacea*, *Ocotea cernua* and *Protium hebetatum*, hypothesizing that there is a taxonomic pattern around these focal species, been important information for the maintenance of the forest's structure submitted to the management actions. We used a 2-ha plot in a tropical rainforest in Brazil where all trees with diameter at breast height (DBH) \geq 10 cm were stem-mapped in 2005. First, we determined how focal species were spatially structured by using Ripley's *K* function. For the neighbourhood analysis, the nearest 20 trees around focal trees were identified to compute the mean richness, mean proportion of conspecifics, relative frequency distribution and the number of neighbour species by distance from focal trees. Our findings demonstrate that conspecific neighbours are occurring associated with focal trees, mainly at shorter distances for all focal species with possible more intra-specific interactions as a very few heterospecific neighbours were associated with focal trees. The spatial structure, more than abundance of focal species, may have contributed for the conspecific encounters, mainly for *Brosimum* spp. and *Ocotea cernua*. Rare species were found frequently associated with focal species, calling our attention for the effects of the forest management of commercial trees on community structure in order to prevent local extinctions.

Keywords: Neighbourhood Analysis, Tropical Tree Species, Central Amazonian, Terra Firme Forest.

■ INTRODUCTION

Recent decades have seen an increasing decline in species' biodiversity as a result of human interference leading to a growing concern about the future survival of ecosystems and their functioning (ILLIAN & BURSLEM, 2007; ELLWANGER *et al.*, 2020; HABIBULLAH *et al.*, 2022). Understanding the impact of biodiversity loss on ecosystems requires an understanding of the processes that structure communities and the mechanisms that sustain biodiversity (CASTILHO *et al.*, 2010L; IMA *et al.*, 2018; TROGISCH *et al.*, 2021).

Insights on biodiversity can be obtained by analysing the spatial patterns of plants in natural communities as the patterns provide information about the processes which operated in the past, which form the template on which processes will take place in the future, thus reflecting complex historical and environmental differences, climate and sunlight factors, competing vegetation, and the chance of success of different species over time depending on their individual life history characteristics (CAPRETZ *et al.*, 2012; GIMOND, 2020; MOTA *et al.*, 2020; TURNER, 2020).

Tropical forests, one of the world's most species-rich terrestrial ecosystems, are the focus of ongoing attempts to describe, interpret, measure and understand the importance of such mechanisms for community-level properties and that characterized as a fundamental question in ecology (LAW ET AL., 2009; ALVES, 2019; LIMA *et al.*, 2018; MOTA *et al.*, 2020; MOURÃO, 2021) where the locations of plants are likely to have been determined, at least in part, by the neighbourhood in which they disperse and share with other plants (ROCKWELL *et al.*, 2017; SANTOS *et al.*, 2018; TROGISCH *et al.*, 2021).

The way trees are arranged in horizontal space in a forest, that is, the pattern of spatial distribution of species, represents the result of several ecological processes that act over time. It has been recognised that coexistence is in part determined by the inter- and intra-specific interactions in a community, competition, predation, herbivory among other phenomena (SANTOS *et al.*, 2018; TROGISCH *et al.*, 2021), where processes are predominantly local and need to be modelled from the point of view of every individual, taking local growing conditions as well as local competition into account, because plants compete with their immediate neighbours for limited resources above or below ground, or for both (SANTOS *et al.*, 2018). Then, the use of the spatially explicit neighbourhood approach can help to understand the process structuring and driving the community along space and time, offering insights into the underlying competitive inter-tree interactions, mainly on a small spatial scale (FICHTNER *et al.*, 2018; SANTOS *et al.*, 2018).

Although overall densities of most species in very diverse tropical communities are low, local densities can nevertheless vary among species in response to crowding or to the identity of neighbouring species, which is likely to contribute to the maintenance of species

diversity in tropical forests (MOTA *et al.*, 2020; WIEGAND *et al.*, 2021). Also, the rarity of the majority of species in tropical forests demands the grouping of species, using some criteria that capture their potentially different effects on target species. Historically, forest modellers have chosen from one of several grouping criteria, including taxonomic affinity, ecological guilds, similar growth dynamics, among others. The knowledge about the interactions between target species and their neighbours is very important for the forest management, which helps in the maintenance of forest structure and the ecosystems function (PACHECO *et al.*, 2021; TROGISCH *et al.*, 2021; SANTOS *et al.*, 2018).

In the present study, we hypothesized that there is a taxonomic pattern in the occurrence of neighbours of four commercial tree species in the Brazilian Amazon “terra firme” tropical rainforest, characterized mainly by the occurrence of conspecific neighbour species, which are important features to help forest management in the maintenance of forest’s structure and interactions among species. To address this issue, we used the nearest neighbour analysis to investigate the identity of 20 k-nearest neighbours around each focal tree and the Ripley’s K function, to identify how species are locally spatially structured.

■ METHODS

Study area

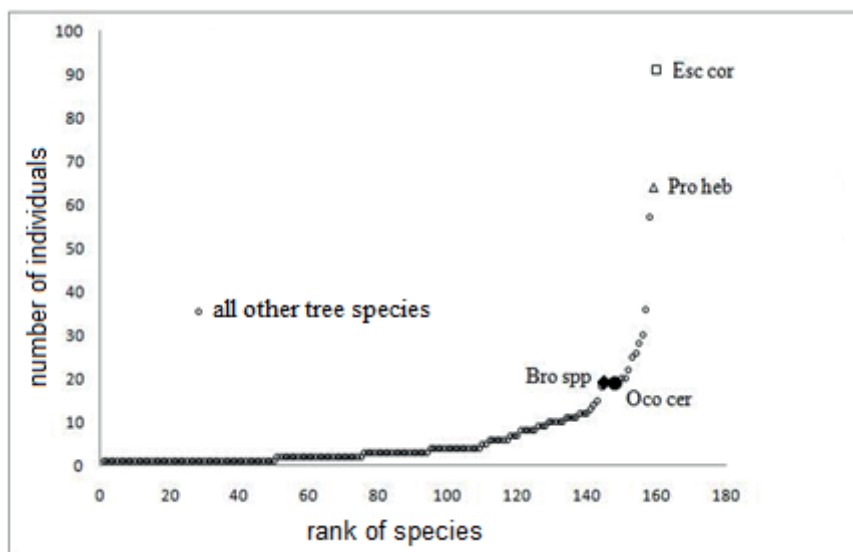
The study area is located in a Western Amazon upland (“terra firme”) dense forest, at the Embrapa Experimental site, in Manaus, state of Amazonas, Brazil, with an area of 2ha, entirely located at the top position according to the local topography, at the coordinates 60° 2.4’W and 2° 31’ 58.8” S. The climate is tropical, type “Am” (Koppen classification), with a mean annual rainfall from 1355 to 2839 mm. The mean annual temperature ranges from 25.6°C to 27.6 °C, with relative humidity from 84 to 90% (RADAM, 1978). On a broad scale, soils are fairly homogeneous throughout the stands; heavy-textured dystrophic yellow latosol predominates, covered mainly by dense forest with emergent trees (IBGE 2006). The upland areas are plateaus formed by Tertiary sediments that cover the largest portion of the Amazon sedimentary basin, shaped by landforms dissected in extensive interfluvial plateaus and hills (PUPIM, 2019). Rainforests in the area are evergreen and terra firme (not seasonally flooded), with forest canopy typically 30-40 m tall, with emergents to 55 m.

Field sampling and species information

At the 2 ha study area (100x200m), all trees with DBH \geq 10 cm were stem-mapped (x-y coordinates) in 2005 and botanically classified at species level. A total of 1,055 individuals,

classified into 163 species and 42 families were identified, with about 30 percent of species having only one (01) individual and about 68 percent from 1 to 5 individuals (Fig. 1).

Fig. 1. Number of individuals per species at the 2 ha study area, highlighting the four commercial species studied.



Source: authors.

From the list of species identified at the 2-ha plot, four commercial tree species largely used in the lumber industries in Amazonas state were selected (Lima Filho *et al.*, 2005). The species studied were: *Brosimum* spp. (Bro spp), *Eschweilera coriacea* (DC.) S.A. Mori (Esc cor), *Ocotea cernua* (Nees) Mez (Oco cer) and *Protium hebetatum* D.C. Daly (Pro heb), which, from now, are referenced as focal species and their individuals, as focal trees. The number of individuals per focal specie is: 19 for (Bro spp), 91 (Esc cor), 19 (Oco cer) and 64 (Pro heb). The focal species “Bros spp”, combined four species because, according to Lima Filho *et al.* (2005), this genus is used by lumber industries without a specific species preference. The species in this genus and its respective number of individuals are: (1) *Brosimum lactescens* (S.Moore) C.C.Berg. (1 individual); (2) *Brosimum acutifolium* Huber ssp. *Interjectum* C.C.Berg (2 individuals); (3) *Brosimum utile* (H.B.K.) Pittier ssp. *ovatifolium* (Ducke) C.C.Berg. (5 individuals) and (4) *Brosimum rubescens* Taub. (11 individuals).

The species in the genus “*Brosimum*”, Moraceae family, is generally 20 to 30 meters tall, presents high density wood and small seeds. According to studies of Lorenzi (2016) they behave like secondary species, with low growth under shade environments and faster growth in gaps.

Eschweilera coriacea (Esc cor), Lecythydaceae family, is a common canopy tree up to 37 m tall, widely distributed in the Amazon basin, with high densities (Heuertz, 2020). The pyxidium fruits are medium size and contain one to several large seeds that may attract some frugivorous animals, such as large birds and bats. Gravity plays a role in their

dispersal and vertebrate consumers, such as rodents and primates may also disperse seeds (Prance e Mori, 1978).

Ocotea cernua-lauraceae family, produces small fruits and trees occupy the midstorey and canopy position (Vásquez & González, 2018). There is little information available in literature about this species.

Protium hebetatum belongs to the Burseraceae family, which is one of the most dominant families in the Central Amazon, it is typical understory species, medium tall and has medium size fruits and seeds, with mainly endozoocoric dispersal (Silva *et al.*, 2021).

Nearest neighbour analysis

Twenty nearest neighbour trees of the four focal species were analysed with the intent of identifying and describing a compositional pattern around focal species and how conspecifics are distributed over them. The analysis was carried out using the Spatstat software system in R (BADDELEY; RUBAK; TURNER, 2020), based on the following measures at each species, separately:

(1) mean distance to each of the 20 nearest neighbours from focal trees, aiming to know the range of occurrence of the neighbours; (2) Ripley's K point pattern analyses, univariate function, with the result presented as " $L(r) - r$ " instead of K, which is a transformation of the Poisson K function to the straight line, making it easier to assess the deviation from the theoretical function; (3) the mean species richness and mean number of conspecifics, considering all 20 nearest neighbours at each focal tree; (4) the mean proportion of conspecifics, calculated over all focal trees; (5) the most frequent species occurring along the 20 nearest neighbours measured over all focal trees; (6) the number of species registered within each k-nearest neighbour investigated, plotted against the mean distance from the focal tree to the kth-nearest neighbour, and (7) the frequency calculated within each k-nearest neighbour, which might present a pattern in the occurrence of the neighbour species.

■ RESULTS AND DISCUSSION

Resultts

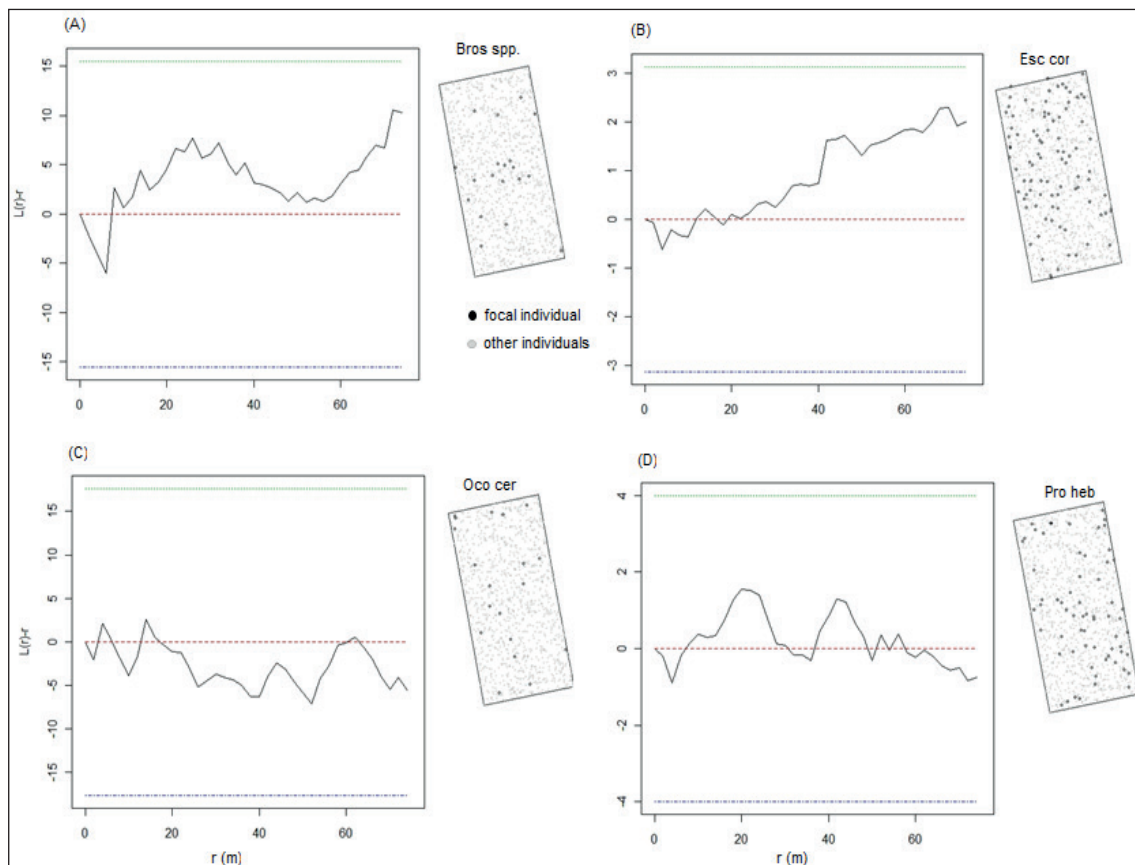
The observed spatial pattern for each of the four species revealed different behaviours, but no significant differences from the random pattern (Fig.2). There was a tendency to an aggregated pattern for "Bro spp" and "Esc cor", and a regular pattern for "Oco cer". *Protium hebetatum* (Pro heb) oscillated between the aggregated and regular pattern, with tendency to aggregation for intermediate distances.

Composition variation along the focal trees

The four species investigated (Bro spp, Esc cor, Oco cer and Pro heb) have similar curves (Fig. 3) related to the mean distance to the 20 nearest neighbours from the focal trees analyzed. Such distances ranged from 2 to 11 meters, on average with “Oco cer” presenting the highest values and “Bro spp” the lowest.

Rare species, occurring with one individual at the study area appeared mainly as neighbour species of “Pro heb”, “Esc cor”, “Oco cer” and “Bro spp”, in decreasing order, ranging from 28 and 19 percent of the number of species registered occurring as neighbours of the focal species. If we consider species with up to five individuals, the values vary from 57 to 60 percent, with low variation among the four focal species.

Fig. 2. Função de Ripley “ $L(r)-r$ ” para as quatro espécies estudadas. (A) *Brosimum* spp.; (B) *Eschweilera coriacea*, (C) *Ocotea cernua* e (D) *Protium hebetatum*. As linhas superiores e inferiores pontilhadas são os envelopes críticos simultâneos de 95% com base na aleatoriedade espacial completa.



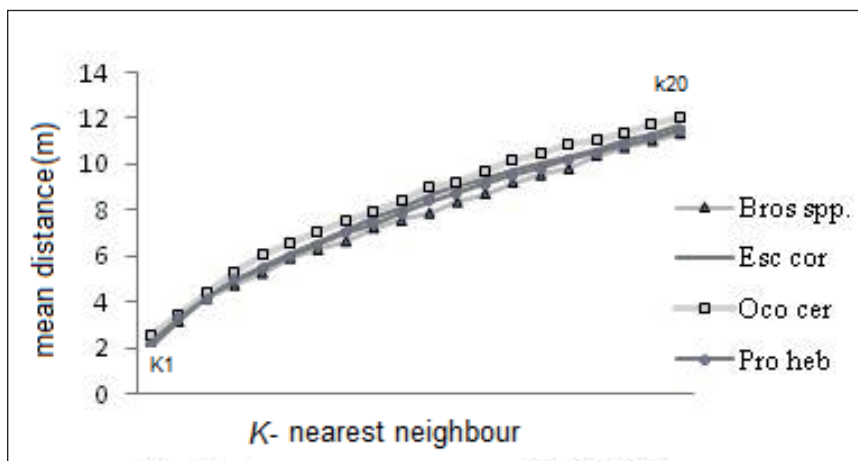
Source: Authors.

The analyses aiming to investigate the taxonomic pattern in the occurrence of neighbours of focal species are presented below for each focal species individually.

(1) *Brosimum* spp. (Bro spp) - Forty seven species were registered up to 20 th nearest neighbour of 19 focal trees of “Bro spp”. The species with the higher relative frequencies, measured at each focal tree and along all k-nearest neighbours investigated (20-k multiplied

by 19 focal trees) were “Esc cor”, *Eschweilera collina* Eyma (Esc col) and “Bros spp”, with 18, 10 and 7 percent, respectively (Fig.4). On average, the richness measured at each focal tree was 12 species and the mean proportion of conspecifics accounted for seven percent with 1.26 standard deviation (SD) measured at the number of conspecific trees.

Fig. 3. Mean distance from focal trees of the four commercial tree species up to the 20th nearest neighbour at 2-ha study area.



Source: Authors.

In spite of the low mean proportion of conspecific trees along the 20-k-nearest neighbours, the relative frequency of their occurrence analysed within each k-nearest neighbour measured along 19 focal trees, showed that the conspecifics are mainly concentrated on the first three nearest neighbours with average of 26 percent of the occurrences of all species, up to third nearest neighbour. It indicates a conspecifics’ pattern at shorter distances (Fig.4).

Fig. 4. Frequency of occurrence of neighbour species of *Brosimum* spp. up to the 20-k nearest neighbour.

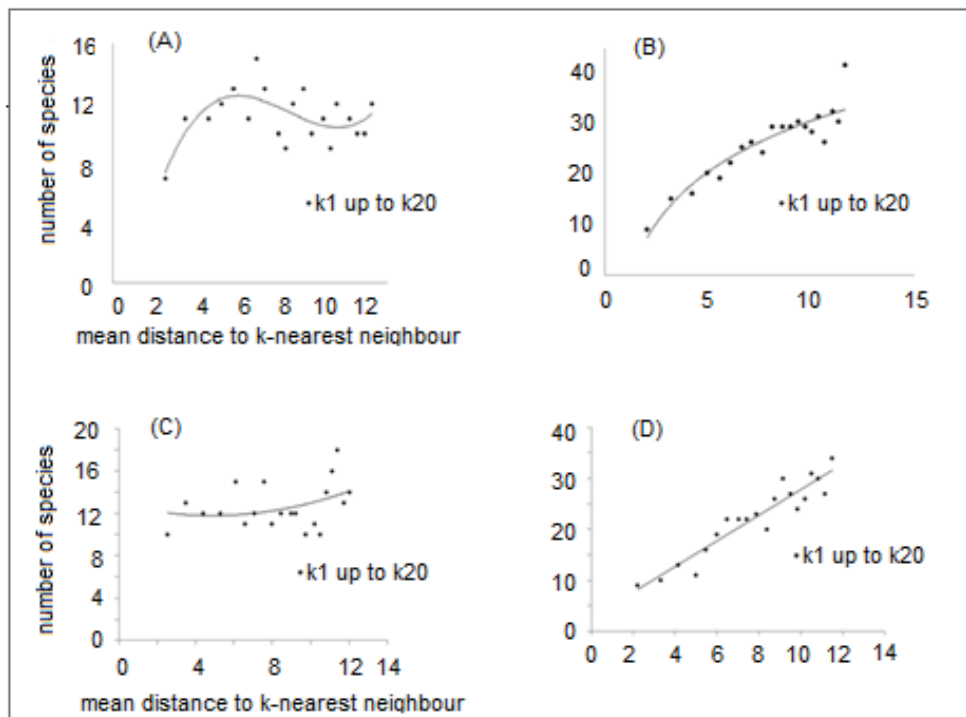
neighbour species	K nearest neighbour of <i>Brosimum</i> spp.																			
	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	k9	k10	k11	k12	k13	k14	k15	k16	k17	k18	k19	k20
Amb duc	1	1		3	2	2			1			1								
Car pal	1		1																	
Buc gra	2		1									1								
Boc vir	3	2	1	2	3		1	2	2	2	2	1		2	1					
Asp mar	3	2	3		1	2	1				1	1	2							
Boc mul	3				1		2	2			1	1		1	1		1			1
Bro spp	6		4	2	2	2	1	2	1				1							1
Dis bra		1	1	1	1		1		1	3	1	2	1	1		1	1	1	1	1
Ape ech	1		1								1									1
Ann amb		1			1	1		1												1
Cas gra		1			1		1				1									
Chi sp.		1																		
Cla rac		2	1	1	2	1	2	1			1					1				
Cou alt		2	2	4	1	2				3			1		1		1	2	1	1
Cou ste			1	1		4	2	2		2	1	1		1	2		3		1	1
Ani can			1										1							
Chi duc			3	1																
Ani meg				1				1						1	1		1	1		
Ago bra				1									1							
Asp alb				1										1						
Dur fus					1		1		1											
Dip odo					1				1			1								
Con gui					2			1				1								1
Duc ces						1	1		3	1										
Cou gui						1														
Dip mag						1														
Emm aff						2	1	2								1	1			
Eri bic							1					1						1		1
Ani hos							1							1						
Ani ros							1									1				
Esc col							2		4	1	3	3	2	4	6	1	2	5	3	3
Esc atr								1	1	1	1	2		1	1	1	1			2
Epe gla								1								1				1
Din exc								1												
Esc cor								2	4	5	5	3	8	5	5	7	6	5	7	5
Dip rod										1									1	
Ast lec											1									
Ent sch												1								
End uch													1							
Gei arg														1	1	1		1		1
Cor rim														1		1		1	2	
Fer ell																1	1			
Gou gla																2				1
Gua poe																	1			
Hel sca																		1		
Gus ell																				1
Gua oli																				1
sum	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	k9	k10	k11	k12	k13	k14	k15	k16	k17	k18	k19	k20

Source: Authors.

The total number of species registered at the first k-nearest neighbour (k1) increased to the second quickly, around 57 percent (Fig. 5A). After the second k-nearest neighbours, the increment decreases, with values oscillating slightly up to the latest k-nearest neighbours, with species presenting low relative frequencies, less than 16 percent measured at 19 focal trees (Fig. 4 and 5A). The exception is the neighbour species “Esc cor”, which presented the highest frequency of occurrence from the 10-k-nearest neighbours (ranging from 26% to 42%), Fig. 4, which might mean a pattern of co-occurrence with “Bros spp” at distances larger than 8m, on average. For the other neighbour species, these low frequencies might indicate that they are occurring in a randomly way at each k-nearest position after the first

k-nearest neighbours. *Eschweilera collina* showed similar behaviour as “Esc cor”, but with small frequency values.

Fig. 5. Number of species by the mean distance registered up to the 20-knearest neighbours of four focal species at the study area. (A) *Brosimum* spp. (Bro spp), (B) *Eschweilera coriacea* (Esc cor), (C) *Ocotea cernua* (Oco cer), and (D) *Protium hebetatum* (Pro heb).



Source: Prepared by the authors.

(2) *Eschweilera coriacea* (Esc cor) - Along with the 20 nearest neighbours of 91 trees of Esc cor, 64 neighbour species were registered. *Eschweilera coriacea* (“Esc cor) and *Eschweilera collina* Eyma (Esc col) were the neighbour species with higher relative frequency of all k-nearest neighbours investigated, with 25 and 13 percent, respectively (Fig. 6). The mean richness measured at each focal tree was 11 species and the mean proportion of conspecifics, 25 percent, with SD equals to 1.9 presenting great variability on the occurrence of conspecifics.

The conspecifics found along the 20-k-nearest neighbours are concentrated mainly on the first five k-nearest neighbours, presenting on average 41 percent of frequency measured within each one of the five k-nearest neighbours, which might reveal a pattern on the distribution of conspecifics, mainly at shorter distances, ranging from 2 to 5.6 meters, on average. After the fifth k-nearest neighbours up to the 20th, the frequency of conspecifics decrease to 20 percent, oscillating around this value. Another neighbour species that seems to exhibit a pattern is Esc col, which was registered at the whole 20-k-nearest investigated. This species showed higher relative frequencies of occurrence within the first seven k-nearest with value around 20 percent on average. After the seventh k-nearest position, the value drops to 13 percent and below. Other species, such as *Couratari stellata* A.C.Sm. (Cou ste) and *Inga*

obidensis Ducke (Ing obi) presented some association at distances around 8 meters from the focal trees, but with lower relative frequencies when compared with “Esc cor” and “Esc col”.

Considering the other species, there is no visible pattern in their occurrence due to the low frequency values (below 4 %) for both short and high distances. This could be ratified by the tendency of fast increase in the number of species from the first k-nearest neighbour, with the highest value to the second one (66%), and after increasing on average seven percent, with SD value equal to 6.0 species, presenting large variability (Fig. 5B).

Fig. 6. Frequency of occurrence of neighbour species of *Eschweilera coriacea* along the 20 nearest neighbours.

K-nearest neighbour of <i>Eschweilera coriacea</i>																					
neighbour species	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	k9	k10	k11	k12	k13	k14	k15	k16	k17	k18	k19	k20	
Dis bra	1	1		2	4	9	4	2	2	1	1	2	1	2	4	2	2	1	2	3	
Ent sch	1	2	2	1			1	1	1	1	1		5					1	2	2	
Epe gla	1	2		1	1	1	2		2	2				1			1			1	
End uch	1		1		1	1	1	1		1				1	1					1	
Eri bic	3	1	1			1	1	1	1	1				1	1			2		2	
Gei arg	4	6	6	6		1	2		1	6	1	3	1	1		1	3	1		2	
Esc atr	11	8		9	7	3	2	2	1	3	4	4	1		3	3	1	1	4	4	
Esc col	24	17	24	14	15	23	20	12	10	10	13	11	9	5	7	8	10	7	4	5	
Esc cor	45	39	39	31	31	18	19	22	18	15	17	12	15	18	17	22	25	18	15	20	
Gly ped		1	1	1	2	3			1	1	1		1		1					2	
Ing alb		1	1	1	5	2	4	6	8	3	2		2	3	2	1	1	2	1	1	
Fer ell		1	3							2											
Hel spr		1		3	3	4	2	1		2	2	1	1	2				1	1	3	
Gua oli		2		2		5			2		2	2						1		1	
Gus ell		2			1	1		1		2	2	1				1	1				
Gou gla		7	3	1	7		2	6	2	1	3	3		2	1	1					
Esc rho		1	1				1	1										2			
Ecc gui		1	1																		
Emm aff		1	4	2	2	3	1	3	1	3			1	1	2	1	1	1	2	1	
Duc ces		1				1	1	2			2	1	1							1	
Hev gui		2	3	2	2	4	4	7	2	2	5	3	3	2	1			3	2	1	
Hel sca		4	6	1	3	5	2		3	2	2	4	1	2	4			2	3		
Cou alt		1	1		3	3	13	7	5	9	7	11	12	3	4	7	11	4			
Dur fus		1	2	1	1	1	1		1	1	2				2					1	
Dip odo			2					1			1		1			1				1	
Gua poe		1	1	1	1	2					1	1	2					1		1	
Cou ste				2	6	5	9	4	8	5	4	8	6	5	5	3	1	4	1	1	
Ing obi				3	2	2	7	2	9	12	3	10	2	3	5	8	7	5	3		
Dip mag			1	1									1							1	
Dip rod				1	3	1		1	1	1						1					
Cro caj					1	1	1		1					1				1			
Iry cor				1	2	3	1	5	3	3	5	4	4	1	5	1				1	
Lec gra					1				1		2	3	3	4	4	2	3	2			
Hym par							1	1		3											
Ing sub					1	2			1		2	1	2	1						1	
Hym suc						2		1	1											1	
Jac cop							2		1										1	1	
Ing cor							3	1					1								
Cor rim									1	1	1										
Cla rac									1	4	3	2	8	3	2	2	3			2	
Lic ape									1				1	5	5	7	8	6		2	
Con gui										1	1	1			1			1	4		
Lec bar									1	4	4	2	2			2	2	2	3		
Ing gra										1	2		1		1						
Din exc											1	2									
Chi sp.											1		1								
Lic ado											2	1									
Ing sti												1			1						
Bro spp												1						2	1	2	
Cec sci													1							1	
Lec usi														2		2	2	4	1	1	
Lic het															1	1	1	1			
Cou gui																1	1			1	
Cec pur																1		1			
Lic mic																2	2			2	
Cas gra															2		1		1	2	
Car pal																	1	1	1	2	
Lec pra																	1				
Boc mul																		3		1	
Boc vir																			2	1	
Lic obl																			3	1	
Asp mar																				1	
Buc gra																				1	
Lic gui																				1	
sum		91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	
		k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	k9	k10	k11	k12	k13	k14	k15	k16	k17	k18	k19	k20

Source: Authors.

Fig. 7. Frequency of occurrence of neighbour species of *Ocotea cernua* along the 20 nearest neighbours.

K-nearest neighbour of <i>Ocotea cernua</i>																				
neighbour species	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	k9	k10	k11	k12	k13	k14	k15	k16	k17	k18	k19	k20
Mic sip	1	1	1	1								1				1				
Par nit	1	1																		
Nau cal	1	2		1	1		1			1			1						1	
Man bid	1		1	3	1	1	1	1			2	1						1		1
Mou ang	1			1																
Oco cer	2	2		2	1	3	1	1	1	1	2	1			1					
Mou cal	2	3			1						1	2			1					1
Pal cor	2			1																
Nee opp	3	1	1	1		1														
Min gui	5	1	2			2				1		1	1			1	1		1	
Pou lau	1	1	2	1	4	1	1	1	1	4	2	1	1	2				2	2	2
Par orm	1	2																		
Pla duc	1		1																	
Mic tru	1			1								1	2							
Pou cai	1					1				1									1	1
Pou min	3	3	2	3	3	5	1	3	1				3	1	4	1	1		1	
Lic mic		1			1													1		1
Par pen		1				1														
Lic obl		2	3	2	1	2	2	3		1				1		2				
Pip sua		2		1	1	2	1													
Pou myr		2					1	1						1						1
Pla ins				1			1													
Lic ape			1	1		1	1	2				1			1	1	1		1	1
Mez ita					1			1										1		
Mab sp.					1														1	
Lic gui					1															
Mic guy					1															
Pro heb				2		2	4	3	4	4	6	7	6	4	3	1	1	1	4	
Pau mac					1			1												
Pou ret							1						1							2
Lic ado							1													
Lec bar							1	1							1	1				
Pou ven							1	2	1		2				2	2	1	1	1	
Ing obi							1	2	1				1				1	1		4
Par mul							1						1							
Oco cym							1								1				1	
Psi ara										1	1			2	2	1	2	1	1	1
Pro hep										1				1					1	1
Lic het											1	1							1	
Lue ros											1									
Man ama											1									
Jac cop											2	1								
Ing sti												1								
Rin gui													1			1				
Pra coc														1						
Mic reg															1		1			
Ing alb															2	2				
Qua alb																1				1
Lec usi																	1	1	1	
Pyt ola																	1	1		
Scl hel																	2	1	1	
Pse mun																		1	1	1
Hel sca																		1		
Lec gra																		1		
Qua acu																		1		
Slo exc																		2		
Pse cor																			1	1
Iry cor																			1	2
Qua par																				1
Hev gui																			2	
Hym suc																				1
Ing gra																				1
Scl mic																				1
sum	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19

Source: Authors.

(3) *Ocotea cernua* (Oco cer) - Sixty-three neighbour species were found along the 20 nearest neighbours of 19 focal trees belonging of this species (Fig. 7). The species with higher relative frequencies were “Pro heb”, *Pouteria minima* T.D.Penn. (Pou min) and *Pouteria laurifolia* (Gomes) Radlk (Pou lau), with 13, 9 and 6 percent, respectively, with other 60 species presenting less than five percent of relative frequency.

The mean richness at each focal tree is 14 species and the mean proportion of conspecifics 5 percent, with SD equal to 0.90 individuals. At shorter distances, within the first four

nearest, the relative frequency of species is in general below 15 percent, with no tendency of association among species and the focal one, even for conspecific trees; excepting *Miconia guianensis* Aubl. (Min gui) with around 26 percent of occurrence at the first k-nearest (k1).

At the intermediate k-nearest neighbour (6 to 15), which corresponds to 10 meters on average, only “Pro heb” seem to have some tendency to be associated with focal specie with 26 percent of the occurrences at these positions, on average (Fig. 7). In general, the number of species, measured within each k-nearest neighbour tends to increase with the distance, with increases of 30 percent from the first to the second k-nearest neighbour, and then oscillating in a very low or even negative range, with species showing low relative frequencies. (Fig. 5C). This indicates, again, the occurrence by chance for most neighbour species at specific kth nearest neighbour position.

(4) *Protium hebetatum* (Pro heb) - Sixty-seven neighbour species were found within the 20 nearest neighbours over all 64 focal trees. The richness around each focal tree was equal to 12 species, and the mean conspecific proportion equal to 22 percent with the highest variability on the number of conspecifics at each focal tree, which presented SD equal to 2.3 individuals.

Protium hebetatum (Pro heb), *Pouteria minima* (Pou min) and *Psidium araca* Raddi (Psi ara), at this order, presented the highest values of relative frequency when we added up all occurrences along the 20 nearest neighbours investigated, that represented 22, 12 and 8 percent, respectively (Fig. 8). Yet, the conspecific trees of “Pro heb” are concentrated mainly at the first four k-nearest with the highest frequency at the first one (67%). After these four k-nearest neighbour, the frequency decreased to 15 percent on average, but is still the highest, when compared with other species. “Pou min” and “Psi ara” were found at all 20ks-nearest, but with low values of frequency when compared with “Pro heb”, concentrating at shorter distances. Overall, there is no strong evidence of pattern in the distribution of the other neighbour species, except for “Oco cer”, *Pouteria laurifolia* (Pou lau), at the intermediate position and *Miconia guianensis* (Min gui) at the latest k-nearest position (Fig. 8).

The number of species registered within each k-nearest neighbour at each focal tree presented a positive linear relationship with the distances from the focal trees (Fig.6d). This positive relation is then followed by the decrease in the conspecific trees with new species occurring with very low frequency along the 64 focal trees of “Pro heb” (Fig. 5D).

Fig. 8. Frequency of occurrence of neighbour species of *Protium hebetatum* along the 20 nearest neighbours.

K-Nearest neighbour of <i>Protium hebetatum</i>																					
neighbour species:	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	k9	k10	k11	k12	k13	k14	k15	k16	k17	k18	k19	k20	
Pou lau	1	5	8	9	11	1	4	2	5	4	5	4	3		3	3	1	3	2	3	
Pou myr	1		1	4		1				1	1	2	1	1	1	1	1			1	
Pra coc	1												1	1							
Pro hep	2	1			1				2	1	1		1	2		2					
Pse mun	2					1				1	2	2				1				1	
Pou min	4	6	15	15	17	8	3	10	8	13	8	4	9	6	6	5	4	6	3		
Pou ven	5	3	1		1	1	4	1	1		3	1	2	2		1	1	2		1	
Psi ara	5	15	7	6	4	9	7	6	7	3	9	7	2	3	3	5	5	1	4	2	
Pro heb	43	29	23	21	7	14	5	15	15	12	7	14	9	15	13	10	6	6	11	6	
Scl hel	1	1	2	5	7	7	4	5	4	2	1	1				3	1	1	3	2	
Pse cor		1	1			1					1	1							2		
Pyt ola		1	1	2		2	1		2		1	1	1	1	1					1	
Qua alb		2	2	2	1	2	2	2	1	2	3	2	2	1	1	3	2	2	2	2	
Pou cai		1		1	1	1			1				1				1	1	1	1	
Pou ret		1					1			1	1	3			1					1	
Rin rac			1				1			1					2		1			2	
Rin gui		2		1				1	1				1					1			
Pla duc			1	1		1				1					2					1	
Pip sua			1	2	3	7	1	1	1	1	1	1		1							
Qua par		2				1					1					1				2	
Par orm			1				2	2													
Slo exc				2	2	2	2	2	4	2		4	2					3	3	2	
Scl mic				7	4	7	3	1	1	5	1		3	2	1	2	3	1	3		
Swa rec					1	1	1				2	2		2							
Ste pru					1	1	3	2	2			2				1	2	1	1	1	
Swa tes					1																
Pou amb				2	1	1	1	1	1	1	1									1	
Pal cor				2	1		2	1	1	1	1	1	1	1						2	
Pau mac				3	4	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	
Oco cer					1	2		4	7	6	7	4	7	3	4	3	2	3			
Swa sch					1		3	1			1	1						1	1	1	
Par mul					1									1		1					
Oco sp.						1			2			1									
Str sp.						2	1		2	1	3	1		1	1						
Par nit							1	2													
Sim ced							1			1									1		
Pou obl							1													1	
Nau cal								1		1	2	3	7	4	2					2	
Par pen								1		1	1					1				1	
Str gui									1								1			1	
Pla ins											1	1								1	
Orm gro											1	2									
Tac cf.												1	1	1	1	3	2			2	
Mou cal												1	1	1	2	4	1	1	4		
Nee opp												1	3			1			1	1	
Tra bur												1		1		2	2	1			
Mou ang												1				1					
Min gui												2	2	4	5	8	8	7	5		
Mic sip													1	1	2		2	3	2		
Qua acu													1	1		1					
Tal cf.														1	2	1	1			1	
Mic guy															1		1				
Vir mic															1						
Toc gui															2	1					
Tab ser																	1	1	1		
Mic tru																	1	4		1	
Man bid																	1		3	2	
Tou gui																			1	1	
Uno duc																			1	2	
Sip sp.																			1		
Tri sep																			2		
Van gui																			2		
Tri mic																				1	
Lic obl																				1	
sim ama																				1	
Pou per																				1	
The sub																				1	
sum		64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	
		k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	k9	k10	k11	k12	k13	k14	k15	k16	k17	k18	k19	k20

Source: Authors.

DISCUSSION

In our study, the focal species analyzed presented patterns tending to aggregation (Bro spp and Esc cor), and to a regular one (Oco cer), although non-significant, (Fig. 2). However, it could be attributed more to the spatial pattern rather than the abundance, the slight differences in the proportion of conspecifics observed for focal species over all k-nearest neighbours, where the tendencies of a more aggregated pattern might have contributed for

more conspecific encounters. The focal species “Bro spp” has the same number of individuals as “Oco cer”, but presented higher conspecific value with clearer tendency of spatial aggregation, which could be due to the configuration of the trees in the field.

In a study conducted by Pottker *et al.* (2016) with the species *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer, the aggregated spatial pattern was observed, which, according to the authors, occurs because of the irregular and discontinuous dispersion of the species, with the formation of dense stands in certain areas being natural, being rare and non-existent elsewhere. When species exhibit aggregated patterns, it is believed that intraspecific encounters may be much more frequent than interspecific ones, which can be explained, in most cases, by the species dispersion syndrome being mainly zoochoric (CONDÉ *et al.*, 2016; ROCKWELL *et al.*, 2017; VARELLA *et al.*, 2018). Alves *et al.* (2019) obtained similar results for the species *Bertholletia excelsa* Bonpl. (Family Lecythidaceae) in the state of Amazonas and in a study conducted by Pacheco *et al.* (2021) on the plant diversity associated with productive Brazil nut trees (*B. excelsa* Bonpl.) in 6 localities in Amazonas, the authors observed significant floristic differences between the areas that is due to the location in rivers of different structures and concluded that the floristic composition associated with the selected species did not vary significantly when considering the association by classes of fruit production.

All focal species but “Oco cer” had their conspecifics as one of the most frequent species measured along the 20 nearest neighbours investigated. Regardless of the value of occurrence of conspecifics for all four focal species, the conspecifics have been mainly concentrated near the focal trees, which could be a result of biological process, such as dispersal at short distances, leading to more intra-specific interactions.

The focal trees of “Esc cor” and “Pro heb” seem to be currently experiencing more intra-specific relationships at shorter distances ranging from 2 to 5 meters due to the more conspecific encounters, (Fig. 6 and 8). However, the above cited species were also found in the whole range of the 20 nearest neighbours investigated, still with high frequencies values, showing great plasticity in the occurrence of conspecifics at larger distances. This could be explained by the fact that “Esc cor” is a canopy species whose seeds are dispersed by large birds and bats, rodents and primates, where the secondary dispersal seems to contribute to this behaviour (HEUERTZ, 2020).

Leal *et al.* (2021) evaluated whether the presence of bamboo affects the spatial structure of native forest species in a tropical forest in Acre, finding that the studied area does not suffer interference in the spatial pattern of native forest species, because the occurrence of the bamboo can be related to the existence of the species. The fact that the focal species “Pro heb” and “Esc cor” were found in the whole range of the neighbours investigated with relative high frequency might be the result of early weaker intra-specific interactions due to

larger distances among conspecifics, favouring the actual occurrence of a higher number of individuals of these two species.

The similar number of neighbour species registered for the focal species “Esc cor”, “Oco cer” and “Pro heb”, around 64 species, highlights the high local diversity at the study area. “Oco cer” presents the highest richness, also being the species with the lowest proportion of conspecific neighbours. The fact that two focal species with the same number of individuals (Bros spp and Oco cer) have a different number of species around them (63 and 47 species, respectively) demonstrates that focal trees are affected differently by their neighbour species, due to the biological and/or environmental differences at the study area. These differences lead to the necessity of different management strategies aiming to keep the ecosystem’s functionality. So, it is expected, in general, that a high species-richness of neighbours might lead to complementary resource use, which could increase the amount of resources consumed by the neighbours, and thus decrease the amount left available to the target species. Target performance would therefore decrease as the species-richness of the neighbours community increases (Milbau *et al.*, 2007). Further studies could ratify this assumption with the use of repeated measures through time and small diameter classes.

In a more detailed view of the distribution of neighbour species around focal trees, within each kth-nearest neighbour as a function of the distance, we found that the number of species increased with distance, but with different shapes of the curves (Fig. 5), again highlighting the influence of the high diversity and the rare species, which probably contributed for the values of richness observed. This could explain the positive linear tendency of richness and distances for all species, specially for “Pro heb”, which is the focal species with the highest number of neighbouring rare species followed by “Esc cor”, “Oco cer” and “Bros spp” at this order. Due to the occurrence of a large percentage of rare species at the study area, distributed along the focal species, it is necessary to care about the areas affected by logging in order to prevent local extinctions of rare species.

Overall, some species appeared more frequently at a specific k-nearest position, revealing a taxonomic pattern around focal trees. The focal trees of “Bro spp” and “Esc cor” had trees of “Esc cor” and *Eschweilera collina* (Esc col), at this order, as their main neighbours, where, for “Bro spp”, these occurrences happened mainly at the intermediate distances, about 8 meters, and for “Esc cor” over all range of the 20 nearest neighbours. Despite the low frequency of the neighbour species of “Oco cer”, the frequency distribution along the 20 nearest neighbours, suggests that “Pro heb” and *Pouteria minima* (Pou min), at intermediate distances (up to 8m), and *Minquartia guianensis* (Min gui) at short ones (2 m) are the species with a pattern in their occurrence around the focal trees of “Oco cer”. *Protium hebetatum* (Pro

heb) had trees of “Pro heb” and “Pou min” as its main neighbours, with concentration of “Pro heb” at shorter distances and “Pou min” at intermediate distances.

■ CONCLUSION

Our findings provide important contributions for the development of tropical forest models aiming to study the ecology and dynamics of “terra firme” tropical rainforests. Our hypothesis of taxonomic pattern in the neighbour species around focal species, based on their frequency distribution, was confirmed with different co-occurrence strength for each focal species, which depended on the position of the neighbour investigated along the 20 nearest neighbours.

The conspecific trees were found occurring in a low frequency when all 20 k-nearest neighbours were considered, but with expressive values, mainly at shorter distances for all focal species, when we looked into each k-nearest investigated, excepting “*Ocotea cernua*”, suggesting that focal species might be currently experiencing more intra-specific interactions. Only three heterospecific neighbours had higher values of frequency around our focal trees, such as *Pouteria minima*, *Miquartia guianensis* and *Eschweilera collina*.

The spatial pattern of focal species seems to be more important than the abundance for the conspecific encounters, mainly for species with lower number of individuals, like *Brosimum* spp. and *Ocotea cernua*, highlighting the importance of spatial structure in the ecological interactions.

The rarity of the majority of species at the study area contributed for the high richness measured along the focal trees, calling our attention to the effects of the forest management on the rare species and other associated species, and for the necessity of further studies that contribute for the understanding of such complex interactions in order to better protect and manage highly diverse tropical rainforests.

■ ACKNOWLEDGMENTS

Our acknowledgments to Embrapa Amazônia Ocidental, where the data were collected, for the financial support for the work, and to the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq). We also acknowledge the Forest Restoration Laboratory (LARF), Federal University of Viçosa, and the University of Toronto, Canada, particularly the Landscape Ecology Laboratory (LE LAB), where the analyses were performed, and Josie Hughes for the contribution to the analysis.

■ REFERENCES

1. ALVES, T. C. V.; SILVA, K. E.; AGUIAR, A. L. S. 2019. Distribuição espacial de populações de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) no estado do Amazonas. In: Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Ocidental (14.: 2018: Manaus, AM). Anais da XV Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Ocidental; editores, Everton Rabelo Cordeiro... [et al.], editores técnicos. – Brasília, DF: Embrapa, 2019.
2. BADDELEY, A.; RUBAK, E.; TURNER, R. Package 'spatstat'. The Comprehensive R Archive Network, 2020. Disponível em: <https://cran.rproject.org/web/packages/spatstat/spatstat.pdf> Acesso em: 3 jan. 2021.
3. CASTILHO, C.V.; MAGNUSSON, W.E.; ARAÚJO, R.N.O; LUIZÃO, F.J., 2010. Short-term temporal changes in tree live biomass in a central Amazonian forest, Brazil. *Biotropica* 42, 95-103.
4. ELLWANGER, J. H.; KULMANN-LEAL, B.; KAMINSKI, V. L.; VALVERDE-VILLEGAS, J. M.; VEIGA, A.; SPILKI, F. R.; FEARNESIDE, P. M.; CAESAR, L.; GIATTI, L. L.; WALLAU, G. L.; ALMEIDA, S.; BORBA, M. R.; HORA, V.; CHIES, J. (2020). Beyond diversity loss and climate change: Impacts of Amazon deforestation on infectious diseases and public health. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 92(1), e20191375. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020191375LIMA>, R. B. A. SILVA, J. A. A. MARANGON, L. C. FERREIRA, R. L. C. SILVA, R. K. S. FREIRE, F. J. Análises estruturais do componente arbóreo em floresta de terra firme, Carauari, Amazonas, Brasil. *Biodiversidade*, v. 17, n. 1, p. 2, 2018.
5. FICHTNER, A.; HÄRDITTE, W.; BRUELHEIDE, H. Neighbourhood interactions drive overyielding in mixed-species tree communities. *Nat Commun* 9, 1144 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03529-w>
6. GIMOND, M. Intro to GIS and Spatial Analysis. 2020. Disponível em: <<https://mgimond.github.io/Spatial/>>. Acesso em: 18 nov. 2020.
7. HABIBULLAH, S; DIN, B.H.; TAN, SH.;ZAHID, H. Impact of climate change on biodiversity loss: global evidence. *Environ Sci Pollut Res* 29, 1073–1086 (2022). Disponível em: < <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-021-15702-8#citeas>> Acesso em 24 de Fevereiro de 2022.
8. HEUERTZ, M.; CARON, H.; SCOTTI-SAINTAGNE, C.; PÉTRONELLI, P.; ENGEL, J.; TYSKLIND, N.; MILOUDI, S.; GAIOTTO, F., CHAVE, J., MOLINO, J.-F., SABATIER, D., LOUREIRO, J. AND BUDDE, K. (2020). The hyperdominant tropical tree *Eschweilera coriacea* (Lecythidaceae) shows higher genetic heterogeneity than sympatric *Eschweilera* species in French Guiana. *Plant Ecology and Evolution*, 153(1), pp. 67-81. doi: 10.5091/plecevo.2020.1565.
9. ILLIAN, J., BURSLEM, D., 2007. Contributions of spatial point process modelling to biodiversity theory. *Journal de la Société Française de Statistique* 148, 9-29.
10. LEAL, G. S. A. LEAL, F. A. CRUZ, A. S. A. Perfil de diversidade florística e padrão espacial de espécies arbóreas em florestas com ocorrência de bambu na Amazônia. *Adv. For. Sci*, Cuiabá, v. 8, n. 3, p. 1545-1555, 2021. Disponível em: < <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/afor/article/view/12678>>. Acesso em: 24 de Fevereiro de 2022.
11. LAW, R., ILLIAN, J., BURSLEM, D.F.R., GRATZER, G., GUNATILLEKE, C.V.S., GUNATILLEKE, I.A.U.N., 2009. Ecological information from spatial patterns of plants: insights from point process theory. *Journal of Ecology* 97, 616-628.

12. MOTA, E. R. FERNANDES, L. SCHWARTZ, G. PORTO, N. (2020). Brazilian Journal of Development Diversidade, distribuição espacial e espécies arbóreas estruturantes em Floresta Ombrófila Densa na Amazônia Oriental Diversity, space distribution, and structuring tree species in Dense Ombrophilous Forest in the Eastern Amazon. Brazilian Journal of Development. 6. 71192-71208. 10.34117/bjdv6n9-531.
13. MOURÃO, G. H. O. Distribuição espacial de árvores emergentes na Amazônia a partir de dados oriundos de escaneamento laser aerotransportado. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 83 p. ,2021.
14. PACHECO, N. P., DA SILVA, K. E., PIO, N. D. S., MATOS, F. D. A., & VASCONCELOS, R. (2021). Plant diversity associated with productive Brazil nut trees in the leading producing regions in the Amazonas. *Embrapa Amazônia Ocidental-Artigo em periódico indexado (ALICE)*. Pages 154-163, ISSN 0277-3791, <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2019.03.008>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0277379119300034> Acesso em 25 de Fevereiro de 2022.
15. POTTKER, G. S. OLIVEIRA- FILHO, P. C. FIGUEIREDO – FILHO, A. DALMASO. C. A. PADRÃO ESPACIAL DE ESPÉCIES FLORESTAIS: ESTUDO DE CASO COM *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer. *Ciência Florestal* [online]. 2016, v. 26, n. 4 [Acessado 26 Fevereiro 2022] , pp. 1097-1106. Disponível em: <<https://doi.org/10.5902/1980509824999>>. ISSN 1980-5098. <https://doi.org/10.5902/1980509824999>.
16. PUPIM, F.N., A.O. SAWAKUCHI, R.P. ALMEIDA, C.C. RIBAS, KERN A.K., G.A. HARTMANN, C.M. CHIESSI, L.N. TAMURA, T.D. MINELI, J.F. SAVIAN, C.H. GROHMANN, D.J. BERTASSOLI, A.G. STERN, F.W. CRUZ, J. C. Chronology of Terra Firme formation in Amazonian lowlands reveals a dynamic Quaternary landscape, *Quaternary Science Reviews*, Volume 210, 2019,
17. PRANCE, G.T., MORI, S.A., 1978. Observations on the fruits and seeds of neotropical Lecythidaceae. *Brittonia* 30, 21-33.
18. RADAM, 1978. Programa de Integração Nacional. Levantamentos de Recursos Naturais. Manaus. DNPM, Ministério das Minas e Energia. Brazil.
19. R CORE TEAM. (2018). R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Retrieved in 2018, January 1, from <https://www.R-project.org/>
20. RIPLEY, B. D. (1977). Modelling spatial patterns. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B. Methodological*, 39(2), 172-212. <http://dx.doi.org/10.1111/j.2517-6161.1977.tb01615.x>.
21. ROCKWELL, C.A, GUARIGUATA, M.R, MENTON, M, QUISPE, E.A, QUAEDVLIEG, J. Warrem-Thomas, E., Silva, H. F., ... Sala, J. J. Y. Spatial distribution of *Bertholletia excelsa* in selectively logged forests of the Peruvian Amazon. *Journal of Tropical Ecology*, 33(2):114-127. 2017 doi.org/10.1017/S0266467416000614
22. SANTOS, G. N. HIGUCHI, P. SILVA, A. C. FARIAS, K. J. MACHADO, F. D. DUARTE, E. FERNANDES, C. E. D. D. VIEIRA, F. SCHRÖEDER, R. AMARAL, V. A. WALTER, F. F. MORAES, B. REIS, M. A. REGENERAÇÃO NATURAL EM UMA FLORESTA COM ARAUCÁRIA: INFERÊNCIAS SOBRE O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DA COMUNIDADE DE ESPÉCIES ARBÓREAS. *Ciência Florestal* [online]. 2018, v. 28, n. 2, pp. 483-494. Disponível em: <<https://doi.org/10.5902/1980509832029>>. ISSN 1980-5098. <https://doi.org/10.5902/1980509832029>. Acesso em 25 Fevereiro 2022

23. TROGISCH, S., LIU, X., RUTTEN, G., XUE, K., BAUHUS, J., BROSE, U. BU W., CESARZ, S., CHESTERS, D, CONNOLLY, J. CUI, X., EISENHAUER, N. GUO, L., HAIDER, S., HÄRDTLE, W., KUNZ., LIU, L., MA, Z., NEUMANN, S., SANG, W., SCHULDT, A., TANG, T., VAN DAM, N. M. OHEIMB, G. V., WANG, M.Q., WANG, S., WEINHOLD, A., WIRTH, C. WUBET, T., XU,X., YANG, B., ZHANG, N., ZHU, C., MA, K., WANG, ., BRUELHEIDE, H. The significance of tree-tree interactions for forest ecosystem functioning. 2021. *Basic and Applied Ecology*, 55, 33-52. ISSN 1439-1791. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1548865921000111> Acesso em: 24 de fevereiro de 2022
24. VARELLA, T.L, ROSSI, A.A.B, SOUZA, M.D.A, SILVEIRA, G.F.S, COCHEV, J.S, TOLEDO, J.J, SILVA, C.J.. Estrutura populacional e distribuição espacial de *Theobroma speciosum* Willd. Ex Spreng no norte do estado de Mato Grosso. *Ciência Florestal*, 28(1):115-126. 2018 doi: 10.5902/1980509831589
25. VIEIRA, D. S. V., OLIVEIRA, M. L. R., GAMA, J. R. V., MACHADO, E. L. M., & GORGENS, E. B. Patrón espacial y métodos de muestreo para *Bertholletia excelsa* (castaña de Pará) en la Mesorregión del Bajo Amazonas, estado de Pará, Brasil. *Bosque*, 38(1), 97-107. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002017000100011>.
26. WIEGAND, T., WANG, X., ANDERSON-TEIXEIRA, K.J. . Consequences of spatial patterns for coexistence in species-rich plant communities. *Nat Ecol Evol* 5, 965–973 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41559-021-01440-0>

Short-Term Responses of Tree Growth Rings in Natural Gaps for Forest Management

| **Akira Tanaka**
INPA

| **Akio Tsuchiya**
Hiroshima University

| **Niro Higuchi**
INPA

ABSTRACT

Objective: Effects of treefall gaps on tree radial growth pattern and vessel size plasticity were evaluated in cross sections of stems of moist tropical upland forest trees at Amazonas state, Brazil. Growth rings and vessel area of trees growing on 15 natural gaps in primary forest aged ≥ 4 years were studied macroscopically. **Method:** For determine growth periodicity, anatomy feature and study growth patterns of difference natural species, incisions made in the vascular cambium (Mariaux windows) was applicated. Analyses were performed on data of the community as a whole, and divided according to successional stage and vertical stratum to understand tree growth response. **Results:** Growth rings of 175 among 226 species sampled (77 %) were visible with and without the use of a 10 x lens. The vast majority (127 species, 73 %) formed rings by fiber dimensions (lumen area), whereas 18 species (10 %) formed rings by vessel size and frequency. After gap formation, mean ring width of 384 individuals of 115 species increased from $1.77 \pm 0,04$ to 2.46 ± 0.06 mm year⁻¹ ($P < 0.001$), and mean vessel area of 399 individuals of 148 species increased from 0.062 ± 0.002 to 0.071 ± 0.004 mm² mm⁻² year⁻¹ ($P < 0.001$). Variation in growth ring and vessel area was more evident in small individuals in larger gaps. **Conclusion:** The applicated method for visualize difference of change in anatomy feature of each specie and group of successional, of canopy position, was viable, comparing befor and after gap formations time.

Keywords: Growth Periodicity, Vessel Area, Treefall gap, Upland Primary Moist Forest, Amazonia.

■ INTRODUCTION

Tree rings and forest dynamics in treefall gaps were investigated in central Amazonia. In late successional and climax forests, juvenile tree individuals wait for the occurrence of natural disturbances to grow (WHITMORE, 1975). How advanced tree regeneration response to gap opening is our interesse and necessity to improve juvenile stand growth after logging that was not yet established as sustainable method in Amazon region. Many studies have documented tree growth response to gap formation in mature forests, either formed naturally or by logging (MONTGOMERY and CHAZDON, 2002; HERAULT *et al.*, 2010; D'OLIVEIRA and RIBAS, 2011; Ouriqui *et al.*, 2014; Machado *et al.*, 2015). However, for apply these studies to forest management more efficient, we have to observe the relation enter tree growth pattern and environmental changing factors, since growth rate varies with tree diameter, gap size, and interactions within the tree community. This research had aim to understand the growth pattern observing wood anatomy feature, growth rings at group and specie level. Even in the tropics with small seasonal variation, macroscopic growth ring features have been described for many species (Vetter and Botosso, 1989; Vetter, 2000; Worbes *et al.*, 2003; Schöngart, 2008; Miranda *et al.* 2017; López & Villalba 2020; Worbes and Schöngart 2019). Nevertheless, research on the response of these features to environmental variation is still at an incipient stage (Moya and Tomazello, 2007; Brienen *et al.* 2010), and the response of tropical tree ring and vessel parameters have not been investigated in the tropics. Relating stem cross sectional wood anatomical features with individual level response to gap dynamics is very important for the interpretation of growth pattern studies. Ring width is directly responsible for radial growth, whereas vessel cross section area is indirectly brought about by vertical stem growth and elongation of branches (Tyree and Ewers, 1991) reflecting physiological acclimation to improve water absorption near gaps. (Tsuchiya *et al.* 2006). Both parameters were compared with gap features. The results of this study can be applied to prescribe silvicultural treatments in forest management plans in the tropics.

■ MATERIAL AND METHODS

Study area

This study was conducted in primary upland (“terra-firme”) moist forest at Novo Aripuanã municipality, Amazonas state, Brazil (S 5°18', W 60°04'). The climate type is Af by Köppen classification. Mean annual temperature is 26 °C, relative humidity is 85 %, and mean annual rainfall is 3,439 mm, with a clear difference between rainy and dry season (Novo Aripuanã National Water Agency meteorological station).

Experimental design and field measurements

We installed research plots which had formed at least five years after gap formation. Fifteen natural gaps were randomly selected in primary forest, five small ($< 100 \text{ m}^2$), five intermediate ($100\text{-}400 \text{ m}^2$), and five large ($\geq 400 \text{ m}^2$). Gap size was measured at ground level (Runkle, 1982) because gaps close after few years at canopy level. All trees with diameter at breast height (DBH) $\geq 5 \text{ cm}$ within the gap, including a zone of 4 m away from the edge (i.e., those actually and presumably influenced by the formation of the gap) were identified to the genus level, and species, whenever possible.

Tree growth ring and vessel area measurement

Stem surfaces were incised up to the cambium several times throughout one growing year cycle in order to detect growth periodicity in the beginning of the rainy and dry seasons (Mariaux's windows, Mariaux, 1967). Hereafter, we call this cycle of "one year" as growth ring. For microscope observation of ring width and vessel area, wood cores were sampled using an increment borer (Mattson, Sweden) and stem discs were collected (a whole disc or a half to observe the wound in the cambium). Cores and discs were photographed with a digital camera mounted on a microscope Carton C-011. Ring widths were measured with Adobe Photoshop software. For each species, anatomical features were observed, and classified into one of four types of growth rings: 1) fiber, 2) parenchyma band, 3) ray, and 4) vessel (Vetter, 2000). This method was also used to determine gap age via cambium marking on advanced tree regeneration in the same gaps. Vessel area was calculated within four 1 mm^2 quadrats which were randomly selected for each year on images using Photoshop and AutoCAD (Release 15.2) software.

Data analysis

Growth ring width and vessel area were analyzed by Student's t-test ($P < 0.05$). The relationship between growth parameters and gap factors was analyzed by linear regression using Statistics Analysis System (SAS). Dependent variables used were: growth ring width variability ($\text{GRW} = (\text{MRW}_{\text{time2}} - \text{MRW}_{\text{time1}}) / \text{MRW}_{\text{time1}}$, MRW indicating mean growth ring width); vessel area variability ($\text{VA} = (\text{MVA}_{\text{time2}} - \text{MVA}_{\text{time1}}) / \text{MVA}_{\text{time1}}$, MVA indicating mean vessel area). GRW and VA were then classified according to: 1) DBH class (5-10 / 10-20 / 20-40 cm); and 2) tree height class (canopy / subcanopy species). Independent variables were: gap size (m^2), distance from gap center to tree canopy margin (m); distance from gap center to tree stem (m); Neighbor Index ($\text{NI} = (1 - \log(\text{Dis}_{\text{NB1}})) * \text{DBH}_{\text{NB1}} + (1 - \log(\text{Dis}_{\text{NB2}})) * \text{DBH}_{\text{NB2}}$, where

Dis_{NB1} and Dis_{NB2} stand for distance (m), and DBH_{NB1} and DBH_{NB2} stand for DBH (cm), 1 and 2 meaning the nearest and second nearest individuals).

■ RESULTS AND DISCUSSION

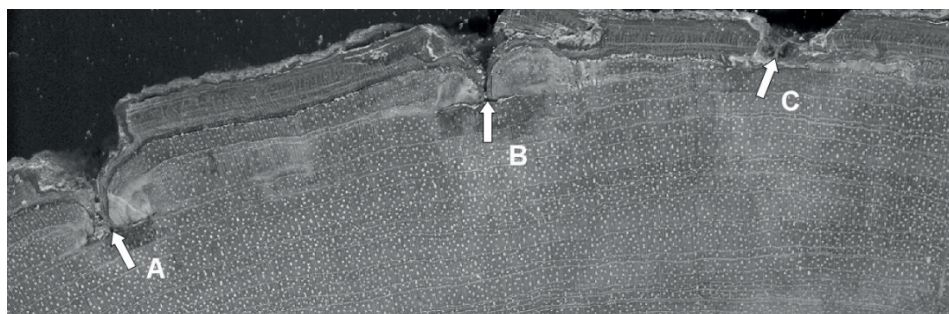
Forest and gap characteristics

Twelve among 15 gaps were created by trunk fall; the rest, by trunk break. They occupied 1.9 hectares of primary forest. The average size of small, medium, and large gaps were 75.5 m², 190.7 m², and 550.6 m², respectively. Based on growth ring counts, the age of the gaps varied from 4 to 11 years. A total of 2,007 tree individuals were inventoried and classified into 56 families, 186 genera, 692 morphospecies, and 16 unidentified species. Sapotaceae was the most numerous family (239 individuals), followed by Burseraceae, Mimosaceae, Lecythidaceae, Caesalpinaceae, and Annonaceae, decreasingly representative. These families accounted for 1,096 (43.5 %) individuals.

Macroscopic observation

Effects of gap formation were investigated from Mariaux's windows and wood samples in the 175 among 226 species (77%) that had visible growth rings. Cambium marks were done on rather rainy and dry seasons to define periodicity (Fig. 1).

Fig. 1. The sequence of cambium marks in *Copaifera multijuga* (DBH = 30 cm). Incisions marked into cambium in the beginning of rainy season (A), dry season (B), and subsequent rainy season (C).



The main growth ring patterns in the tropics have been summarized by Vetter (2000).

Table 1. Growth ring patterns found in the species.

Growth periodicity type	N	%
fiber	78	44.6
parenchyma	42	24.0
fiber-parenchyma	34	19.4
fiber-vessel	13	7.4
parenchyma-vessel	3	1.7
fiber-ray	2	1.1
vessel	2	1.1
parenchyma-ray	1	0.6
fiber	175	100

Regarding growth ring boundaries, the fiber dimensions by lumen type (Fig. 2) was prevalent, present in 73 % of the species (Tab. 1). This majority growth periodicity type by fiber differentiation (Fig.2) coincide with reduction of number or lacking of vessels, as resultant of reduction of growth rithm: *Naucleopsis caloneura*, *Amaioua* sp., *Unonopsis duckei*, *Paypaylora grandiflora*, *Siparuna cristata*, *Quiina negrensis*.

Fig. 2. Growth ring boundaries formed by fiber dimensions (lumen area) in: (a) *Naucleopsis caloneura* (10 x); (b) *Protium hebetatum* (30 x).

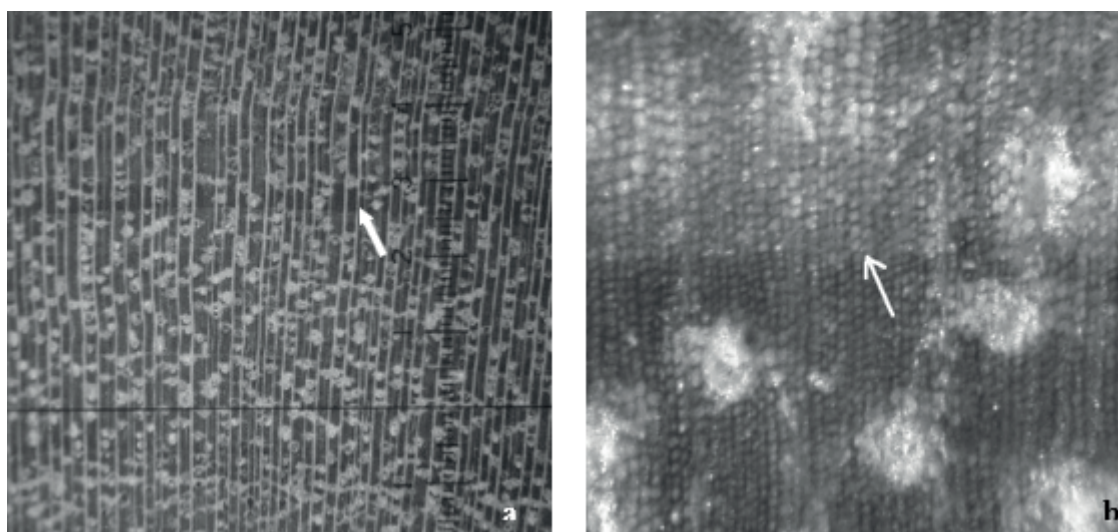


Table 2. shows wood anatomical features of the tree species studied, arranged by ecological group and forest vertical stratum occupied by the canopy. 43% of growth rings were clear among all species for which they were visible. Growth periodicity by vessel size and frequency change associated with fiber differentiation occurred in ten subcanopy intermediate/climax species. Only one canopy species, *Pouteria* sp. 2, showed growth periodicity by vessel change, but associated with parenchyma (Tab. 2).

Table 2. Anatomical and ecological characteristics of tree species

Species	Growth ring			Parenchyma					Strat.	Eco. Group	
	Clear	Type	eye	lens	invisi	parat.	apot.	classification			
Anacardiaceae											
<i>Anacardium</i>	<i>parvifolium</i>	X	fiber		X		X		simple aliform	c	clx
<i>Astronium</i>	<i>le-cointei</i>		parenchyma		X			X	terminal parenchyma	c	clx
Annonaceae											
<i>Anaxcogorea</i>	<i>phaeocarpa</i>		fiber-ray		X			X	scalariform	sc	int
<i>Bocageopsis</i>	<i>multiflora</i>	X	parenchyma	X				X	scalariform	sc	int
<i>Ephedranthus</i>	<i>amazonicus</i>		fiber		X			X	scalariform	sc	clx
<i>Fusaea</i>	<i>longifolia</i>		fiber-vessel		X			X	scalariform	sc	int
<i>Guatteria</i>	<i>foliosa</i>	X	fiber		X			X	scalariform	sc	pio
	<i>meliodora</i>	X	fiber		X			X	scalariform	sc	
	sp. 1	X	fiber		X			X	scalariform	sc	
	sp. 2		fiber		X			X	scalariform	sc	
<i>Malmea</i>	<i>manausensis</i>		fiber		X			X	scalariform	sc	clx
<i>Unonopsis</i>	<i>duckei</i>		fiber		X			X	scalariform	sc	clx
	<i>stipitata</i>		vessel		X			X	scalariform	sc	
Burseraceae											
<i>Protium</i>	<i>apiculatum</i>		fiber			X	X		vasicentric scanty	c	clx
	<i>divaricatum</i>		fiber-parench.			X	X		vasicentric scanty	c	clx
	<i>ferrugineum</i>	X	fiber			X	X		vasicentric scanty	sc	clx
	<i>gallosum</i>		fiber			X	X		vasicentric scanty	sc	clx
	<i>giganteum</i>	X	fiber			X	X		vasicentric scanty	c	clx
	<i>grandifolium</i>		fiber-vessel			X	X		vasicentric scanty	sc	clx
	<i>hebetatum</i>		fiber			X	X		vasicentric scanty	sc	clx
	<i>paniculatum</i>		fiber			X	X		vasicentric scanty	sc	clx
	<i>spruceanum</i>		fiber			X	X		vasicentric scanty	c	clx
	<i>strumosum</i>	X	fiber			X	X		vasicentric scanty	sc	clx
	<i>subserratum</i>		fiber			X	X		vasicentric scanty	c	clx
	<i>unifoliolatum</i>		fiber-vessel			X	X		vasicentric scanty	sc	clx
	sp.		fiber			X	X		vasicentric scanty	sc	clx
<i>Tetragastris</i>	<i>panamensis</i>		fiber-vessel			X	X		vasicentric scanty	sc	clx
Caesalpinaceae											
<i>Cassia</i>	<i>rubriflora</i>	X	fiber-parench.	X			X		aliform - confluent	sc	clx
<i>Dialium</i>	<i>guianense</i>		fiber-vessel			X	X		reticulate	sc	clx
<i>Dimorphandra</i>	sp.	X	fiber-vessel		X		X		simple aliform		clx
<i>Elizabetha</i>	<i>speciosa</i>	X	fiber-parench.		X		X		simple aliform	sc	int
<i>Eperua</i>	<i>oleifera</i>		fiber			X	X		vasicentric scanty	c	clx
<i>Hymenaea</i>	sp.	X	fiber-parench.		X		X		aliform - unilateral		clx
<i>Macrolobium</i>	<i>limbatum</i>		fiber			X	X		simple aliform	c	clx
<i>Peltogyne</i>	<i>paniculata</i>	X	fiber-parench.		X		X		alif.- confluent - unilat.	c	int
<i>Sclerolobium</i>	<i>chrysophyllum</i>	X	fiber			X	X		vasicentric scanty	sc	int
	<i>guianense</i>	X	fiber			X	X		vasicentric scanty	sc	
	<i>setiferum</i>		fiber		X		X		simple aliform	c	int
	sp. 1	X	fiber		X		X		aliform - confluent	c	int
	sp. 2	X	fiber		X		X		aliform - confluent	c	int
<i>Tachigali</i>	sp.	X	fiber		X		X		aliform - confluent	sc	clx
Celasteraceae											
<i>Maytenus</i>	<i>guyanensis</i>	X	parenchyma		X			X	terminal parenchyma	sc	clx

Species	Growth ring		Parenchyma						Strat.	Eco. Group
	Clear	Type	eye	lens	invisi	parat.	apot.	classification		
Chrysobalanaceae										
<i>Hirtella</i>	<i>rodriguesii</i>	parenchyma		X		X		reticulate	sc	int
<i>Licania</i>	<i>apetala</i>	fiber		X		X		reticulate	c	clx
	<i>octandra</i>	parenchyma		X			X	reticulate	sc	int
	<i>macrophylla</i>	fiber-parench.		X		X		reticulate	sc	
	<i>micrantha</i>	fiber		X		X		reticulate	c	int
	sp.	fiber				X	X	vasicentric scanty		
Clusiaceae										
<i>Tovomita</i>		parench.-vessel	X			X		aliform - confluent	sc	int
Dichapetalaceae										
<i>Tapura</i>	<i>amazonica</i>	parench.-vessel		X		X		aliform - confluent	sc	clx
	<i>guianensis</i>	parenchyma		X		X		aliform - confluent	u	clx
	sp.	fiber		X		X		aliform - confluent		
Elaeocarpaceae										
<i>Sloanea</i>	<i>floribunda</i>	parenchyma		X			X	terminal parenchyma	sc	int
	sp. C	fiber-parench.	X			X	X	vasicentric scanty	c	
Euphorbiaceae										
<i>Alchornea</i>	<i>discolor</i>	fiber		X			X	reticulate	sc	int
<i>Alchorneopsis</i>	<i>floribunda</i>	fiber	X			X	X	vasicentric scanty	c	int
<i>Dryptes</i>	<i>variabilis</i>	fiber	X				X	scalariform	sc	clx
<i>Mabea</i>	<i>subsessilis</i>	fiber		X			X	terminal parenchyma	u	int
<i>Senefeldera</i>	<i>macrophylla</i>	parenchyma		X		X		terminal parenchyma	c	clx

Obs.) "parench.": parenchyma, "lens": visible by lens x10. "parat.": paratracheal, "apot.": apotracheal, "alif.": aliform, "unilat.": unilateral, "Strat.": vertical stratum, "c": canopy, "sc": subcanopy, "u": understory, "pio": pioneer, "int": intermediate, "clx": climax.

Table 2.(cont.).

Species	Growth ring		Parenchyma						Strat.	Eco. Group
	Clear	Type	eye	lens	invisi	parat.	apot.	classification		
Fabaceae										
<i>Andira</i>	<i>unifoliolata</i>	fiber-parench.		X			X	aliforme confluyente	c	clx
<i>Diploptropis</i>	<i>triloba</i>	parenchyma				X	X	simple aliform	c	int
<i>Hymenolobium</i>	<i>heterocarpum</i>	fiber-parench.				X	X	aliforme confluyente	sc	int
	sp.	parenchyma				X	X	simple aliform	sc	int
<i>Pterocarpus</i>	<i>rohrrii</i>	parenchyma				X	X	aliforme confluyente	c	clx
<i>Swartzia</i>	<i>recurva</i>	parenchyma	X				X	aliforme confluyente	c	clx
	<i>tomentifera</i>	fiber-parench.	X				X	aliforme confluyente	c	clx
	sp.	fiber-parench.	X				X	simple aliform	c	clx
Flacourtiaceae										
<i>Laetia</i>	<i>procera</i>	fiber-vessel					X	terminal parenchyma	sc	pio
Humiriaceae										
<i>Vantanea</i>	<i>guianensis</i>	vessel					X	aliform - confluent	sc	int
	<i>macrocarpa</i>	fiber	X				X	vasicentric scanty	sc	int
Lauraceae										
<i>Ocotea</i>	<i>aciphylla</i>	fiber					X	vasicentric scanty	sc	int
	<i>amazonica</i>	fiber	X				X	simple aliform	u	int
	<i>nigrescens</i>	fiber	X				X	simple aliform	c	int
Lecythidaceae										
<i>Couratari</i>	<i>stellata</i>	fiber	X				X	reticulate	c	clx
<i>Eschweilera</i>	<i>carinata</i>	parenchyma	X				X	reticulate	c	clx

Species	Growth ring			Parenchyma				Strat.	Eco. Group	
	Clear	Type	eye	lens	invisi	parat.	apot.			classification
<i>collina</i>		parenchyma	X				X	reticulate	c	clx
<i>grandiflora</i>		parenchyma	X				X	reticulate	sc	clx
<i>pedicellata</i>		parenchyma	X				X	reticulate	sc	clx
<i>tessmannii</i>	X	parenchyma	X				X	reticulate	c	clx
<i>truncata</i>	X	parenchyma	X				X	reticulate	c	clx
<i>wachenheimii</i>		parenchyma	X				X	reticulate	sc	clx
sp. 1		parenchyma	X				X	reticulate	sc	clx
sp. 2		parenchyma		X			X	reticulate	sc	clx
sp. 3		parenchyma		X			X	reticulate	sc	clx
Malvaceae										
<i>Bombacaopsis</i>	sp. 1	X	fiber-parench.		X		X	aliform - confluent	sc	int
	sp. 2		fiber		X		X	simple aliform	sc	
<i>Quaralibea</i>	<i>ochrocalyx</i>		fiber-ray		X		X	scalariform	sc	int
<i>Scleronema</i>	<i>micranthum</i>		parench.-ray	X			X	terminal parenchyma	sc	int
<i>Sterculia</i>	<i>duckeana</i>	X	fiber-parench.		X		X	terminal parenchyma	sc	int
	sp. 1	X	fiber-parench.		X		X	scalariform	sc	int
	sp. 2	X	fiber-parench.		X		X	reticulate	c	clx
<i>Teobroma</i>	<i>subincanum</i>	X	fiber		X		X	diffuse	sc	int
	<i>sylvestre</i>	X	fiber-parench.		X		X	terminal parenchyma	sc	int
<i>Lueheopsis</i>	<i>rosea</i>		fiber-parench.		X		X	reticulate	c	int
Meliaceae										
<i>Carapa</i>	<i>guianensis</i>	X	parenchyma		X		X	vasicentric - terminal	sc	int
<i>Guarea</i>	<i>cinnammomea</i>	X	fiber		X		X	aliform - confluent	c	
	sp.	X	fiber-vessel		X		X	aliform - confluent		
<i>Trichilia</i>	<i>schomburgkii</i>		parenchyma		X		X	aliform - terminal	sc	int
	<i>pallida</i>		parenchyma		X		X	aliform - terminal	sc	
Memecylaceae										
<i>Mouriri</i>	<i>angulicosta</i>	X	fiber			X	X	vasicentric scanty	sc	clx
	<i>dimorphandra</i>		fiber		X		X	diffuse	sc	
Mimosaceae										
<i>Abarema</i>	<i>jupunba</i>		fiber		X		X	simple aliform	sc	int
<i>Inga</i>	<i>bicoloriflora</i>		fiber-parench.	X			X	aliform - confluent	sc	int
	<i>cordatoalata</i>	X	fiber		X		X	simple aliform	sc	int
	<i>huberi</i>	X	fiber-parench.	X			X	aliform - confluent	c	int
	<i>lateriflora</i>	X	fiber		X		X	simple aliform	sc	int
	<i>leiocalycina</i>	X	fiber		X		X	simple aliform	sc	int
	<i>obidensis</i>		fiber	X			X	simple aliform	sc	int
	<i>paraensis</i>	X	fiber-parench.	X			X	aliform - confluent	c	int
	<i>rubiginosa</i>	X	fiber		X		X	simple aliform	sc	int
	<i>thibaudiana</i>	X	fiber		X		X	simple aliform	sc	int
<i>Parkia</i>	<i>discolor</i>	X	fiber		X		X	simple aliform	c	int
	<i>multijuga</i>	X	fiber		X		X	simple aliform	c	int
<i>Zygia</i>	<i>racemosa</i>	X	parenchyma	X			X	aliform - confluent	c	int
	sp.		fiber-parench.		X		X	simple aliform	c	int
Miristicaceae										
<i>Iryanthera</i>	<i>coriacea</i>		parenchyma		X		X	terminal parenchyma	sc	int
	<i>juvuensis</i>		fiber-parench.		X		X	terminal parenchyma	sc	int
	sp.		fiber-parench.		X		X	terminal parenchyma	sc	int

Species		Growth ring				Parenchyma				Strat.	Eco. Group
		Clear	Type	eye	lens	invisi	parat.	apot.	classification		
<i>Virola</i>	<i>calophylla</i>	X	fiber			X	X		vasicentric scanty	sc	int
	<i>venosa</i>	X	fiber			X	X		vasicentric scanty	sc	int

Obs.) "parench.": parenchyma, "lens": visible by lens x10. "parat.": paratracheal, "apot.": apotracheal, "Strat.": vertical stratum, "c": canopy, "sc": subcanopy, "u": understory, "pio": pioneer, "int": intermediate, "clx": climax.

Table 2.(cont.).

Species		Growth ring				Parenchyma				Strat.	Eco. Group
		Clear	Type	eye	lens	invisi	parat.	apot.	classification		
Moraceae											
<i>Brosimum</i>	sp.		fiber-parench.		X		X		simple aliform	c	clx
<i>Clarisia</i>	<i>racemosa</i>	X	parenchyma		X			X	aliform - confluent	c	clx
<i>Helicostylis</i>	<i>turbinata</i>	X	fiber		X			X	simple aliform		clx
<i>Naucleopsis</i>	<i>caloneura</i>		fiber		X		X		aliform - confluent	sc	int
	<i>macrophylla</i>		fiber			X	X		simple aliform		
	<i>ulei</i>		fiber		X		X		aliform - confluent	c	clx
<i>Pseudolmedia</i>	<i>laevis</i>		fiber-parench.		X		X		aliform - unilateral	c	clx
Myrtaceae											
<i>Eugenia</i>	<i>florida</i>	X	fiber-parench.		X		X		aliform - confluent	c	clx
	sp. 1	X	fiber-parench.		X		X		simple aliform	sc	clx
	sp. 2		fiber		X		X		aliform - confluent	sc	clx
	sp. 3		fiber		X		X		aliform - confluent	sc	clx
Ochnaceae											
<i>Ouratea</i>	<i>discophora</i>	X	fiber		X		X		aliform - confluent	sc	int
Olacaceae											
<i>Aptandra</i>	<i>tubicina</i>	X	fiber		X			X	scalariform	sc	int
<i>Minquartia</i>	<i>guianensis</i>		fiber		X		X		simple aliform	sc	clx
Quiinaceae											
<i>Lacunaria</i>	<i>jenmani</i>		fiber-vessel			X	X		vasicentric scanty	sc	clx
<i>Quiina</i>	<i>negrensis</i>		fiber			X	X		vasicentric scanty	sc	clx
Rubiaceae											
<i>Amaioua</i>	<i>guanensis</i>		fiber		X		X		aliform - confluent	u	clx
	sp.		fiber-vessel		X		X		aliform - confluent	sc	clx
<i>Ferdinandusa</i>	sp.		fiber-vessel			X	X		vasicentric scanty	sc	int
Rutaceae											
<i>Zanthoxylum</i>	sp.	X	parenchyma	X				X	terminal parenchyma	sc	int
Sapindaceae											
<i>Talisia</i>	<i>allenii</i>		fiber-parench.		X		X		simple aliform	u	clx
Sapotaceae											
<i>Chrysophyllum</i>	<i>amazonicum</i>	X	parenchyma		X			X	reticulate	c	clx
<i>Pouteria</i>	<i>gardneri</i>	X	parenchyma		X			X	reticulate	c	clx
	<i>campanulata</i>	X	parenchyma		X			X	reticulate	c	clx
	<i>filipes</i>	X	parenchyma		X			X	reticulate	c	clx
	<i>guianensis</i>	X	parenchyma		X			X	reticulate	c	clx
	<i>hispida</i>	X	parenchyma		X			X	reticulate	c	clx
	<i>oblanceolata</i>		parenchyma		X			X	reticulate	sc	clx
	<i>pallens</i>		parenchyma		X		X		reticulate	c	clx
	<i>platyphylla</i>		parenchyma		X			X	reticulate	sc	clx
	<i>reticulata</i>		parenchyma		X			X	reticulate	c	clx
	<i>torta</i>		parenchyma		X			X	reticulate	c	clx

Species	Growth ring			Parenchyma					Strat.	Eco. Group
	Clear	Type	eye	lens	invisi	parat.	apot.	classification		
sp. 1		fiber		X			X	reticulate	c	clx
sp. 2		parench.-vessel		X		X		simple aliform	c	clx
sp. 3		parenchyma		X			X	reticulate	c	clx
<i>Sarcaulos</i>	<i>brasiliensis</i>	parenchyma		X		X		reticulate	c	clx
Simaroubaceae										
<i>Simaba</i>	<i>cedron</i>	X	fiber-parench.	X			X	terminal parenchyma	sc	int
<i>Simarouba</i>	<i>amara</i>		fiber-parench.		X	X		simple aliform	sc	int
Siparunaceae										
<i>Siparuna</i>	<i>crystata</i>		fiber		X		X	scalariform	u	pio
	<i>deciens</i>		fiber		X		X	scalariform	sc	clx
	<i>guyanensis</i>		fiber		X		X	scalariform	u	
	<i>monogyna</i>		fiber		X		X	scalariform	sc	clx
	sp.		fiber		X		X	scalariform		
Urticaceae										
<i>Cecropia</i>	<i>sciadophylla</i>		fiber-parench.			X	X	vasicentric scanty	csc	pio
<i>Pourouma</i>	<i>bicolor</i>		fiber		X		X	diffuse	sc	pio
	<i>ferruginea</i>		fiber		X		X	simple aliform	sc	pio
	<i>guyanensis</i>	X	fiber-parench.		X		X	aliform - vasicentric	sc	pio
	<i>minor</i>	X	fiber-parench.		X		X	aliform - vasicentric	c	pio
	<i>velutina</i>	X	fiber			X	X	vasicentric scanty	sc	pio
	<i>villosa</i>	X	fiber		X		X	aliform - vasicentric	sc	pio
Verbenaceae										
<i>Vitex</i>	<i>triflora</i>	X	fiber-vessel			X	X	vasicentric scanty	sc	int
Violaceae										
<i>Leonia</i>	<i>cymosa</i>		fiber-parench.		X		X	aliform - unilateral	sc	clx
<i>Paypalora</i>	<i>grandiflora</i>		fiber			X	X	simple aliform	sc	clx
	<i>macrophylla</i>		fiber			X	X	simple aliform	sc	clx
<i>Rinorea</i>	<i>racemosa</i>	X	fiber-vessel		X		X	simple aliform	u	clx

Obs.) "parench.": parenchyma, "lens": visible by lens x10. "parat.": paratracheal, "apot.": apotracheal, "Strat.": vertical stratum, "c": canopy, "sc": subcanopy, "u": understory, "pio": pioneer, "int": intermediate, "clx": climax.

Growth ring width and gap formation

Growth ring width data for complete ten year series (five years before and after gap formation) were obtained for 384 individuals over 115 of 175 species. The five-year average growth ring width (one cycle of dry / rainy season) jumped from 1.77 mm y⁻¹ (± 0.04 mm y⁻¹, $P < 0.05$) to 2.46 mm y⁻¹ (± 0.06 mm y⁻¹, $P < 0.001$; Fig. 3a) after gap formation. The increase was evident in every stem diameter class (5-10 / 10-20 / 20-40 / > 40 cm) ($P < 0.001$; Fig. 3-b). Thus, ring growth decreased moderately in the subsequent year, and stabilized at a similar rate (Fig. 3b).

Fig. 3a. Mean growth ring width before and after gap formation, averaged by all 384 individuals over 115 species. In x axis, b_i , a_i : year i before and after gap formation, respectively; dashed line: time of gap formation.

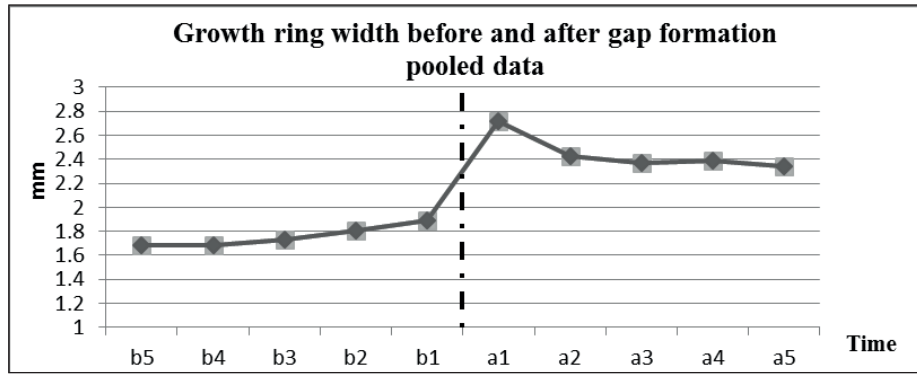
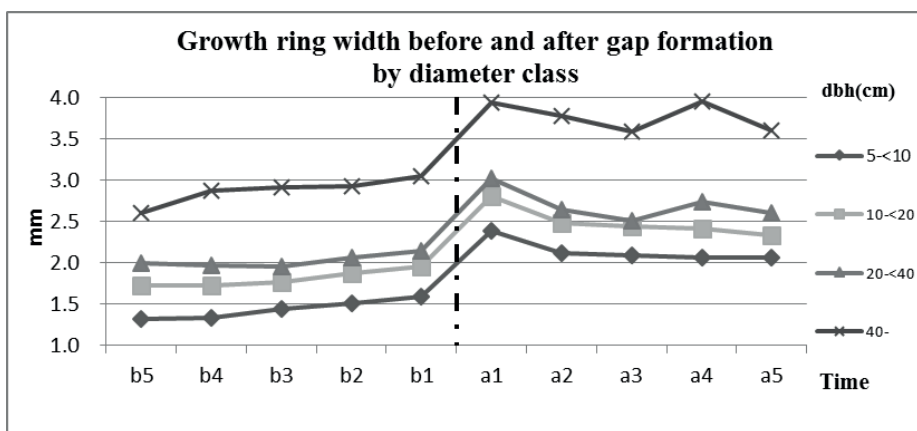


Fig. 3b. Mean growth ring width of individuals, classified by DBH. In x axis, b_i , a_i : year i before and after gap formation, respectively; dashed line: time of gap formation.



Mean ring growth before and after gap formation decreased as DBH increased (5-10 cm: 1.46 ± 0.04 to 2.14 ± 0.06 mm y^{-1} , $P < 0.001$; 10-20 cm: 1.81 ± 0.06 to 2.49 ± 0.08 mm y^{-1} , $P < 0.001$; 20-40 cm: 2.03 ± 0.12 to 2.70 ± 0.16 mm y^{-1} , $P < 0.001$; > 40 cm: 2.88 ± 0.25 to 3.77 ± 0.35 mm y^{-1} , $P < 0.001$). Also, variability of increase was higher in large DBH classes (Tab. 3).

Table 3. Tree growth ring width before and after gap formation in each DBH class.

DBH (cm)	5-10		10-20		20-40		> 40	
	before	after	before	after	before	after	before	after
Mean (mm y^{-1})	1.46	2.14	1.81	2.49	2.03	2.70	2.88	3.77
CI ($\alpha = 0.05$)	± 0.04	± 0.06	± 0.06	± 0.08	± 0.12	± 0.16	± 0.25	± 0.35

CI: confidence interval

Growth ring width significantly increased after gap formation for all DBH classes regardless of gap size, except for individuals with DBH > 40 cm in medium-sized gaps. This was more evident for small trees (Tab. 4).

Table 4. Mean tree ring width before and after gap formation in each DBH class and gap size.

Gap size		DBH			
		5 - < 10 cm	10 - < 20 cm	20 - < 40 cm	≥ 40 cm
Large	Before	1.44 (± 0.05)	1.77 (± 0.09)	2.11 (± 0.15)	2.57 (± 0.25)
	After	2.16 (± 0.08)	2.40 (± 0.12)	2.77 (± 0.19)	3.44 (± 0.34)
	Increase (%)	49.4	35.9	31.6	33.8
	P	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Medium	Before	1.43 (± 0.10)	1.79 (± 0.11)	1.99 (± 0.29)	3.25 (± 0.49)
	After	2.14 (± 0.12)	2.52 (± 0.16)	2.69 (± 0.37)	3.63 (± 0.51)
	Increase (%)	49.5	41.1	35.3	11.7
	P	< 0.001	< 0.001	0.0018	0.1368
Small	Before	1.41 (± 0.10)	1.83 (± 0.17)	-	-
	After	2.09 (± 0.16)	2.52 (± 0.26)	-	-
	Increase (%)	44.9	37.2	-	-
	P	< 0.001	< 0.001	-	-

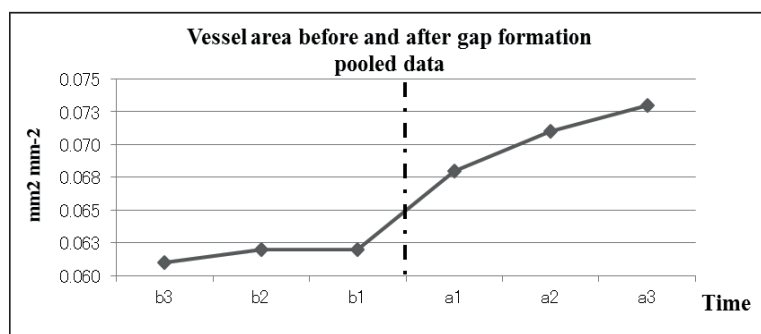
Values between brackets are confidence intervals ($\alpha = 0.05$). P value was calculated with Tukey test. For classes 20-40 cm and ≥ 40 cm in small gaps, the number of individuals was insufficient for analysis. "Increase (%)" means increase rate.

During five years after gap formation, mean ring growth in/near gaps ($2.46 \text{ mm year}^{-1}$) was higher than in other studies in tropical forests at stable succession stages, which were at the $1\text{-}2 \text{ mm}\cdot\text{year}^{-1}$ range (Higuchi *et al.*, 1998; Worbes, 1999; Silva *et al.*, 2002; Chambers *et al.*, 2001; Clark *et al.*, 2003; Laurance *et al.*, 2004; Toledo *et al.*, 2011; Ouriqui *et al.*, 2014). This tells us that trees are stimulated by gap formation, and continue to grow a few years.

Vessel area and gap formation

Throughout the entire data set, mean vessel area increased from $0.062 \text{ mm}^2 \text{ mm}^{-2} \text{ year}^{-1}$ ($\pm 0,002$; $\alpha = 0.05$) to $0.071 \text{ mm}^2 \text{ mm}^{-2} \text{ year}^{-1}$ (± 0.004 ; $\alpha = 0.05$) after gap formation (Fig. 4).

Fig. 4. Mean vessel area before and after gap formation, averaged by all 399 individuals over 148 species. In x axis, b, a; year i before and after gap formation, respectively; dashed line: time of gap formation.



Therefore, vessel area change becomes clearer when the data are stratified by DBH class per gap size: small / medium / large. It significantly increased for individuals with $5 \leq \text{DBH} < 10$ cm and $10 \leq \text{DBH} < 20$ cm in large gaps. In medium-sized gaps, an increase was observed only for the class of $10 \leq \text{DBH} < 20$ cm. No significant variation was found for trees in any DBH class in small gaps (Tab. 5).

Table 5. Mean vessel area before and after gap formation in each DBH class and gap size.

Gap size		DBH			
		5 - < 10 cm	10 - < 20 cm	20 - < 40 cm	≥ 40 cm
Large	Before	0.054 (± 0.004)	0.061 (± 0.004)	0.072 (± 0.006)	0.101 (± 0.012)
	After	0.059 (± 0.004)	0.067 (± 0.004)	0.079 (± 0.007)	0.149 (± 0.056)
	Increase (%)	10.4	10.9	10.8	47.6
	<i>P</i>	0.0264	0.0137	0.0519	0.0534
Medium	Before	0.046 (± 0.005)	0.053 (± 0.004)	0.079 (± 0.014)	0.098 (± 0.025)
	After	0.050 (± 0.006)	0.061 (± 0.006)	0.085 (± 0.014)	0.119 (± 0.024)
	Increase (%)	9.3	14.4	7.2	22.8
	<i>P</i>	0.1469	0.0166	0.2774	0.0969
Small	Before	0.047 (± 0.007)	0.072 (± 0.01)	0.044 (± 0.012)	0.101 (± 0.015)
	After	0.048 (± 0.006)	0.074 (± 0.008)	0.049 (± 0.015)	0.098 (± 0.019)
	Increase (%)	0.2	2.6	10.2	-2.4
	<i>P</i>	0.4898	0.3902	0.3130	0.4166

Values between brackets are confidence intervals ($\alpha = 0.05$, in brackets). *P* value was calculated with Tukey test. "Increase (%)" means increase rate.

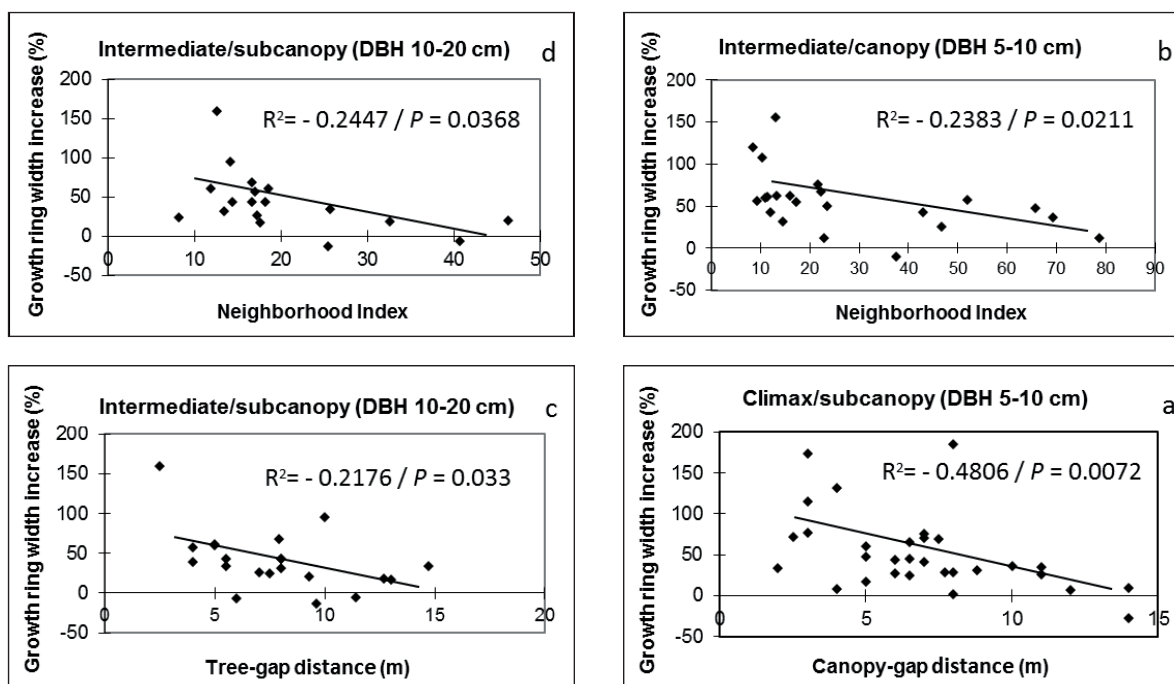
This result shows that elongation of stems and branches in smaller individuals is greater in large canopy openings, and results in increased vessel area. Trees of DBH ≥ 20 cm do not obviously respond to gap formation, although radial growth was significant for all DBH classes. It corresponds to the result of periodicity type that minority of species forms growth ring by vessel differentiation (Tab. 1).

Species response by successional group and position in canopy

For a more detailed understanding of the changes in growth ring width and vessel area at an occurrence of treefall gap, species were classified into four groups from the viewpoint of succession stage and position in canopy: 1) climax / canopy, 2) climax / subcanopy, 3) intermediate / canopy, 4) intermediate / subcanopy. Understory species were assigned to subcanopy categories. Regression test between tree ring growth by successional group / canopy position and environmental factors was analyzed for 115 species ($n = 384$).

With regard to growth ring width, small diameter classes (DBH = 5-20 cm) respond more to distance from gap and neighborhood index (Fig. 5a-d). This confirms the adequacy of thinning around juvenile stands or advanced regeneration of interest species to improve diametrical growth.

Fig. 5. Regression test between tree ring growth and environmental factors. Ring width is expressed as increase rate (% , n = 384 individuals, 115 species) after gap formation. “Canopy-Gap” = distance from gap center to margin of tree canopy; “Tree-Gap” = distance from gap center to tree stem base position.



Relationship between vessel area in stem cross sections and successional group / canopy position was analyzed for 143 species (n = 354). For vessel area increase, only intermediate / subcanopy species (10 ≤ DBH < 20 cm) and climax / subcanopy species (5 ≤ DBH < 10 cm) reached a significant level in the relationship with gap size ($R^2 = 0,1216 / P = 0.0236$; $R^2 = 0.1737 / P = 0.0274$, respectively).

Growth ring width and vessel area responded more distinctly to gap factors in intermediate successional species. Although pioneer and opportunistic species have a high plasticity to environmental change (Chazdon and Pearcy, 1986; Swaine and Whitmore, 1988), the results of this study shed detail into how stem size, position in canopy, and successional group are related to gap features. In the intermediate / subcanopy group, DBH = 10-20 cm, ring width, and vessel area were negatively correlated with distance to gap and neighborhood index. Ring width and vessel area are negatively correlated to distance to gap in the case of climax / subcanopy species, which can acclimate to microenvironmental changes. These species, e.g., *Eschweilera wachenheimii*, *Protium hebetatum*, *Rinorea racemosa*, *Amaioua guianensis*, were abundant in this study (67 % of individuals were in the climax/subcanopy group).

It is known that subcanopy tree species have a greater ability to absorb soil water in and near gaps (Kapos *et al.*, 1990; van Dam, 2001). In the present study, subcanopy species in both intermediate and climax successional groups tended to optimize vessel area in large gaps. Nevertheless, maintaining the hydric potential necessary to avoid embolism brings difficulties for larger individuals because gravity increases with height (Zimmermann, 1983; Thomas, 2000). Consequently, only juvenile trees (DBH = 5-10 cm) responded to gaps. Intermediate and climax canopy species demand open canopies. However, canopy species

did not respond to gap factors, in particular, vessel area. This might be due to species-specific strategies mitigating vulnerability to embolism. For canopy species, growth ring boundary appears as a parenchyma band in cross section. The vessel distribution is the diffused porous, and vessel size does not change throughout the year. In subcanopy species, fiber density varies, but nothing changes in parenchyma. Therefore, growth rings were clearly different between the two groups (Tab. 2).

Species classification according to response to gap formation

Most tree species have naturally low frequency in Amazonian moist forests (Gentry, 1988). With some exceptions, abundant species can be classified into four groups based on the response of growth ring width and vessel area to gap formation (Tab. 6).

Table 6. Species classification according to response of growth ring width and vessel area to gap formation

Family	Genus	Specie	Stratum	Eco.Grp	DBH(cm)	Elong.
Species group 1: increase in ring width + increase in vessel area						
Lecythidaceae	<i>Eschweilera</i>	<i>tessimanii</i>	canopy	climax	≥20	X
Fabaceae	<i>Pterocarpus</i>	<i>rohrii</i>	canopy	climax	5-20	X
Moraceae	<i>Naucleopsis</i>	<i>ulei</i>	canopy	climax	5-20	X
Sapotaceae	<i>Pouteria</i>	<i>guianensis</i>	canopy	climax	5-20	X
Mimosaceae	<i>Inga</i>	<i>paraensis</i>	canopy	intermediate	5-20	
Myrtaceae	<i>Calycolpus</i>	spp	subcanopy	climax	5-20	
Chrysobalanaceae	<i>Licania</i>	spp	subcanopy	intermediate	5-20	
Species group 2: increase in ring width > increase in vessel area						
Anacardiaceae	<i>Astronium</i>	<i>lecointei</i>	canopy	climax	5-20	
Caesalpinaceae	<i>Copaifera</i>	<i>multijuga</i>	canopy	climax	5-20	X
Fabaceae	<i>Swartzia</i>	<i>recurva</i>	canopy	climax	5-20	X
Lecythidaceae	<i>Eschweilera</i>	<i>tessimanii</i>	canopy	climax	5-20	X
Mimosaceae	<i>Zygia</i>	<i>racemosa</i>	canopy	climax	5-20	X
Sapotaceae	<i>Pouteria</i>	<i>campanulata</i>	canopy	climax	5-20	X
Sapotaceae	<i>Sarcaulos</i>	<i>brasiliensis</i>	canopy	climax	5-20	X
Mimosaceae	<i>Parkia</i>	<i>multijuga</i>	canopy	intermediate	5-20 / ≥20	X
Annonaceae	<i>Unonopsis</i>	spp	subcanopy	climax	5-20	
Burseraceae	<i>Protium</i>	spp	subcanopy	climax	5-20	
Dichapetalaceae	<i>Tapura</i>	spp	subcanopy	climax	5-20	
Myrtaceae	<i>Eugenia</i>	spp	subcanopy	climax	5-20	
Rubiaceae	<i>Amaioua</i>	spp	subcanopy	climax	5-20	
Violaceae	<i>Paypayrola</i>	spp	subcanopy	climax	5-20	
Siparunaceae	<i>Siparuna</i>	spp	subcanopy	?	5-20	
Bombacaceae	<i>Quaralibea</i>	<i>occhrocalyx</i>	subcanopy	intermediate	5-20	X
Mimosaceae	<i>Inga</i>	spp	subcanopy	intermediate	5-20	
Miristicaceae	<i>Iryanthera</i>	<i>coriacea</i>	subcanopy	intermediate	5-20	X
Sterculiaceae	<i>Sterculia</i>	spp	subcanopy	intermediate	5-20	
Species group 3: increase in vessel area > increase in ring width						
Violaceae	<i>Rinoria</i>	spp	subcanopy	climax	5-20	
Mimosaceae	<i>Inga</i>	<i>bicoloriflora</i>	subcanopy	intermediate	5-20	
Miristicaceae	<i>Iryanthera</i>	spp	subcanopy	intermediate	5-20	X

Family	Genus	Specie	Stratum	Eco.Grp	DBH(cm)	Elong.
Miristicaceae	<i>Virola</i>	<i>theiodora</i>	subcanopy	intermediate	5-20	X
Species group 4: no increase in ring width / vessel area						
Urticaceae	<i>Pourouma</i>	<i>villosa</i>	subcanopy	pioneira	5-20	X
Urticaceae	<i>Pourouma</i>	spp	subcanopy	pioneira	5-20	

“Stratum”: vertical stratum, “Eco.Grp”: ecological (successional) group, “Elong.”: species whose branches elongate into gap space.

The seven species composing Group 1 respond by both growth ring width and vessel area increase. These species have diffuse-porous vessel distribution. However, in this study, discontinuity of vessels was observed at an occurrence of canopy openness. These species elongate branches in search for light into canopy gaps, and consequently leaf area increases. This may bring about anatomical plasticity, such as increase of vessel area, to raise water intake, more than physiological plasticity, like stomatal control (Tyree and Ewers, 1991).

Inga paraensis is a colonizer species. A radial growth of 3.23 mm year⁻¹ has been reported (Laurance *et al.*, 2004), and maximum age was estimated at 78 years (Holm *et al.*, 2014). In this study, DBH of juvenile individuals ranged from 5 to 10 cm, and increase rate was relatively small, although significant (from 1.25 to 2.65 mm year⁻¹, $P < 0.0001$). Likewise, growth ring width of *Licania* spp., a subcanopy species, increased from 1.42 to 1.81 mm year⁻¹ (DBH: 5-20 cm), more than in *L. octandra* reported by Laurance *et al.* (2004: 0.73 mm year⁻¹).

The response of *Eschweilera tessimanii* varied with stem diameter. While individuals with DBH = 5-20 cm varied in radial growth, those with DBH ≥ 20 cm varied in radial growth and vessel area, suggesting that this canopy species shifted response strategy to gap microenvironment according to tree size.

Species such as *Astronium lecointei*, *Copaifera multijuga*, *Pouteria campanulata*, *Sarcaulos brasiliensis*, *Swartzia recurva*, *Zygia racemosa*, and *Parkia multijuga* reacted more conspicuously in growth ring width than in vessel area at gap openings. Most of them are climax species, and their crowns reach the height of forest canopy and subcanopy (Tab. 6). The strategy to maximize water transport efficiency lies in a homogeneous distribution of vessels. Small-sized vessels minimize risk of xylem embolism in extreme dry season conditions (Zimmermann, 1983). These species develop physiological plasticity, such as stomatal control, to optimize water translocation (Sarmiento *et al.*, 1985).

In contrast, in the case of individuals with DBH < 20 cm, subcanopy/climax species prioritize radial growth and reach their maximum inherent height (Tab. 6). Furthermore, fiber lumen in stem cross sections reflect radial growth of subcanopy individuals in gaps, while vessels are diffusely distributed with no change in size (Tab. 2).

Group 3 is composed predominantly of intermediate / subcanopy species which do not respond to gap formation by ring width (Tab. 6). Their life is spent under the canopy, with little solar radiation. Elongation of subcanopy branches was also frequently observed

in *Iryanthera* spp and in *Virola* spp. However, branches of both species were verticillar. The pattern may not be driven by search for radiation in gap space. As to *Rinorea* spp., growing under the subcanopy, averaging 8.6 m in height and 8.9 cm in stem diameter (n = 55), on the other hand, we estimate that individuals with stem diameter smaller than 20 cm had already reached maturity.

For Group 1 and 3, the vessel area change was observed in gap opening. This means that these genera and species respond to increasing vessel area by changing soil water. Especially genus *Inga* changed in group 1 and 3, genus *Iryanthera* in group 2 and 3, *Eschweilera tessimani* in group 1 and 2 by different diameter size. They optimize the use of water as anatomical plasticity in gap opening, while many species do not change the vessel area. This aspect may explain that these species are more resistant to environmental changes. Among these species, *Inga* spp., all species studied with paratracheal parenchyma with simple aliforms - confluent (Tab. 6) can response more dynamically to environmental changes such as opening of gaps.

Group 4 is composed of pioneer species only, which expand vessel area at an occurrence of treefall gap (Tab. 6). Most individuals have thin stems, but primary growth is quite high, suggesting that it is primarily associated with optimization through architectural change. Phillips *et al.* (2001) reported that gap colonizing species *Simarouba amara* and *Tapirira guianensis* optimize hydraulic conductivity through change in leaf area via physiological plasticity in stomatal opening. Leaf area is highly correlated with hydraulic conductivity in xylem in order to assure water translocation (Tyree and Ewers, 1991). Thus, they respond to gap opening faster than all other species.

■ CONCLUSION

Average tree growth in treefall gaps (2.46 mm year⁻¹) was high compared with other results for the tropics. The most representative species in the gaps studied were sensitive to gap formation: growth ring width and mean vessel area increased right after gap opening, although variation was lower in the latter. Species showed different response strategies to gap size and distance from gap to stand (gap factors) according to successional position (ecological group) and canopy position: while species in the subcanopy intermediate/climax group responded to gap opening through growth ring width and vessel area increase, for those in the canopy intermediate group, growth ring width increased by reducing competition among individuals in gaps rather than as a response to gap factors. At the species level, some immediately changed growth ring width and/or vessel area in response to gap formation, whereas others did not respond at all. Basically, however, since gaps generate competition among individual trees, gap study is indispensable to tropical forest management and silviculture.

■ REFERENCES

1. Brienen, R.J.W., Zuidema, P.A., Martínez-Ramos, M. 2010. Attaining the canopy in dry and moist tropical forests: strong differences in tree growth trajectories reflect variation in growing conditions. *Oecologia* 163: 485-496.
2. Chambers, J.Q., Van Eldik, T., Southon, J., Higuchi, N. 2001. Tree age structure in tropical forests of central Amazonia. In: Bierregaard, R.O. Gascon, C.; Lovejoy, T.; Mesquita, R. (Eds.), *Lessons from Amazonia: Ecology and Conservation of a Fragmented Forest*. Yale University Press, New Haven, pp. 68-78.
3. Chazdon, R.L., Pearcy, 1986. Photosynthesis response to light variation in rainforest species. *Oecologia* 69, 524-531.
4. Clark, D.A., Piper, S.C., Keeling, C.D., Clark, D.B. 2003. Tropical rain forest tree growth and atmospheric carbon dynamics linked to interannual temperature variation during 1984-2000. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*. 100, 5852-5857.
5. d'Oliveira, M. V. N., Ribas, L. A. 2011. Forest regeneration in artificial gaps twelve years after canopy opening in Acre State Western Amazon. *For. Eco. Manage.* 261, 1722-1731.
6. Gentry, A. H. 1988. Tree species richness of upper Amazonian forests. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*. 85, 156-159.
7. Herault, B., Ouallet, J., Blanc, L., Wagner, F., Baraloto, C. 2010. Growth responses of neotropical trees to logging gaps. *J. Appl. Ecol.* 47, 821-831.
8. Higuchi, N., Santos, J.D., Ribeiro, R.J., Minette, L., Biot, Y. 1998. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia Brasileira. *Acta Amazonica* 28, 153-165.
9. Holm, J.A., Chambers, J.Q., Collins, W.D., Higuchi, N. 2014. Forest response to increased disturbance in the central Amazon and comparison to western Amazonian forests. *Biogeosciences* 11, 5773-5794.
10. Kapos, V., Pallant, E., Bien, A., Freskos, S. 1990. Gap frequencies in lowland rain forest sites on contrasting soils in Amazonian Ecuador. *Biotropica* 22 (3), 218-225.
11. Laurance, W.F., Nascimento, H.E.M., Laurance, S.G., Condit, R., D'Angelo, S.,
12. Andrade, A., 2004. Inferred longevity of Amazonian rainforest trees based on a long-term demographic study. *For. Ecol. Manage.* 190, 131-143.
13. Machado, S. A., C.C. Cardoso, L.C.R. Silva, B.H. Czelusniak and N.T. Zamin, 2015. Edge effect on Dendrometric and floristic parameters of a forest fragment. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 9: 275-279.
14. Mariaux, A. 1967. Les cernes dans les bois tropicaux africains. *Nature et périodicité. Bois et Forêts des Tropiques* 114, 23-37.
15. Montgomery, R. A., Chazdon, R. L. 2002. Light gradient partitioning by tropical tree seedlings. *Oecologia* 131, 165-174.

16. Moya, R., Tomazello, F. M. 2007. Wood density and fiber dimensions of *Gmelina arborea* in fast growth trees in Costa Rica: relation to the growth rate. Invest. Agrar. Sist. Recur. For. 16: 267-276.
17. Ourique, L. K., Souza, C. A. S., Silva, R. O., Noguchi, H., Suwa, R., Kajimoto, T., Ishizuka, M., Santos, J., Higuchi, N. 2014. Relação entre produção de serapilheira e incremento em diâmetro de uma floresta madura na Amazônia central. In: Lima, A.J.N., Durgante, F.M., Campos, M.A.A., Santos, J.S., Ishizuka, M., Higuchi, N. (Eds.), Dinâmica do carbono das florestas da Amazônia. Editora INPA. Manaus, pp. 49-54.
18. Phillips, N., Bond, B.J., Ryan, M.G. 2001. Gas exchange and hydraulic properties in the crowns of two tree species in a Panamanian moist forest. Trees 15, 123-130.
19. Runkle, J.R. 1982. Patterns of disturbance in some old-growth mesic forests of eastern North America. Ecology 63, 1533-1546.
20. Sarmiento, G., Goldstein, G., Meinzer, F. 1985. Adaptive strategy of woody species in neotropical savanas. Biological Review. 60, 315-355.
21. Schöngart, J. 2008. Growth-Oriented Logging (GOL): A new concept towards sustainable forest management in central Amazonian várzea floodplains. For. Ecol. Manage. 256, 46-58.
22. Silva, R. P.; dos Santos, J.; Tribuzy, E. S.; Chambers, J. Q.; Nakamura, S.; Higuchi, N. 2002. Diameter increment and growth patterns for individual tree growing in Central Amazon, Brasil. For. Ecol. Manage. 166, 295-301.
23. Swaine, M.D., Whitmore, T.C. 1988. On the definition of ecological groups in tropical rain forest. Vegetatio 75, 31-86.
24. Thomas, P. A. 2000. Trees: their natural history. Cambridge University Press. Cambridge, 261p.
25. Toledo, M., Poorter, L., Peña-Claros, M., Alarcón, A., Balcázar, J., Leño, C., Licona, J. C., Llanque, O., Vroomans, V., Zuidema, P., Bongers, F. 2011. Climate is a stronger driver of tree and forest growth rates than soil and disturbance. J. Ecol. 99, 405-413.
26. Tsuchiya, A., Tanaka, A., Higuchi, N., Lisboa, P.B. 2006. Growth of trees and microclimates in a gap dependent forest in central Amazonia. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, Ciências naturais, Belém, 2 (2): 47-63.
27. Tyree, M., Ewers, F. W. 1991. The hydraulic architecture of trees and other woody plants. New Phytol. 119, 345-360.
28. Van Dam, O. 2001. Forest filled with gaps. Effects of gap size on water and nutrient cycling in tropical rain forest. A Study in Guyana. Tropenbos-Guyana Series 10. Georgetown, Guyana, 208p.
29. Vetter, R. E., Botosso, P.C. 1989. Remarks on age and growth rate determination of Amazonian trees. IAWA Bulletin 10, 133-145.
30. Vetter, R.E. 2000. Growth periodicity and age of Amazonian tree species. Methods for their determination. In: Roig F.A. (Ed.), Dendrocronología en América Latina. Mendonza, Argentina, pp. 135-155.
31. Whitmore, T.C. 1975. Tropical rain forests of the Far East. Clarendon Press. Oxford, 208p.

32. Worbes, M. 1999. Annual growth rings, rainfall-dependent growth and long-term growth patterns of tropical trees from the Caparo Forest Reserve in Venezuela. *Ecology* 87, 391-403.
33. Worbes, M., Staschel, R., Roloff, A., Junk, W. J. 2003. Tree ring analysis reveals age structure, dynamics and wood production of a natural forest stand in Cameroon. *For. Ecol. And Manage.* 173, 105-123.
34. Worbes, M and Schöngart, J. 2019. Measures for sustainable forest management in the tropics – A tree-ring based case study on tree growth and forest dynamics in a Central Amazonian lowland moist forest. *PloS One*, v.14, p. e0219770.
35. Zimmermann, M.H. 1983. *Xylem structure and the ascent of Sap*, Springer, Berlin, 143p.

Estudo das fibras no entrenó do colmo de *Guadua* spp. (Poaceae) Nativas do Acre - Brasil

| **Ana Fabrícia Alves de Miranda**
UnB

| **Juliana Sabino Rodrigues**
LPF

| **Dalva Graciano-Ribeiro**
UFG

RESUMO

Com o declínio expressivo da biodiversidade do nosso planeta, existe hoje uma urgência circunstancial por alternativas mais sustentáveis para os vários setores da indústria de produtos vegetais. **Objetivo:** neste trabalho analisou-se as características anatômicas das fibras do entrenó de cinco espécies de bambu (*Guadua* sp.1, *Guadua* sp.2, *G. angustifolia*, *Guadua* sp. 4 e *G. latifolia*) nativas do Estado do Acre-Brasil com o intuito de encontrar características favoráveis ao aproveitamento desse recurso. **Método:** as amostras foram coletadas em regiões de mata ciliar do Rio Purus nos municípios de Sena Madureira e Assis Brasil. O material foi macerado, montado em lâmina permanente e analisado quanto à composição celular e as dimensões das fibras. **Resultado:** as fibras das espécies analisadas possuem comprimento (2,37 – 2,99 mm), diâmetro da fibra (16,5 – 23,97 μm), diâmetro do lume (4,69 – 9,37 μm) e espessura da parede celular (5,34 – 8,68 μm). De acordo com os valores obtidos no índice de enfiletramento, coeficiente de flexibilidade e fração de parede pode-se dizer que estas espécies possuem fibras longas e estreitas, pouco flexíveis com grande percentual de sua estrutura ocupado por parede celular. Segundo o índice de Runkel, as espécies analisadas são classificadas como regulares para a produção de papel, excetuando *Guadua* sp. 1 e *Guadua* sp. 4. **Conclusão:** os resultados mostraram que os colmos das espécies estudadas possuem grande versatilidade com potencial para atender as necessidades de vários setores da indústria brasileira, desde a produção de celulose até a construção civil e produção de energia.

Palavras-chave: Fibra de Bambu, Anatomia de *Guadua*, Colmo de *Guadua*.

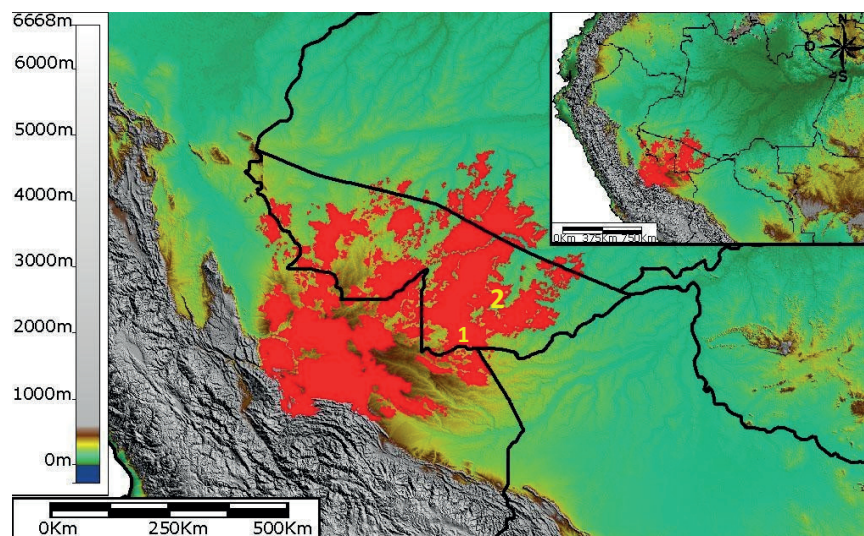
■ INTRODUÇÃO

Os bambus são gramíneas capazes de atingir grande porte e de rápido crescimento. Além disso, são muito versáteis no que diz respeito ao seu aproveitamento, seja “*in natura*” ou como fonte de fibras naturais. Suas características estruturais fornecem as propriedades almeçadas por diferentes setores de produção, desde a construção civil e arquitetura, indústria de celulose e, até mesmo, alimentícia (LONDOÑO, 2002; KLEINE, 2011). As características das fibras e a forma como elas estão orientadas no colmo são os grandes responsáveis por essas propriedades. Possuem um vasto potencial de aproveitamento industrial, com ampla variedade de produtos que podem ser feitos a partir desse material vegetal (KLEINE, 2011; RAMIREZ *et al.*, 2012). A utilização do bambu como matéria-prima é bem comum em alguns países do continente asiático, onde há muito tempo já é adotado práticas de produção sistematizada. No Brasil, o aproveitamento desse recurso ainda é incipiente e suas múltiplas possibilidades de aplicação são pouco exploradas. Isso ocorre, principalmente, devido à falta de tecnologia aplicada à produção e de conhecimento científico sobre o manejo e o cultivo (KLEINE, 2004; KLEINE, 2011). As florestas ombrófilas abertas que ocorrem na região da Amazônia Ocidental são dominadas por agregações de bambu do gênero *Guadua* Kunth. Estas estão distribuídas, principalmente, nos Estados do Amazonas e do Acre. As espécies de bambu nativas brasileiras têm grande potencial para suprir a demanda crescente por novas fontes de matéria-prima, dado a ampla distribuição e disponibilidade, porém, a escassez de conhecimento tecnológico sobre a estrutura desses bambus impede o aproveitamento desse recurso. Conhecer as características anatômicas, principalmente das fibras, é fundamental para se definir a qualidade dessas fibras naturais. Segundo Liese (1998), as propriedades físicas e mecânicas do colmo dos bambus dependem da estrutura anatômica. Sendo que o estudo anatômico é o primeiro passo para analisar a viabilidade de aproveitamento em alguns segmentos da indústria, como exemplo, o de fibra celulósica para a produção de papel, tecidos ou compósitos. Vários índices são utilizados hoje para analisar a viabilidade de aplicação no setor a partir das dimensões anatômicas das fibras que é o principal constituinte da polpa celulósica (FOELKEL, 1977). Este trabalho teve como objetivo realizar o estudo das dimensões das fibras do entrenó de *Guadua* spp. ocorrentes no Acre-Brasil buscando características de interesse econômico. E analisar os valores encontrados sob a óptica de índices que estabelecem relações entre as dimensões estudadas, produzindo conhecimento tecnocientífico a respeito da qualidade desse produto para contribuir com o aproveitamento desse recurso.

■ MÉTODO

Amostras de cinco espécies foram coletadas em bambuzais que ocorrem naturalmente nas florestas da mata ciliar do Rio Purus na Reserva Extrativista Chico Mendes (RESEX) nos municípios de Sena Madureira e Assis Brasil no Estado do Acre (Figura 1). Segundo as descrições preliminares do especialista na família Tarciso de Souza Filgueiras, é possível que *Guadua* sp.4 seja uma nova espécie. Observação semelhante ocorreu para *Guadua* sp.1 e *Guadua* sp.2, pois as características não convergem plenamente com nenhuma das espécies já descritas, porém o mais provável estas sejam duas subespécies; outra apresenta características muito similares às citadas para *Guadua angustifolia* Kunth, no entanto, o taxonomista ressaltou a necessidade de outras análises para que se possa certificar essa identificação, portanto, aqui esta foi tratada como *G. cf. angustifolia*; e a quinta espécie identificada com *Guadua latifolia* (Bonpl.) Kunth. O material herborizado encontra-se depositado no herbário da Universidade Federal de Goiás - UFG. Durante a coleta de campo foram retirados anéis com cerca 2 cm da porção mediana do entrenó em três alturas diferentes (3 m, 6 m e 9 m), estes foram armazenados em solução de álcool etílico 70% com 10 % de glicerina. No laboratório, os anéis foram seccionados no sentido longitudinal para preparação do macerado, estas foram imersas em solução de ácido acético e peróxido de hidrogênio 1:1 (JOHANSEN, 1940) e mantido em estufa a 60° até a dissociação parcial dos tecidos. O dissociado foi lavado em água destilada por várias vezes com o intuito de eliminar resíduos da solução, em seguida, desidratado em álcool etílico 50% e corado com safranina 1% em solução alcóolica. Posteriormente, foram preparadas lâminas permanentes em verniz vitral 500 (PAIVA *et al.*, 2006).

Figura 1. Mapeamento das áreas cobertas por bambuzais no Acre, elaborado a partir de imagens de satélite.



Legenda: Em vermelho, toda extensão das florestas abertas com predominância de *Guadua*. Em destaque, as regiões dos municípios de Assis Brasil (1) e Sena Madureira (2).

Fonte: Adaptado de: Freitas Júnior & Silveira (2009).

Todo o processamento anatômico de corte, preparo, coloração e montagem das lâminas foi realizado no laboratório de anatomia vegetal do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília-UnB. A análise e obtenção de dados a partir das imagens capturadas, foram realizadas no Laboratório de Produtos Florestais do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais – IBAMA. As medidas de dispersão e outros dados da estatística descritiva foram obtidos com o auxílio do programa Excel (office 365). A análise de variância foi realizada no software SPSS 19 e as médias encontradas foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%. Com esses valores foram calculados: Índice de Enfeltramento (I.E.) que é dado pela relação entre o comprimento e o diâmetro da fibra; Coeficiente de Flexibilidade (C.F.) que corresponde a relação entre o diâmetro do lume e o diâmetro da fibra e é expressa em porcentagem; Fração de Parede (F.P.) que é a razão percentual de duas vezes a espessura da parede sobre o diâmetro da fibra e também é expressa em porcentagem; Índice de Runkel (I.R.), dado pela razão de duas vezes a espessura da parede sobre o diâmetro do lume.

■ RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise e descrição anatômica

No dissociado, observou-se com frequência células parenquimáticas com inúmeros grãos de amido (Figura 1A). Além de armazenar esta substância ergástica, o parênquima preenche a parede do colmo e envolve o tecido vascular e suas bainhas esclerenquimáticas (LIESE, 1998). Esse amido favorece o ataque de fungos e insetos e com isso acelera o processo de degradação durante o período de estocagem (KLEINE, 2004). Os elementos de vaso são longos com diâmetro menor em *Guadua* sp. 1 (Figura 1C) ou curtos com o diâmetro maior em *G. cf. angustifolia* (Figura 1B). Apresentam extremidades obtusas ou retas com placa de perfuração simples (Figura 1B, 1C e 1D). Este tipo de placa é caracterizada por apresentar uma única abertura elíptica ou circular e é muito comum em espécies lenhosas (IAWA COMMITTEE, 1989). Em todas as amostras avaliadas, as pontoações intervasculares eram alternas, sendo que a parte mais larga se encontrava orientada horizontalmente (Figura 1B), o mesmo foi observado por Tomazello Filho e Azzini (1987) em *Bambusa vulgaris* Schrad. Podem ser longas com diâmetro menor como em *Guadua* sp. 1 e curtos com o diâmetro maior em *G. cf. angustifolia* (Figura 1B). O comprimento das fibras variou entre 1,39 - 3,97 mm (Tabela 1), este resultado já era esperado, pois é comum que as fibras de bambu apresentem diferentes comprimentos ao longo do colmo e também ao longo da própria parede (LIESE, 1985). Trata-se de fibras longas quando classificadas em conformidade com o padrão adotado por IAWA Committee, (1989) e Muniz e Coradin (1991)

no qual é considerada longa a fibra que possui $\geq 1,60$ mm de comprimento, exceto no caso de *G. cf. angustifolia* que observou-se um valor mínimo de 1,39 mm. Segundo a análise estatística, a diferença foi significativa para *Guadua* sp.1, *G. cf. angustifolia* e *G. latifolia* (Tabela 2). Vale ressaltar ainda que não foi observado um padrão para a variação do comprimento da fibra ao longo do colmo, *G. latifolia* apresentou os maiores valores na base, já *Guadua* sp.1 e *G. cf. angustifolia* as fibras mais longas estão no meio, diferendo um pouco dos resultados de Liese (1985) e Tomazello Filho e Azzini (1987) que apontam uma ligeira diminuição no comprimento das fibras à medida que se aproxima do ápice.

Tabela 1. Dimensões das fibras e estatística descritiva para as variáveis de comprimento, diâmetro da fibra, diâmetro do lume e espessura da parede celular .

		<i>Guadua</i> sp.1	<i>Guadua</i> sp. 2	<i>G. cf. angustifolia</i>	<i>Guadua</i> sp.4	<i>G. latifolia</i>
Comprimento (mm)	Média	2.44	2.99	2.37	2.67	2.64
	Mínimo	1.64	1.94	1.39	1.81	1.69
	Máximo	3.4	3.97	3.71	3.9	3.95
	Desvio Pad	0.38	0.5	0.53	0.49	0.53
	Coef.V.	15.57%	16.72%	22.36%	18.35%	20.08%
Diâm. Fibra (μm)	Média	17.22	16.5	23.97	23.68	18.34
	Mínimo	7.6	11.07	13.32	11.61	10.46
	Máximo	33.41	27.82	39.59	34.83	27.28
	Desvio Pad	5.3	3.72	5.87	4.42	3.7
	Coef.V.	30.80%	22.54%	24.49%	18.67%	20.17%
Diâm. Lume (μm)	Média	4,69	5,71	9,37	6,33	6,62
	Mínimo	1,33	2,93	3,5	2,35	1,89
	Máximo	10,8	12,58	19,85	11,99	11,61
	Desvio Pad	1,82	1,92	3,94	2,14	2,37
	Coef.V.	39,87%	33,56%	42,02%	33,81%	35,80%
Esp. Parede (μm)	Média	6,27	5,34	7,3	8,68	5,86
	Mínimo	2,16	2,33	3,36	3,13	1,83
	Máximo	13,81	8,87	11,85	12,24	10,66
	Desvio Pad	2,16	1,38	1,84	1,71	1,64
	Coef.V.	34,42%	25,84%	25,13%	19,70%	28,03%

Fonte: Elaborada pelas autoras.

O diâmetro das fibras variou entre 7,6 – 39,59 μm , sendo que o menor valor foi encontrado em *Guadua* sp.1 e o maior valor em *G. cf. angustifolia* que também apresenta o maior médio com 23,97 μm (Tabela 1). Os valores encontrados estão próximos dos expostos em trabalhos de Azzini *et al.* (1977), Bilesky (2014) e Zaragoza-Hernández *et al.* (2014) que analisaram espécies do gênero *Guadua*. Analogamente, em outros gênero da família Bambusoideae, os diâmetros das fibras também possuem valores próximos aos observados para o gênero *Dendrocalamus* em Ciaramello & Azzini, (1971b), *D. giganteus* em Marinho *et al.* (2014) e para *B. vulgaris* em Guimarães *et al.* (2010) e Tomazello Filho e Azzini (1987).

Tabela 2. Análise de variância para as dimensões de comprimento, diâmetro das fibras.

Espécies	Posição	Com. (mm)	Diâm. F. (μm)	Diâm. L. (μm)	Esp. P. (μm)
<i>Guadua</i> sp.1	Base (3m)	2,25 a	18,22 a	4,92 a	6,65 a
	Meio (6m)	2,59 b	16,68 a	4,32 a	5,72 a
	Àpice (9m)	2,39 ab	17,74 a	4,90 a	6,42 a
<i>Guadua</i> sp.2	Base (3m)	2,99 a	15,91 a	5,86 a	5,06 a
	Meio (6m)	2,96 a	16,80 a	6,44 a	5,33 a
	Àpice (9m)	3,03 a	16,80 a	4,81 a	5,62 a
<i>G. cf. angustifolia</i>	Base (3m)	1,99 a	21,76 a	7,79 a	6,99 a
	Meio (6m)	2,66 b	24,50 a	10,20 a	7,15 a
	Àpice (9m)	2,46 b	24,66 b	10,12 a	7,77 a
<i>Guadua</i> sp.4	Base (3m)	2,63 a	25,77 a	7,47 a	9,15 a
	Meio (6m)	2,57 a	21,75 b	5,84 b	7,95 b
	Àpice (9m)	2,82 a	23,53 ab	6,67 b	8,92 b
<i>G. latifolia</i>	Base (3m)	2,97 a	19,35 a	7,06 a	6,14 a
	Meio (6m)	2,69 a	18,10 a	6,20 a	5,95 a
	Àpice (9m)	2,56 b	17,56 a	3,60 a	2,48 a

Os valores seguidos das mesmas letras não apresentam diferença significativa entre si, com um nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

Fonte: Elaborada pelas autoras.

Não ficou constatada diferença significativa no diâmetro das fibras ao longo do colmo para as espécies *Guadua* sp.1, *Guadua* sp.2 e *G. latifolia*. Mas para as amostras de *G. cf. angustifolia* observou-se que os valores aumentaram da base para o ápice e *Guadua* sp.4 apresentou fibras no meio mais finas do que na base. Este dados foram corroborados pela análise estatística, onde apenas as espécies, já citadas, apresentaram médias significativamente diferentes das demais (Tabela 3). Não há consenso a respeito do efeito da largura da fibra na qualidade da celulose e produção de papel, no entanto, alguns autores apontam que o aumento dessa dimensão poderia resultar na alteração de propriedades importantes, como a diminuição da resistência ao arrebentamento, que configura uma característica negativa para esse segmento industrial. Observou-se uma variação total entre as espécies de 1,33 – 19,85 μm , sendo que o menor valor foi encontrado em *Guadua* sp.1 e o maior valor em *G. cf. angustifolia* que também apresenta o maior valor médio com 9,37 μm (Tabela 1). Esta também se mostrou estatisticamente diferente das demais, porém, não se observou variação significativa ao longo do colmo para a mesma (Tabela 3). A única espécie a apresentar valor de lume diferindo de acordo com a altura no colmo foi em *Guadua* sp.4, na qual o diâmetro do lume diminui da base para o ápice do colmo (Tabela 4). Os valores de mínimo alcançados estão próximos dos encontrados por Azzini *et al.* (1977) para quatro espécies de *Guadua*, no entanto, os valores de máximo da referência supracitada são menores dos que os encontrados aqui. Assim como os valores de máximo observados são semelhantes

aos relatados em Guimarães *et al.* (2010) para *B. vulgaris*, Ciaramello & Azzini (1971b) para quatro espécies de *Dendrocalamus* e Prates (2013) que estudou *D. asper*. Esta característica não tem um sentido prático por si só, mas é fundamental para se calcular a espessura da parede que está diretamente relacionada a propriedades importantes para a fabricação de derivados das fibras, como na capacidade de colapsar que é fundamental na produção de papel (DE PAULA & COSTA, 2011).

Tabela 3. Análise de variância para as dimensões de comprimento, diâmetro das fibras, diâmetro do lume e espessura da parede celular

Espécies	Comp. (mm)	Diâm. F. (µm)	Diâm. L. (µm)	Esp. P. (µm)
<i>Guadua</i> sp. 1	2,44 a	17.22 a	4,69 a	6.27 a
<i>Guadua</i> sp.2	2,99b	16.5 a	5.71 a	5.34 b
<i>G. cf. angustifolia</i>	2,37 a	23.97 b	9.37 b	7.3 c
<i>Guadua</i> sp.4	2,67 c	23.68 b	6.33 c	8.68 d
<i>G. latifolia</i>	2,64 c	18.34 a	6.62 ac	5.86 a b

Os valores seguidos das mesmas letras não apresentam diferença significativa entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Fonte: Elaborada pelas autoras.

A espessura da parede celular das fibras variou entre 1,83 – 13,81 µm, segundo Lawa Committee, (1989) e Muniz e Coradin (1991) estas podem ser classificadas com paredes muito espessadas. Sendo que o menor valor ocorreu em *G. latifolia* e o maior valor foi observado nas amostras de *Guadua* sp.1. Quando analisados os valores médios o maior valor encontrado de 8,68 µm em *Guadua* sp.4, excetuando esse caso, as demais espécies apresentaram valores médios semelhantes aos relatados para quatro espécies de *Guadua* em Azzini *et al.* (1977), para *G. aculeata* segundo Zaragoza-Hernández *et al.* (2014). Em comparação com bambus pertencentes a outros gêneros, os valores alcançados estão próximos dos descritos para quatro espécies de *Dendrocalamus* por Ciaramello & Azzini (1971b), para *D. giganteus* em Marinho *et al.* (2014). Trabalhos realizados com espécies do gênero *Bambusa* também trazem valores que se assemelham aos encontrados no presente trabalho (AZZINI & CIARAMELLO, 1971; CIARAMELLO & AZZINI, 1971b; MOHMOD *et al.*, 1992; GUIMARÃES *et al.*, 2010). Além disso, o espessamento das paredes celulares das fibras das espécies analisadas também estão próximos de valores citados para outras fibras comerciais, tais como as fibras de sisal e coco (JOSEPH *et al.*, 1999). Esta característica influencia diretamente na determinação do aproveitamento desse material e está intimamente relacionada à resistência da celulose. As fibras com paredes espessadas podem produzir papéis com maior resistência ao rasgo e ao arrebatamento (FOELKEL, 1977). A presença de fibras com as paredes muito espessadas, como as observadas nesse trabalho, geralmente, produz um material com alta densidade básica o que interfere nas propriedades físicas e mecânicas. Há um aumento da resistência mecânica relacionado ao espessamento das

paredes, devido às múltiplas camadas (polilaminar) que constituem essa estrutura secundária (LIESE, 1998). Nesse sentido, estas fibras constituem colmos resistentes que poderiam ser avaliados, por exemplo, como material para construção civil. Ademais, as fibras com paredes espessas possuem potencialmente maior teor de celulose, o que pode indicar uma possível fonte energética (DE PAULA, 1999).

■ RELAÇÕES ENTRE AS DIMENSÕES FUNDAMENTAIS DAS FIBRAS

Os valores médios do índice de enfiamento variou entre 99 – 183, sendo que o menor valor ocorreu em *G. cf. angustifolia* e o maior em *Guadua* sp.2. Quando comparados os valores mínimos e máximos, a espécie *Guadua* sp.1 alcançou o índice mais alto (215) calculado a partir dos valores mínimos de comprimento e largura para essa espécie e *G. cf. angustifolia* apresentou os valores mais baixos dentre as avaliadas. Os resultados estão de acordo com os citados para quatro espécies de *Guadua* analisadas em Azzini *et al.* (1977), no entanto, o valor do índice calculado a partir da média das variáveis para *G. cf. angustifolia* (99) é menor do que o apresentado na referência (120). Estes valores também estão em consonância com as estimativas encontradas para as fibras de bambu pertencentes a outros gêneros, tais como: espécies de *Bambusa* analisadas em Azzini e Ciaramello (1971), Ciaramello e Azzini (1971a), Mohmod *et al.* (1992), Guimarães *et al.* (2010) e Bonfatti Júnior (2010) e quatro espécies de *Dendrocalamus* em Ciaramello & Azzini (1971b). Em comparação com fibras amplamente utilizadas na indústria, as espécies analisadas nesse trabalho apresentam valores bem maiores do que os encontrados em Milanez e Foelkel (1981) para espécies de *Eucalyptus* amplamente utilizadas no setor papelero e variedades de duas espécies de *Corchorus* L. em Azzini *et al.* (1986) consolidada como matéria-prima para a indústria têxtil. Este índice avalia a relação entre o comprimento e o diâmetro da fibra, altos valores como os encontrados aqui indicam fibras longas e estreitas. Ele está relacionado com a capacidade de as fibras formarem feltro e relaciona-se positivamente à resistência ao rasgo na produção de papel (FOELKEL, 1977, AZZINI *et al.*, 1996). Já para a fração de parede as espécies apresentaram valores superiores a 40% o que evidencia fibras de paredes muito espessadas, sendo que os maiores valores médios ocorreram em *Guadua* sp. 1 e *Guadua* sp.4 (73% para ambas). Para os valores de mínimo e máximo, *Guadua* sp.1 mostrou o percentual mais alto (83%) calculado para os valores de máximo entre as espécies analisadas e *G. latifolia* para os valores de mínimo (35%).

Tabela 4. Análise das relações existentes entre as dimensões de comprimento, diâmetro da fibra, diâmetro do lume e espessura da parede para valores médios, mínimos e máximos.

		PARÂMETROS DE QUALIDADE				
Parâmetros		<i>Guadua</i> sp. 1	<i>Guadua</i> sp. 2	<i>G. cf. angustifolia</i>	<i>Guadua</i> sp. 4	<i>G. latifolia</i>
LE	Média	142	183	99	113	149
	Mínimo	215	175	104	156	163
	Máximo	102	143	94	112	145
LP	Média	73%	65%	61%	73%	64%
	Mínimo	57%	49%	50%	54%	35%
	Máximo	83%	64%	60%	70%	78%
CF	Média	27%	35%	39%	27%	36%
	Mínimo	18%	26%	26%	20%	18%
	Máximo	32%	45%	50%	34%	43%
RF	Média	2,67	1,89	1,56	2,74	1,77
	Mínimo	3,26	1,85	1,91	2,66	1,94
	Máximo	2,56	1,41	1,19	2,04	1,8

Fonte: Elaborada pelas autoras.

Os resultados estão próximos aos valores encontrados para *G. tagoara* descritos por Bilesky (2014), para quatro espécies de *Guadua* em Azzini *et al.* (1977), e para *B. vulgaris* em Guimarães *et al.* (2010). Em comparação com fibras de outros grupos, as fibras das espécies analisadas apresentam valores de fração de parede bem elevados (61% - 73%). Como por exemplo, as espécies de *Eucalyptus urophylla* analisada em Milanez (1981) que encontrou 46 % para essa relação e *Pinus taeda* L. analisado em Nisgoski (2005) que apresentou valores entre 30, 92% - 33, 08% para plantas com diferentes idades. A fração de parede avalia a porcentagem na fibra ocupada por parede, nas espécies analisadas variou entre 61% – 73% para os valores médios. Essas estimativas são tidas como altas e quer dizer que essas fibras possuem paredes muito espessas e lume reduzido. Portanto, essas fibras são rígidas e pouco flexíveis, o que pode favorecer a produção de papéis porosos, por exemplo papelão ondulado e embalagem (CIARAMELLO, 1970; FOELKEL, 1981). As espécies analisadas mostram aptidão como possível fonte de carvão vegetal, já que possuem paredes lignificadas em abundância. Contudo, esse potencial só poderá ser confirmado a partir de testes químicos e da viabilidade do percentual desse tecido no colmo. No que concerne ao coeficiente de flexibilidade, os valores médios variaram entre 27 – 30 % entre as espécies, as fibras menos flexíveis ocorreram em *Guadua* sp.1 e *Guadua* sp.4 (27% para ambas). Este resultado está coerente com o observado na fração de parede, pois essas duas amostras também apresentaram valores altos nesse parâmetro. O coeficiente de flexibilidade é maior para *G. angustifolia* até mesmo quando comparados aos valores de mínimo e máximo (26% e 50%, respectivamente). Os resultados estão próximos aos citados para quatro espécies de *Guadua* por Azzini *et al.* (1977), no entanto, o valor encontrado para uma amostra de *G. angustifolia* (13 %) é inferior aos encontrados aqui para a amostras *G. cf.*

angustifolia (39 %). No entanto, essa diferença pode ser reflexo da idade do colmo. Estes valores, também são coerentes com os registrados para outras espécies de bambu, tais como: espécies pertencentes ao gênero *Bambusa* que foram analisadas em Azzini e Ciaramello (1971), Ciaramello e Azzini (1971a), Guimarães *et al.* (2010) e Shamar *et al.* (2011) que são largamente utilizadas e mostram valores que se assemelham muito com os encontrados neste trabalho. O mesmo foi observado para trabalhos realizados com *Dendrocalamus* por Ciaramello & Azzini (1971b) e em Shamar *et al.* (2011) com espécies de bambus indianos. Este parâmetro analisa a relação entre o diâmetro do lume com o diâmetro da fibra em percentual e quanto maior for o resultado mais flexível é a fibra (FOELKEL, 1977). As espécies analisadas não apresentaram grandes valores, portanto, pode-se dizer que são fibras rígidas. Isso faz com que esses colmos sejam direcionados para áreas de produção que buscam essa característica, tais como a produção de compósitos poliméricos (GUIMARÃES *et al.* 2010). O Índice de Runkel é um parâmetro que faz uma abordagem direcionada ao uso de fibras naturais na produção de papel. Este é intimamente relacionado a fração de parede e pode-se fazer a seguinte aproximação: quanto maior a fração de parede, maior será o índice. Deste modo, menos apropriadas serão essas fibras para a produção de papel (FOELKEL, 1977; DE PAULA, 1999). Os resultados alcançados para esse índice, calculado a partir dos valores médios de espessura da parede e do diâmetro do lume, mostraram que dentre as espécies analisadas *Guadua sp.2*, *G. cf. angustifolia* e *G. latifolia*, apresentaram índices que variam entre 1,56 – 187. Portanto, são classificadas como regulares para a produção de papel (Tabela 5). Considerando a disponibilidade desse recurso e a viabilidade produtiva dessas espécies, estas poderiam substituir as espécies exóticas e aumentar a oferta de celulose destinada à produção de papel no mercado brasileiro.

Tabela 5. Classificação de Runkel para as fibras em relação a produção de papel.

GRUPOS	ÍNDICE DE RUNKEL	CLASSIFICAÇÃO
I	< 0,25	Excelente
II	0,25 - 0,50	Muito Boa
III	0,50 - 1,00	Boa
IV	1,00 - 2,00	Regular
V	> 2,00	Inadequada

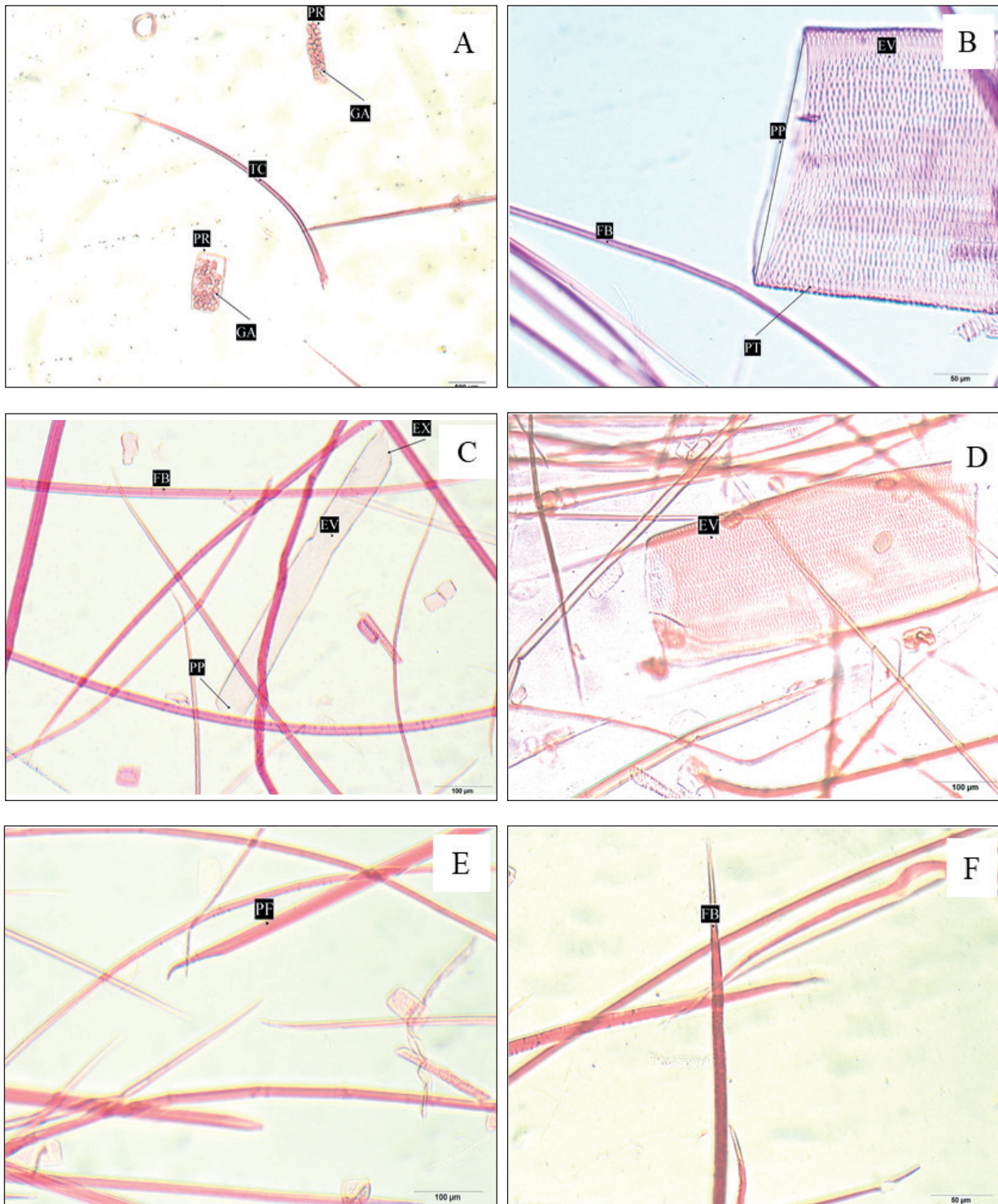
Fonte: adaptado de De Paula e Costa (2011).

As amostras de *Guadua sp. 1* e *Guadua sp. 4* mostraram valores > 2.0, isso significa que, segundo este parâmetro, estas espécies não são muito indicadas para a produção de papel. Valores semelhantes foram encontrados por Vaysi (2013), Sharma *et al.* (2011), Dutt (2004a) e Dutt (2004b) que analisaram as espécies nativas da Índia destinadas à produção de papel.

■ CONCLUSÃO

Os resultados mostram que os colmos das espécies estudadas possuem potencial para atender as necessidades de vários setores da indústria brasileira, desde a produção de celulose até a construção civil e produção de energia. As fibras analisadas são longas, estreitas, com parede celular muito espessadas e lume reduzido. Apesar das espécies possuírem fibras rígidas, com pouca flexibilidade e com altos valores de fração de parede, elas poderiam servir como fonte de fibras longas para a produção de papéis porosos ou na composição de matrizes de compósitos. Além disso, as fibras de *Guadua* sp.2, *G. cf. angustifolia* e *G. latifolia* podem ser classificadas como regulares para a produção de papel segundo o índice de Runkel. Estas poderiam contribuir para atender à crescente demanda do setor. Os valores biométricos encontrados são convergentes com os citados na literatura para fibras de bambu de espécies mundialmente utilizadas pela indústria, como por exemplo: *Bambusa* e *Dendrocalamus*. Isso corrobora a necessidade de outros trabalhos que fomentem a exploração econômica desse recurso. As espécies estudadas diferem entre si quanto às dimensões das fibras, principalmente, em relação ao comprimento. Porém, essa diferença, mesmo que estatisticamente significativa, não influenciou nos resultados dos parâmetros. Quanto às diferentes alturas ao longo do colmo, houve apenas pequenas variações sem valor estatístico. Logo, conclui-se que esses colmos poderão ser utilizados até os 9 m, já que não há grande variação nos padrões dimensionais das fibras. Ademais, esses dados basais poderão servir como alicerce para maiores estudos e produção de dados tecnológicos que possam, enfim, sistematizar e tornar viável o uso de espécies nativas de bambu como fonte de recurso vegetal no Brasil.

Figura 2. Fotomicroscopia de dissociado de colmo de *Guadua* spp. nativas do Acre.



Legenda: (A) em destaque fibra encontrada em *Guadua* sp.1 com ponta assimétrica [PF]; (B) fibra com ponta acicular de *Guadua* sp. 4 [FB]; (C) exibiu células parenquimáticas [PR] com inúmeros grãos de amido armazenados no citoplasma [GA] e macrotricoma [TC] visualizados em *G. latifolia*; (D) elemento de vaso [EV] com pontoações alternas alongadas horizontalmente [PT] e placa de perfuração simples [PP]; (E) elemento de vaso longo e estreito [EV] com uma extremidade reta e outra obtusa [EX] e placa de perfuração simples [PP] e as fibras todas observadas em *Guadua* sp.1; (F) elemento de vaso curto e largo visto em *Guadua* sp.3.

Fonte: Elaborada pelas autoras.

■ AGRADECIMENTOS

Este estudo foi financiado pelo processo de bolsa CAPES para AF Miranda e bolsa produtividade do CNPq nº 310070/2015-5 para D Graciano-Ribeiro; os autores agradecem

ao IBAMA e a Rede Bamboo Goiás pelo apoio técnico; FUB-SEBRAE/AC, FUNTAC-AC pelo apoio técnico e financeiro.

■ REFERÊNCIAS

1. AZZINI A; SAVY-FILHO A; SALGADO A.L.B. & ARNALDI, F.Z. “Designificação dos resíduos agrícolas da cultura da mamona para a produção de celulose”. **Bragantia**, Campinas, v. 43, n. 2, p. 519, 1984.
2. AZZINI, A. & CIARAMELLO, D. Bambu como matéria-prima para papel: IV-Estudos sobre o emprego de cinco espécies de *Bambusa*, na produção de celulose sulfato. **Bragantia**, Campinas, v. 30, n. 2, 1971.
3. AZZINI, A.; CIARAMELLO, D.; NAGAI, V. Densidade Básica e Dimensões das Fibras em Bambus do Gênero *Guadua*. **Bragantia**, Campinas, 1977.
4. AZZINI, A; ZIMBACK, L; GONDIM-TOMAZ, R. M. A. Palha de cana-de-açúcar como matéria-prima na obtenção de fibras celulósicas para papel. **Bragantia**, Campinas, v. 55, n. 1, p. 137-140, 1996.
5. CIARAMELLO, D. & AZZINI, A. Bambu como matéria-prima para papel: Estudos do processo de cozimento em material de *Bambusa tuldoide* Munro. **Bragantia**, Campinas, v. 29, n. 2, p. 11-22, 1970.
6. CIARAMELLO, D. & AZZINI, A. Bambu como matéria-prima para papel: III-Estudos sobre o emprego de quatro espécies de *Bambusa*, na produção de celulose sulfato. **Bragantia**, Campinas, v. 30, n. 2, p. 199-213, 1971a.
7. CIARAMELLO, D. & AZZINI, A. Bambu como matéria-prima para papel: V-Estudos sobre o emprego de quatro espécies de *Dendrocalamus*, na produção de celulose sulfato. **Bragantia**, Campinas, v. 30, n. 2, 1971b.
8. PAULA, J. E. Caracterização anatômica de madeiras nativas do cerrado com vistas à produção de energia. **Cerne**, Lavras, v.5, n.2, p.026-040, 1999.
9. DE PAULA, J. E & COSTA, K. P. **Densidade da madeira de 932 espécies nativas do Brasil**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2011.
10. DUTT, Dharm et al. Studies on pulp and paper-making characteristics of some Indian non-woody fibrous raw materials: Part II. **Journal of Scientific and Industrial Research**, v. 63, n. 1, p. 58-67, 2004a.
11. DUTT, Dharm et al. Studies on pulp and paper-making characteristics of some Indian non-woody fibrous raw materials: Part 1. **Journal of Scientific and Industrial Research**, v. 63, n. 1, p. 48-57, 2004b.
12. FOELKEL, C. **Qualidade da Madeira: Aulas Práticas, Teórica, Questões e Provas**. Universidade Federal de Viçosa- UFV, 1977. Disponível em:< <http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufv/02.%20Qualidade%20da%20Madeira.%201977.1979.pdf> >. Acesso em: 28 fev. 2022.

13. FREITAS JÚNIOR, J. L. & SILVEIRA, M. Padrões Espaciais e Temporais das Florestas com Bambu (*Guadua* spp.) no Sudoeste da Amazônia, Detectados Através de Imagens de Satélite. In: **IX Congresso Brasileiro de Ecologia: Ecologia e o Futuro da Biosfera**, São Lourenço, MG, 2009.
14. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Manual Técnico de Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.
15. JOHANSEN, D. A. **Plant Microtechnique**. McGraw Hill Book: New York, 1940.
16. JOSEPH, K; TOLEDO FILHO, R. D; JAMES, B; THOMAS, S. & CARVALHO, L. H. A. Review on sisal fiber reinforced polymer composites. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, n. 3, p. 367-379, 1999.
17. KLEINE, H. J. Bambu: uma fibra excepcional. **O Papel**, Santa Catarina, nota técnica, v 64, n. 7, p. 52-54, jul. 2004.
18. KLEINE, H. J. Celulose de Bambu: uma commodity em potencial. **PinusLetter**, Porto Alegre, n. 31, fev. 2011. Disponível em: < http://www.celso-foelkel.com.br/pinus_31.html>. Acesso em: 13 out. 2015.
19. LIESE, W. Anatomy and properties of bamboo. In: **Proc. Int. Bamboo Workshop, Hangzhou, China**. 1985.
20. LIESE, W. **The anatomy of bamboo culms**. Brill, 1998.
21. MARINHO, N. P; NISGOSKI, S. & MUÑIZ, G. I. B. de. Avaliação das dimensões das fibras de colmos de bambu, *Dendrocalamus giganteus* (Wall) Munro, em diferentes idades. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 251-256, 2014.
22. MILANEZ A. C. & FOELKEL C. E. B. “Processo de deslignificação com oxigênio para a produção de celulose de eucalipto”. In: **CONGRESSO ANUAL DA ABCP**, 14. 1981, São Paulo. São Paulo: ABCTP, v. 9, p. 37-110, 1981.
23. MOHMOD, A. L; AMIN, A. H. & KASIM J. **Effects of anatomical characteristics on the physical and mechanical properties of *Bambusa blumeana***. Journal of Tropical Forest Science, v. 6, n. 2, p. 159-170, 1993.
24. MUNIZ, G. & CORADIN, V. **Normas de procedimentos em estudo de anatomia da madeira**: I: Angiospermae, II: Gimnospermae. Brasília: Laboratório de produtos florestais, 1991. Série Técnica, 15.
25. NELSON, B.W. Natural disturbance and change in the Brazilian Amazon. **Remote Sensing Reviews**. v. 10, n. 1-3, p 105-125, 1994.
26. OKUMURA, Ricardo Shiguero et al. **Bamboo: Plant morphology, agronomic aspects, human utilization and perspectives**. Journal of Food, Agriculture & Environment, v. 9, n. 2, p. 778-782, 2011.
27. PAIVA, J. G. A.; FANK-DE-CARVALHO, S. M.; MAGALHÃES, M. P.; GRACIANO-RIBEIRO, D. **Verniz Vitral Incolor 500: Uma Alternativa de Meio de Montagem Economicamente Viável**. Acta Botanica, v. 20, n. 2, p. 257-264, 2006.
28. REDKO, B. V. P. Celulose de Bambu. **I Seminário do Bambu**. Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel-ABCP, São Paulo, 1970.

29. SHARMA, Arvind Kumar et al. Anatomical, morphological, and chemical characterization of *Bambusa tulda*, *Dendrocalamus hamiltonii*, *Bambusa balcooa*, *Malocana baccifera*, *Bambusa arundinacea* and *Eucalyptus tereticornis*. **BioResources**, v. 6, n. 4, p. 5062-5073, 2011.
30. TOMAZELLO FILHO, M; AZZINI, A. Estrutura anatômica, dimensões das fibras e densidade básica de colmos de *Bambusa vulgaris* Schrad. **Instituto de Pesquisas Florestais**, Piracicaba, v. 36, n. 1, p. 43-50, 1987.
31. VAYSI, R. An Investigation on the Possibility of Using Bamboo CMP Pulp for Newsprint Production. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, v. 6, n. 13, p. 944, 2013.
32. ZARAGOZA-HERNÁNDEZ, Idalia et al. Anatomía del culmo de bambú (*Guadua aculeata* Rupr.) de la región nororiental del estado de Puebla, México. **Madera y Bosques**, v. 20, n. 3, 2014.

Germinação de sementes e crescimento inicial de *Tamarindus indica* L. sob estresse salino

| **Marcella Carvalho Chaves**
UFMA

| **Karina Penha Andrade Costa**
UFMA

| **Joyce Gomes Falcão**
UFMA

| **Juliano dos Santos**
IEMA

| **Lukas Allayn Diniz Corrêa**
UEMA

| **Ilisandra Zanandrea**
UFMA

| **Florine Alves de Sousa Pinheiro**
UEMA

RESUMO

A flora maranhense é rica em espécies economicamente e socialmente valiosas para o estado. Porém, o nordeste do país apresenta um solo com grande quantidade de sais, podendo ser prejudicial para espécies locais, ocasionando em prejuízo para a agricultura, reflorestamento, comércio etc. Este trabalho teve como objetivo analisar o efeito de diferentes concentrações de cloreto de sódio na germinação de sementes e crescimento inicial de *Tamarindus indica* L. com o intuito de determinar os limites de tolerância à salinidade em que as plantas apresentam melhor desempenho fotossintético. As sementes foram submetidas às concentrações de 0 (controle), 100mM, 200mM e 300mM de NaCl na germinação. Para avaliar os efeitos da salinidade no crescimento, plantas contendo cinco folhas completamente expandidas foram divididas em quatro grupos e irrigadas com as concentrações zero (controle), 100mM, 200mM e 300 mM de NaCl. O grupo controle foi irrigado com água destilada. As soluções foram aplicadas aos 3, 6, 9, 12 e 15 dias após o início do experimento, nos demais dias as plantas foram irrigadas apenas com água. As avaliações foram realizadas aos 10, 20, 30 e 40 dias após o início do experimento. A produção de mudas de tamarindeiros é mais indicada em locais com 50% de luz solar. Concentrações acima de 100mM de NaCl ocasionam um atraso no processo germinativo de tamarindeiro. As mudas de tamarindeiro se desenvolvem bem até 100mM de NaCl. Concentrações superiores são prejudiciais para o crescimento e expansão foliar, assim como para a produção de biomassa das plantas.

Palavras-chave: Tamarindeiro, Salinidade, Planta Nativa, Produção de Mudanças.

■ INTRODUÇÃO

O Cerrado é um dos maiores biomas do Brasil, ocupa cerca de 25% do território nacional, sendo reconhecido como a savana mais rica do mundo. No entanto, sua ocupação e a exploração desordenada de seus recursos traz como consequências a extinção de espécies nativas, a degradação dos recursos naturais e a perda da variabilidade genética (Schiassi *et al.*, 2018; Almeida *et al.*, 2017; Brasil, 2015).

Entre as espécies frutíferas encontradas no Cerrado brasileiro, o tamarindeiro (*Tamarindus indica* L.), mesmo não sendo nativo do Nordeste, é considerado planta frutífera típica da região, sendo uma cultura ideal para regiões semiáridas pela sua rusticidade e adaptabilidade a diversas condições climáticas (Sousa *et al.*, 2010). Esta espécie também é muito comum no Maranhão, onde a flora é composta por muitas espécies arbóreas e arbustivas com significativa importância. Porém, o descuido com a vegetação é intenso e os dados do desmatamento são alarmantes, sendo que mais de 24 mil km² de vegetação foram destruídos no Maranhão em vinte e seis anos (Câmara *et al.*, 2013).

O tamarindeiro (*Tamarindus indica* L.) é uma planta pertencente à família Fabaceae, que atinge cerca de 25 metros de altura e é constantemente utilizado para diversas finalidades, como frutífera e ornamental por exemplo. Seus frutos podem ser utilizados para fabricação de doces, sorvetes, polpas e temperos (Gurjão *et al.*, 2006). É utilizado há séculos na arborização e urbanização devido seu alto potencial ornamental e produção de sombras, além de apresentar um fruto apreciado por grande parte da população, principalmente no norte e nordeste do país (Pereira *et al.*, 2008).

Apesar da importância do tamarindo, existem poucos trabalhos que relatam o comportamento e desenvolvimento da planta submetida a diferentes concentrações salinas no solo, fato este que é importante para um melhoramento na produção de mudas com melhor desempenho. Mesmo com sua importância já registrada, poucos estudos demonstram dados ou experimentos sobre formas, maneiras ou cultivos que possam assegurar a sua preservação e continuidade (Silva apud Nascimento *et al.*, 2011). Além disso, outro caso que requer mais estudos aprofundados diz respeito à germinação de sementes, devido ao endocarpo esclerificado que envolve o embrião, dificultando assim o seu desenvolvimento e conseqüentemente produção de mudas e uma melhor propagação.

A germinação de sementes, a emergência e o crescimento inicial de plântulas sofrem interferência de vários fatores externos. Dentre esses fatores, o mais limitante é a salinidade dos solos, grave problema muito comum no nordeste, onde a disponibilidade de água com qualidade para irrigação das plantações é escassa (Freitas *et al.*, 2006). A região Nordeste é a principal localização de áreas salinas no país, totalizando 57% da área total da região semiárida (Freitas *et al.*, 2010).

De acordo com vários estudos, a elevada concentração de sais no solo e na água ocasiona modificações nas estruturas, metabolismo e morfologia, afetando negativamente a germinação e ocasionando a inibição do crescimento e desenvolvimento inicial das plantas em geral (Moterle *et al.*, 2006; Andréo-Souza *et al.*, 2010; Barreto, 2014). Além de prejudicar o desenvolvimento das plantas, a salinidade é um fator negativo para o solo, pois influencia negativamente na sua estrutura, reduz a capacidade de armazenar água e sua absorção (Schossler *et al.*, 2012). Porém, algumas plantas possuem a capacidade de evitar que quantidades excessivas de sais oriundas do solo atinjam o protoplasma, adquirindo uma tolerância à salinidade, fato este que vem sendo avaliado pela habilidade germinativa e pela observação do crescimento inicial (Conus *et al.*, 2009).

Estudos que relacionem aspectos morfológicos e fisiológicos de plantas em relação à interferência do cloreto de sódio no cultivo são escassos, principalmente em plantas nativas no Estado do Maranhão. Tal carência de informações inibe uma compreensão mais definida do grau de plasticidade morfofisiológica apresentada pelas diferentes espécies em resposta à salinidade. A melhor compreensão da interferência da salinidade no cultivo de plantas é de grande relevância para o entendimento das respostas morfofisiológicas dessas plantas a este fator abiótico de estresse, pois, além de otimizar a produção de espécies de interesse e a consequente redução do extrativismo, contribui sobremaneira para o sucesso de projetos de reintrodução e para a expansão da cultura no Estado do Maranhão.

Diante do exposto, este trabalho objetivou analisar o efeito do estresse salino na germinação de sementes e crescimento inicial de *Tamarindus indica* L.

■ METODOLOGIA

Material vegetal

Foram utilizadas sementes de *Tamarindus indica* L. (tamarindo), coletadas no Campus Universitário Dom Delgado, São Luís, MA.

Desinfestação das sementes

Todas as sementes passaram por um processo de desinfestação através de lavagem com água corrente, seguida de lavagem com álcool 70% por 30 segundos, lavagem com hipoclorito de sódio (0,5%) por 3 minutos e enxaguadas por três vezes com água destilada autoclavada. A seguir foram escarificadas mecanicamente através da retirada de parte do tegumento, seguindo metodologia descrita por Oliveira *et al.* (2016). Este método é bastante

eficaz contra a dormência em sementes, além de resultar em uma maior taxa de germinação com menor tempo.

Germinação das sementes com diferentes concentrações de sal

Este experimento foi conduzido em condição de laboratório, onde as sementes foram submersas em diferentes soluções de Cloreto de Sódio (NaCl). Foram utilizadas as concentrações 0 (controle), 100mM, 200mM e 300 mM de NaCl. Para o controle foi utilizada somente água destilada. Para tanto, as sementes foram distribuídas em placas de Petri revestidas com duas folhas de papel filtro. Em seguida, foram adicionados três mL de solução em cada placa no momento da montagem do experimento, sendo que nos outros dias foi adicionado somente água quando necessário.

Foram realizadas as seguintes avaliações: primeira contagem de germinação (PC) que se constitui da porcentagem de plântulas normais obtidas aos quatro dias após a sementeira; porcentagem de germinação (%G), representada pela porcentagem de plântulas normais aos 14 dias (quando todas as sementes controle já haviam germinado); índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG), calculados de acordo com as fórmulas descritas por Maguire (1962) e Labouriau (1983), respectivamente. O índice de velocidade de germinação (IVG) foi avaliado segundo metodologia proposta por Maguire (1962):

$$IVG = \frac{G1}{N1} + \frac{G2}{N2} + \dots + \frac{Gn}{Nn}$$

Em que G1, G2, ..., Gn referem-se ao número de plântulas computadas na primeira, segunda, ..., última contagem, respectivamente. N1, N2, ..., Nn referem-se ao número de dias decorridos da sementeira à primeira, segunda, ..., última contagem, respectivamente. Os resultados foram expressos em porcentagem. O Índice de Velocidade de Germinação (IVG) foi determinado registrando-se diariamente o número de sementes germinadas desde a primeira contagem após a montagem do experimento até a última contagem. Este índice é um parâmetro relevante para fins de produção de sementes de qualidade, visando um maior controle sobre a germinação e desenvolvimento.

O tempo médio de germinação (TMG) foi avaliado de acordo com as fórmulas propostas por Maguire (1962): $TMG = \frac{\sum(n_i \cdot t_i)}{\sum n_i}$, onde n_i refere-se ao número de sementes germinadas no intervalo entre cada contagem e t_i refere-se ao tempo decorrido entre cada contagem.

Plantio das sementes germinadas

Quando as sementes apresentaram radículas com aproximadamente três centímetros, foram plantadas em sacos de polietileno com capacidade de 1L, contendo como substrato

uma mistura de terra + Plantmax®, numa proporção de 1:1 (m/v). Após o plantio, as mesmas foram mantidas em local aberto. Durante o período de condução do experimento, as plantas foram irrigadas diariamente, mantendo-se o solo próximo à capacidade de campo.

Crescimento de plantas com diferentes concentrações de sal

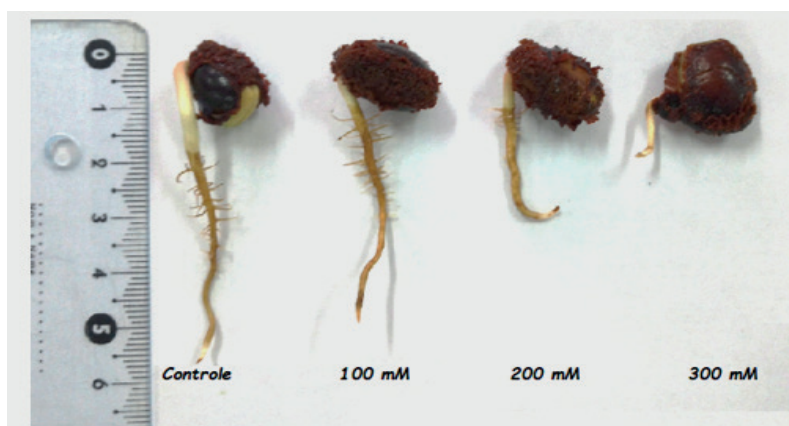
Para avaliar os efeitos da salinidade, dezesseis plantas/espécie, contendo cinco folhas completamente expandidas foram divididas em quatro grupos e irrigadas com diferentes concentrações de NaCl (Cloreto de Sódio). Utilizou-se as concentrações zero (controle), 100mM, 200mM e 300 mM de NaCl. O grupo controle não foi irrigado com solução salina, somente água. As soluções foram aplicadas aos 3, 6, 9, 12 e 15 dias após o início do experimento, nos demais dias as plântulas foram irrigadas apenas com água. As avaliações ocorreram aos 10, 20, 30 e 40 dias após o início do experimento. Foram avaliados altura, medida do colo da planta até a gema apical; número de folhas; tamanho das folhas; diâmetro do caule a 5 cm do solo - medida através do corte do caule com auxílio de paquímetro digital; massa fresca e seca da parte aérea, do caule, das raízes e total, utilizando-se balança analítica. Para medidas de massa, as mudas foram seccionadas em três partes: folha, caule e raízes, colocadas para secar em estufa a 75 °C até que atingir massa constante, e posteriormente, pesadas em balança analítica com precisão de 0,001 g. A massa fresca e seca total foi obtida através da soma dos componentes da planta. O índice de clorofila *a*, clorofila *b* e clorofila total foi estimado utilizando-se um Clorofilog CFL 1030 (Falker).

Os resultados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias das variáveis comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). Os dados de porcentagem foram transformados para arcsen raiz de *x*. As variáveis quantitativas foram analisadas por regressão linear com auxílio do programa estatístico STATISTICA.

■ RESULTADOS

Com a retirada de parte do tegumento, as sementes começaram a germinar aos três dias e terminaram de germinar aos 11 dias após o início do experimento (Figura 1).

Figura 1. Comprimento da radícula em sementes de tamarindeiro, após 11 dias submetidas a diferentes concentrações de NaCl.



Fonte: Marcella Chaves.

Neste trabalho, os tratamentos controle e 100mM de NaCl apresentaram o maior índice de velocidade de germinação (IVG), havendo um decréscimo gradual nesta variável avaliada nos demais tratamentos. O tempo médio de germinação (TMG) foi o mesmo em todos os tratamentos. Entretanto, as sementes submetidas a 300mM de NaCl demoraram mais para começar a germinar, pois neste tratamento, na primeira contagem de germinação, aos quatro dias após o início do experimento, 16,6% das sementes haviam germinado, enquanto nos demais esse índice ficou acima de 23%. A porcentagem de germinação também foi menor nos tratamentos com NaCl, sendo ainda mais reduzida com 300 mM de sal (Tabela 1).

Em relação aos dados de crescimento ao longo do tempo, houve interação significativa entre os fatores para as variáveis altura, número de folhas, índice de clorofila *a* e clorofila total. A altura das plantas aumentou ao longo das avaliações nas plantas controle e no tratamento com 100 mM de NaCl, permitindo que ao final das avaliações as plantas atingissem 38cm e 34cm, respectivamente. Por outro lado, concentrações superiores a 100 mM de NaCl fizeram com que não houvesse aumento na altura nas plantas, de modo que elas permaneceram com a altura média entre 25 e 28 cm nos 40 dias de avaliações (Figura 2A).

O número de folhas aumentou nas plantas controle e com 100 mM de NaCl (Figura 2B). Nas plantas do tratamento com 200 mM de NaCl houve queda de folhas a partir de 30 dias do início do experimento. No tratamento com 300 mM de NaCl a queda de folhas ocorreu já na primeira avaliação, chegando ao final do experimento com número de folhas inferior ao início das avaliações. Apesar de haver diferenças no número de folhas, o tamanho das folhas aumentou ao longo das avaliações (Figura 2C).

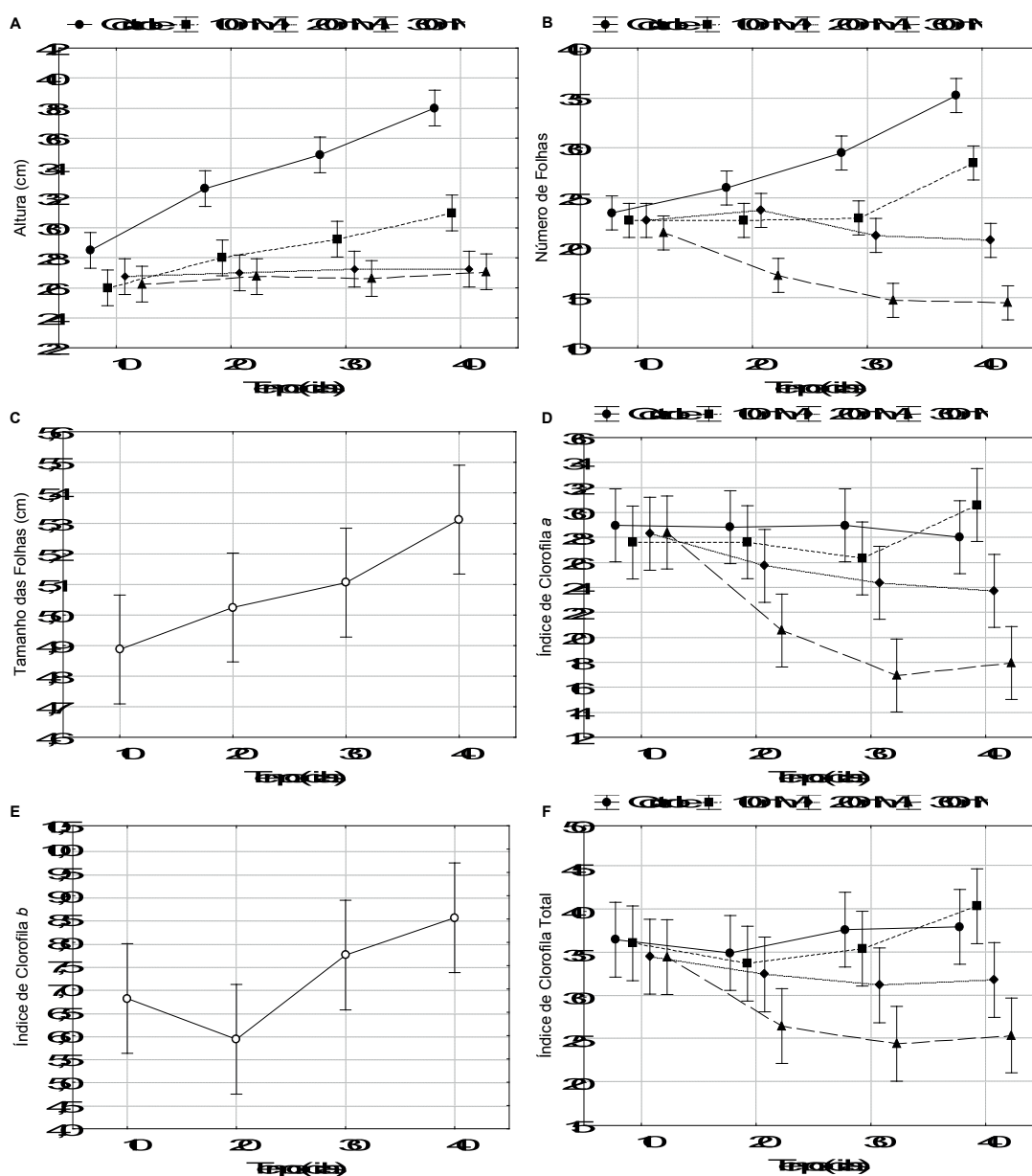
O índice de clorofila *a* e total foi maior nos tratamentos controle e de 100 mM de NaCl (Figura 2D e 2F). O tratamento com 300 mM apresentou os menores índices já na segunda avaliação e esses valores continuaram diminuindo até o final do experimento. Não houve diferença entre os tratamentos no índice de clorofila *b*, havendo somente um aumento ao longo das avaliações (Figura 2E).

Tabela 1. Índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), primeira contagem de germinação (PC) e porcentagem final da germinação de sementes de tamarindeiro submetidas a diferentes concentrações de NaCl. Os dados referem-se à média de dez repetições.

Tratamentos (concentração de NaCl)	VARIÁVEIS			
	IVG	TMG	PC (%)	GERMINAÇÃO (%)
Controle	11,50 a	1,4 a	26,0 a	93,3 a
100 mM	12,35 a	1,4 a	30,0 a	86,6 b
200 mM	10,25 b	1,5 a	23,3 a	86,6 b
300 mM	7,85 c	1,4 a	16,6 b	66,6 b

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

Figura 2. Altura (A), número de folhas (B), tamanho das folhas (C), índice de clorofila a (D), índice de clorofila b (E) e índice de clorofila total (F) em plantas de tamarindeiro sob diferentes concentrações de NaCl. As barras indicam o erro padrão da média de quatro repetições.



Houve diferença nas variáveis de massa fresca e seca das plantas cultivadas sob estresse salino (Tabela 2). As plantas do grupo controle tiveram a maior massa fresca e

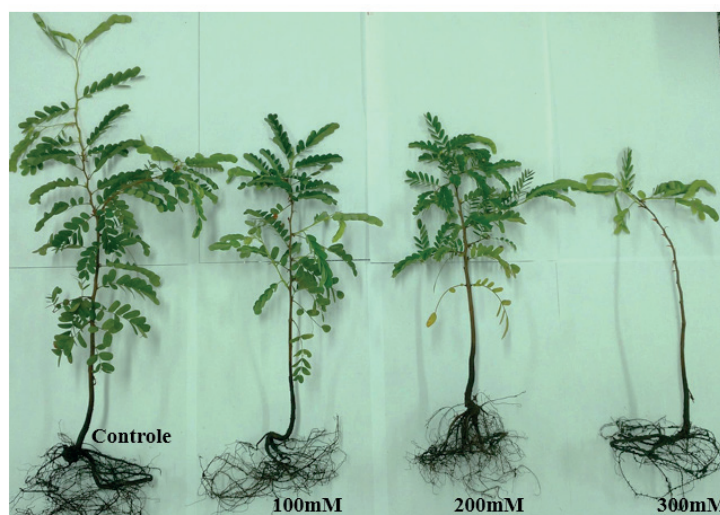
seca das folhas, caule, raiz e total, quando comparados aos demais tratamentos (Figura 3). As plantas submetidas à solução de 300 mM de NaCl apresentaram os menores valores de massa fresca e seca das folhas.

Tabela 2. Massa fresca das folhas (MFF), do caule (MFC), das raízes (MFR), massa fresca total (MFT), massa seca das folhas (MSF), do caule (MSC), das raízes (MSR) e massa seca total (MST) de plantas de tamarindeiro submetidas a diferentes concentrações de NaCl durante 40 dias. Os dados referem-se à média de dez repetições.

Tratamentos	VARIÁVEIS							
	MFF	MFC	MFR	MFT	MSF	MSC	MSR	MST
Controle	4,47 a	3,37a	4,73 a	12,17 a	1,27 a	1,90 a	2,70 a	5,87 a
100mM	3,60 b	2,67 b	2,97 b	9,23 b	0,93 b	1,37 b	1,43 c	3,73 c
200mM	3,70 b	2,93 b	3,33 b	9,97 b	1,10 ab	1,57ab	1,92 b	4,59 b
300mM	2,60 c	2,83 b	3,30 b	8,77 b	0,57 c	1,50 b	1,27 c	3,34 c

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

Figura 3. Plantas de tamarindeiro submetidas a diferentes concentrações de NaCl durante 40 dias.



Fonte: Marcella Chaves.

DISCUSSÃO

Uma das principais regiões onde o tamarindeiro é encontrado é a Nordeste. Essa região tem como características a alta evapotranspiração, precipitação mal distribuída durante todo o ano e áreas com grande acúmulo de sais no solo, tornando-o inviável para a maioria das espécies agrícolas (Rabbani, 2013). A região Nordeste do Brasil, incluindo o estado do Maranhão, possui a maioria dos perímetros de irrigação com solo apresentando alto teor de salinidade, que pode causar grandes prejuízos para as plantas em todos os seus estágios de desenvolvimento, porém, a germinação e crescimento inicial são as etapas mais afetadas pela grande quantidade de sais (principalmente NaCl) no solo na maioria das culturas agrícolas (Araújo *et al.*, 2016). A diminuição do potencial osmótico, consequência do alto teor de sais (especialmente NaCl) nos solos ou na água utilizada na irrigação, inibe a germinação das sementes, fato também observado neste trabalho. Além disso, ocasiona

sérios prejuízos ao desenvolvimento da planta (Lima *et al.*, 2005), reduzindo o rendimento das culturas, limitando a produção agrícola e causando até mesmo o abandono de áreas de plantio (Andréo-Souza, 2010).

De acordo com Willadino e Camara (2010), a partir do momento em que uma planta é submetida a estresse salino, induzido ou natural, a primeira fase afetada como resposta imediata é o crescimento, em que primeiramente é afetado pelos sais que estão no exterior da planta, sendo regulado por sinalização da raiz; posteriormente a redução do crescimento da planta é afetada pelo acúmulo de sais no interior desta. Os autores destacam ainda, que isto acontece pelo fato de a quantidade de sal absorvido ser maior do que a capacidade da planta de acumulá-lo no vacúolo. E o aumento da concentração de sais no solo tendem a ocasionar um desequilíbrio nutricional nas plantas, que ocorre devido a diminuição de entrada de solutos no vegetal, às alterações estruturais na membrana e à inibição da atividade de várias enzimas-chave do metabolismo (Pedro *et al.*, 2016).

O estresse salino causa uma rápida e severa diminuição da taxa de crescimento foliar devido à pouca absorção de água e osmólitos (moléculas orgânicas responsáveis pela estabilização proteica em resposta a estresses ambientais), ao enrijecimento da parede celular ou à turgescência celular (Dias & Blanco, 2010). Geralmente a redução na altura da planta é induzida quando o excesso de sais reduz o potencial osmótico do solo, minimizando a absorção de água pela planta e a turgescência das células, afetando as taxas de alongação e divisão celular, afetando o crescimento das plantas e conseqüentemente essa redução na altura das mesmas (Queiroga *et al.*, 2021). Porém, apesar desta ser uma das primeiras respostas das plantas ao estresse salino, com o tempo, as folhas e raízes estabelecem um equilíbrio e, do mesmo modo que ocorre no estresse hídrico, o crescimento foliar é mais afetado do que o crescimento radicular (Hsiao & Xu, 2000).

Altas concentrações de sais nas folhas, além de inibir a expansão foliar, causam a inibição da síntese do ácido 5-aminolevulinato (molécula percussora da clorofila), promovendo modificações prejudiciais na respiração da planta, na assimilação do nitrogênio e no metabolismo de proteínas; causando também uma elevação da atividade enzimática da clorofilase (enzima que degrada a clorofila), por isto, as clorofilas e outros pigmentos são constantemente utilizados como parâmetros indicativos de estresses ambientais (Santos, 2004; Cavalcante *et al.*, 2009). Em nossos resultados houve um decréscimo na quantidade de clorofila *a* e total com o aumento da concentração de NaCl no substrato, resultados semelhantes foram encontrados por Silva *et al.* (2016) em plantas de coqueiro, submetidas a quatro níveis de salinidade no solo. Mas em relação a clorofila *b*, onde não se observou esta diminuição ao longo do tempo, Figueredo *et al.* (2019) encontraram resultados parecidos

para clorofilas *a*, *b* e total em plantas de *Erythrina velutina* Willd, discutindo que a elevação da concentração de sais levou a maior produção de clorofilas nas plantas.

A menor massa das folhas observada com 300mM de NaCl pode ser explicada pela queda de grande parte das folhas ocorrida nessas plantas (Figura 2B e Figura 3). Resultados semelhantes podem ser observados no trabalho de Neto *et al.* (2015), no qual os efeitos de diferentes sais na água inibiram o acúmulo de massa seca em tamarindeiros irrigados com água salina que, segundo os autores, já era um fato esperado, pois a presença de sais no substrato prejudica o crescimento e a produção de biomassa seca pelos diferentes órgãos, assim como foi observado no presente trabalho. Resultado também semelhante ao de Silva (2018) que explica que esses resultados podem ser atribuídos as condições de deficiência hídrica induzida pelo efeito osmótico (seca fisiológica) que leva a alterações morfológicas e anatômicas nas plantas, dentre elas, a redução do tamanho e do número de folhas. Góes *et al.* (2010), estudando o crescimento inicial de tamarindeiro sob estresse salino, também constataram um efeito negativo da salinidade da água para a massa seca da folha, raiz e total em relação à testemunha.

Em resposta ao estresse salino as plantas podem ser classificadas como halófitas, aquelas que conseguem se desenvolver em ambientes com altas concentrações salinas e glicófitas, as que não são capazes de se desenvolver em ambientes com altas concentrações de sais (Sertão, 2005). A maioria das glicófitas apresenta um significativo decréscimo no crescimento quando a salinidade é superior a 10mM, já as halófitas são capazes de crescerem em ambientes onde a salinidade supera 50 mM e é inferior a 500 mM (Orcutt & Nilsen, 2000). Apesar do tamarindeiro apresentar uma sensibilidade para concentrações superiores a 200mM de NaCl, desenvolve-se normalmente em concentrações até 100mM, sendo este o limite para esta espécie.

A sobrevivência da planta sob estresse salino está diretamente relacionada com a capacidade de exclusão dos sais absorvidos. Nas plantas que não são capazes de excluir o sal, o acúmulo deste nas folhas velhas ocasionam a sua morte, sendo a emissão de folhas novas o fator que determinará a área foliar fotossinteticamente ativa, garantindo assim o desenvolvimento vegetativo (Willadino & Camara, 2010). Neste trabalho, esse fato ocorreu nas plantas do tratamento de 300 mM de NaCl, em que as folhas mais velhas caíram e novas folhas brotaram, dando continuidade ao desenvolvimento, mesmo que já prejudicado. Comportamento contrário aos resultados de Queiroga *et al.* (2021), onde as mudas de tamarindo submetidas a maiores níveis salinos apresentaram maior quantidade de folhas quando comparado aos demais tratamentos.

Considerando que a salinidade é um problema presente nas mais diversas regiões do país, principalmente no nordeste onde há grande acúmulo de sais no solo, alta

evapotranspiração e precipitação mal distribuída (Rabbani, 2013), são necessários mais estudos sobre o estresse salino em variados tempos de exposição para que se possa ter um maior conhecimento sobre as respostas das plantas à salinidade e assim pensar em ações para solucionar o problema e investir em maior produção de mudas para colaborar com diversos fins, como agricultura, comércio local e reflorestamento de áreas devastadas.

■ CONCLUSÃO

Concentrações acima de 100mM de NaCl ocasionam atraso na germinação de sementes de tamarindeiro. As mudas de tamarindeiro se desenvolvem bem até 100mM de NaCl. Concentrações superiores são prejudiciais para o crescimento e expansão foliar, assim como para a produção de biomassa das plantas.

■ REFERÊNCIAS

1. ALI, M. B.; HAHN, E. J.; PAEK, K.Y. Effects of light intensities on antioxidant enzymes and malondialdehyde content during short-term acclimatization on micropropagated Phalaenopsis plantlet. **Environmental and Experimental Botany**, v. 54, n. 2, p. 109-120, 2005.
2. ALMEIDA, L. V. et al. Seasonal changes of fructans in dimorphic roots of *Ichthyothere terminalis* (Spreng.) Blake (Asteraceae) growing in Cerrado. **Science of The Total Environment**, v. 598, p. 404-412, 2017.
3. ANDRÉO-SOUZA, Y. et al. Efeito da salinidade na germinação de sementes e no crescimento inicial de mudas de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2, p. 83–92, 2010.
4. ARAUJO, E. B. G. et al. Crescimento inicial e tolerância de cultivares de meloeiro à salinidade da água. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 2, p. 462-471, 2016.
5. BARRETO, B. B. **Efeito da luz, alagamento e salinidade na germinação e crescimento de *Sesbania punicea* (Cav.) Benth. (Fabaceae, Papilionoideae)**. 2014. 56f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande, 201
6. BOARDMAN, N. K. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v.28, n. 1, p.355-377, 1977.
7. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Mapeamento do uso e cobertura da terra do Cerrado: Projeto TerraClass Cerrado 2013/ MMA/ SBF**. Brasília: MMA, 2015. 67p.
8. CÂMARA, G.; VALERIANO, D. D. M.; SOARES, J. V. **Metodologia para o Cálculo da Taxa Anual de Desmatamento na Amazônia Legal (PRODES Methodology)**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, p. 1–37, 2013.
9. CAMPOS, M. A. A.; UCHIDA, T. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.281-288, 2002.

10. CAVALCANTE, P. G. S. et al. **Teor de clorofila e carotenoides em pinhão-mansô (*Jatropha curcas* L.) sob estresse salino**. Jornada de ensino, pesquisa e extensô, 2009.
11. CONUS, L. A. et al. Germinaçô de sementes e vigor de plântulas de milho submetidas ao estresse salino induzido por diferentes sais. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, p. 67–74, 2009.
12. COSTA, R. D. Q. et al. Desenvolvimento de estacas caulinares de *Byrsonima verbascifolia* tratadas com ácidô indolbutírico. **Enciclopédia Biosfera**, p. 689–696, 2013.
13. DANTAS, B. F.; et al. Produçô de mudas de catingueira-verdadeira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.) em funçô de substratos e luminosidades. **Científica**, v.39, n.1/2, p.34–43, 2011.
14. DE BONA, C. M.; BIASI, L. A.; COSTA, G.; ZANETTE, F.; NAKASHIMA, T. Calagem e sombreamento na produçô de biomassa e rendimento de óleô essencial em carqueja (*Baccharis trimera* A.P. de Candolle). **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, Botucatu, v. 6, n. 1, p. 28-32, 2003.
15. DIAS, N. D. e BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciênciã e Tecnologia em Salinidade, 2010. p. 129-140.
16. FIGUEIREDO, F. R. A. et al. Respostas fisiológicas de mulungu submetida a estresse salino e aplicaçô de ácidô salicílico. **Irriga**, v. 24, n. 3, p. 662-675, 2019.
17. FOWLER, J.; BIANCHETTI, A. **Dormênciã em sementes florestais**. Embrapa Florestas Documentos, p. 1–28, 2000.
18. FREITAS, S. R.; FILHO, A. J.; FILHO, M. R. E. Efeito da salinidade na germinaçô e desenvolvimento de plantas de meloeiro. **Revista Verde**, v.1, n.2, p. 113-121, 2006.
19. FREITAS, R. M. O. et al. Efeito da irrigaçô com águã salina na emergênciã e crescimento inicial de plântulas de jucã. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 3, p. 54–58, 2010.
20. GÓES, G. B. DE et al. Crescimento inicial de muda tipo pé-franco de tamarindeiro (*Tamarindus indica* L.) em diferentes níveis de salinidade na águã. **Revista Agrarian**, v.2, n.5, p.63-70, 2010.
21. GURJÃO, K. C. O.; et al. Desenvolvimento de frutos e sementes de tamarindo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 3, p. 351–354, 2006.
22. HONÓRIO, I. C. G.; et al. Influênciã de diferentes substratos na germinaçô de jambu (*Sphylanthus oleraceae* L. – Asteraceae). **Revista Biotemas**, v 24, n.2, p. 21.
23. HSIAO, T.C.; XU, L.-K. Sensitivity of growth of roots versus leaves to water stress: biophysical analysis and relation to water transport. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, p. 1595-1616, 2000.
24. LABOURIAU, L. G. **A germinaçô das sementes**. Washington, DC: OEA – Prog. Reg. Desenv. Cient. Tecnol., 170 p., 1983.
25. LACERDA, F. C; FILHO, E. J; PINHEIRO, B. C. **Fisiologia Vegetal**. p. 320-332, 2007.
26. LIMA, M.G.S.; LOPES, N.F.; MORAES, D.M.; ABREU, C.M. Qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas a estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v.27, n.1, p.54-61, 2005.

27. LIN, M. J.; HSU, B. D. Photosynthetic plasticity of *Phalaenopsis* in response to different light environments. **Journal of Plant Physiology**, v.161, p.1259-1268, 2004.
28. MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation of seedling emergence and vigour. **Crop Science**, v.2, n.1, p.176-177, 1962.
29. MARTINAZZO E. G.; et al. Efeito do Sombreamento sobre o Crescimento Inicial e Teor de Clorofila Foliar de *Eugenia uniflora* Linn (Pitanga) – Família Myrtaceae. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, p. 162-164, 2007.
30. MATTIUZ, C. F. M.; RODRIGUES, T. J. D.; MATTIUZ, B. Aspectos fisiológicos de orquídeas cortadas. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v.12, p.21-30, 2006.
31. MONTANARI, R. M, et al. Plasticidade fenotípica da morfologia externa de *Lippia alba* (Mill.) N.E.BR. ex Britt. & Wilson (Verbenaceae) em resposta a níveis de luminosidade e adubação. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.6, p.96-101, 2004.
32. MOREIRA, A. S. F.; FILHO, J. P. L.; ZOTZ, G.; ISAIAS, R. M. S. Anatomy and photosynthetic parameters of roots and leaves of two shade-adapted orchids, *Dichaea cogniauxiana* Shltr. and *Epidendrum secundum* Jacq. **Flora**, v.204, p.604-611, 2009.
33. MOTERLE, L. M. et al. Germinação de sementes e crescimento de plântulas de cultivares de milho-pipoca submetidas ao estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 3, p. 169–176, 2006.
34. MÜLLER, M. W.; SERRANO, P.; BIEHL, B. Photosynthetic characteristics during development of leaves from *Theobroma cacao* L. **Physiologia Plantarum**, v.85, p.599-609, 1992.
35. NAKAZONO E. M. et al. Crescimento inicial de *Euterpe edulis* Mart. em diferentes regimes de luz. **Revista Brasileira de Botânica**, p. 173-179, 2001.
36. NASCIMENTO, I. L. Uso de metodologias variadas na quebra de dormência tegumentar de sementes de murici. **Revista Verde**, v.6, n.3, p. 226 – 230, 2011.
37. NETO, A.J.L.; et al. Mudanças de tamarindeiro irrigadas com água salina em solo sem e com biofertilizantes. **Irriga**, v. 1, p. 730–744, 2015.
38. OLIVEIRA L. H. R. et al. **Parâmetros pré-germinativos de sementes de tamarindo submetidas a diferentes tratamentos**. CENAR: gestão de carreiras e negócios, 2016.
39. ORCUTT, D.M.; NILSEN, E.T. **Physiology of Plants Under Stress**. New York, John Wiley & Sons, 2000.
40. OSUNKOYA, O.; et al. Influence of seed size and seedlings ecological attributes on shade tolerance of rainforest tree species in Northern Queensland. **Journal of Ecology**, 82: 149-163, 1994.
41. PACHECO, F. V.; et al. Crescimento inicial de *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex. Benth. (Fabaceae) e *Chorisia speciosa* A.St.-Hil (MALVACEAE) sob diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, v.37, n.5, p.945-953, 2013.
42. PEDRO, A. A. et al. Crescimento inicial de cultivares de algodoeiro submetido ao estresse salino. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 3, n. 4, p. 32-38, 2016.

43. PEREIRA, P. C.; et al. Influência Do Tamanho De Sementes Na Qualidade De Mudás. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 4, p. 73-79, 2008.
44. PEREIRA, P. O. J.; FREITAS, M. B. Estudo da biologia floral e requerimentos de polinização do muricizeiro (*Byrsonima crassifolia* L.). **Revista Ciência Agrônômica**, v. 33, n. 2, p. 5 – 10, 2002.
45. QUEIROZ, J. M. O. **Propagação do tamarindeiro (*Tamarindus indica* L.)**. 2010. 81 f. Dissertação (pós-graduação) - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Bahia. 2010.
46. QUEIROGA, R. A. et al. Mudás de tamarindos irrigadas com diferentes tipos e proporções de água. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, p. 1-11, 2021.
47. RABBANI, A R. C. et al. Efeito do estresse salino sobre atributos da germinação de sementes de girassol. **Scientia Plena**, v. 9, n. 5, p. 5–10, 2013.
48. REGES, N. P. R. et al. **Germinação de murici (*Byrsonima verbascifolia* (L.) Rich.) em diferentes substratos**. Congresso Estadual de Iniciação Científica do IF Goiano, 2015.
49. RÊGO, G. M.; POSSAMAI, E. Avaliação dos Teores de Clorofila no Crescimento de Mudás do Jequitibá-Rosa (*Cariniana legalis*). **Embrapa**, p. 1–4, 2004.
50. SANTOS, A.C.; AKIBA, F. Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.103, p.93-99, 2004.
51. SCHIASSI, M. C. E. V.; SOUZA, V. R. D.; LAGO, A. M. T.; CAMPOS, L. G.; QUEIROZ, F. Fruits from the Brazilian Cerrado region: Physico-chemical characterization, bioactive compounds, antioxidant activities, and sensory evaluation. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 245, p. 305-311, 2018.
52. SCHOSSLER, T. R. et al. Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 1563–1578, 2012.
53. SERTÃO, M. A. J. **Uso de corretivos e cultivo do capim *Urocloa* (*Urocloa mosambicensis* (Hack.) Dandy) em solos degradados do Semi-árido**. 2005. 75f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Campina Grande. Brasil, 2005.
54. SILVA, R. A. L.; et al. Cultivo de tamarindo sob malhas coloridas : plasticidade anatômica foliar. **Ciência Rural**, v. 45, n. 2, p. 238–244, 2015.
55. SILVA, Alexandre Reuber Almeida et al. Pigmentos fotossintéticos e potencial hídrico foliar em plantas jovens de coqueiro sob estresses hídrico e salino. **Revista Agro@ mbiente On-line**, v. 10, n. 4, p. 317-325, 2016.
56. SILVA, M. L. G. et al. **Adubação nitrogenada como atenuante do estresse salino da água na produção de mudas de tamarindeiro**. 41 f. Monografia (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Paraíba. 2018.
57. SOUSA, D. M. M.; BRUNO, R. L. A.; DORNELAS, C. S. M.; ALVES, E. U.; ANDRADE, A. P.; NASCIMENTO, L. C. do. Tamarind fruit and seed morphological characterization and post-seminal development Leguminosae: Caesalpinioideae. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 1009-1015, 2010.

58. SOUZA, A. P. A.; BARROS, I. D.; NUNES, V. H. Sementes de murici (*byrsonima ssp.*) submetidas a diferentes métodos de superação de dormência. In: **6ª Jice-jornada de iniciação científica e extensão**. p. 1–5, 2015.
59. VENTRELLA, M. C.; MING, L. C. Produção de matéria seca e óleo essencial em folhas de erva-cidreira sob diferentes níveis de sombreamento e épocas de colheita. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 972-974, 2000.
60. WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 11, p. 1–23, 2010.
61. YONG, J. W. H.; HEW, C. S. The patterns of photoassimilate partitioning within connected shoots for the thin-leaves sympodial orchid *Oncidium goldiana* during different growth stages. **Lindleyana**, v.10, p.92-108, 1995.

Fungos endofíticos na ilha de Upaon-Açú, Maranhão, Brasil, e sua importância na conservação da flora

| Elaine dos Santos Piancó
UFMA

| Rafael Lima Hatherly
IEMA

| Juliano dos Santos
IEMA

| Ilisandra Zanandrea
UFMA

| Lukas Allayn Diniz Corrêa
UEMA

RESUMO

As relações entre plantas e microrganismos são conhecidas há bastante tempo. É importante ter o conhecimento sobre a diversidade desses organismos por inúmeros motivos: inicialmente pela falta de informações (para elucidar a base biológica dessas interações); saber porque os endofíticos são vantajosos, já que diversos benefícios para a planta têm sido atribuídos à presença deles; muitos são usados como agentes de controle biológico de pragas e doenças; também deve-se a eles a produção de antibióticos e outros metabólicos secundários de interesse farmacológico como agentes redutores do colesterol (estatina), agentes imunossupressores (ciclosporina A) entre outros; sem falar que são ótimos bioindicadores e têm sua importância na indústria agroquímica. Considerando a importância do conhecimento da biodiversidade e necessidade de conservação dos recursos naturais, o objetivo do trabalho foi realizar levantamento da diversidade de fungos associados às plantas da Ilha de Upaon-Açú – MA. Os espécimes férteis coletados durante as excursões de campo ou que floresceram em cultivo foram prensados, secos em estufa, herborizados e depositados no herbário da Universidade Federal do Maranhão. A classificação taxonômica dos fungos endofíticos foi realizada pelo menos a nível de gênero. Identificou-se pelo menos 23 espécies de fungos endofíticos isolados das 12 espécies de plantas coletadas e analisadas, pertencentes a 12 gêneros diferentes. Os isolados identificados estão disponíveis na coleção de fungos do Laboratório de Micologia do DEPAT/NIBA/UFMA e serão usados para futuras pesquisas na área de saúde e/ou ambiental.

Palavras-chave: Micologia, Microrganismos, Amazônia Maranhense, Taxonomia, Hospedeiro.

■ INTRODUÇÃO

O Estado do Maranhão tem uma localização privilegiada: fica no extremo leste da Amazônia oriental e no extremo norte/oeste do Nordeste. Seu enorme espaço abriga paisagens e ecossistemas tão diversos, cada um com sua flora e fauna típicas. Dentre eles, uma imensa área de exuberante floresta Amazônica ainda preservada e desconhecida, mas igualmente ameaçada, com muitas espécies endêmicas. (Amazônia Maranhense, 2011).

A Floresta Amazônica Maranhense faz parte do Centro de endemismo Belém, possuindo uma área de 243.000 km², situa-se entre o leste do Pará e oeste do Maranhão, incluindo a capital São Luis (Almeida & Vieira, 2010). De acordo com vários estudos, as florestas estão sendo alteradas profundamente pelo homem, formando pastagens e florestas superexploradas, e remanescentes isolados (Gascon *et al.*, 2001; Silva, Ryalands & Fonseca, 2005; Almeida & Vieira, 2010).

O clima da capital São Luís é tropical e semiúmido sendo fortemente influenciado pelo mar e pela Zona de Convergência Intertropical. A cidade apresenta grande quantidade de coqueiros e muita vegetação litorânea. Há pequenas áreas de Floresta Amazônica que resistiram ao processo de urbanização da cidade, todas protegidas por parques ambientais. Pequenos rios nascem na cidade: entre eles, os Rios Anil e Bacanga são os mais importantes economicamente (Brasil, 2006).

Diante deste cenário, a riqueza e a diversidade da flora presente no estado do Maranhão é sem dúvida um aspecto relevante. O estudo da riqueza de plantas presentes nas matas locais e das condições microclimáticas a que estas plantas estão submetidas auxilia na identificação, permite o estabelecimento de estratégias de reintrodução de espécies em áreas degradadas, como também ajuda a entender as condições climáticas ideais para o cultivo dessas espécies para fins econômicos (Cardoso & Israel, 2005). Os trabalhos de prospecção de espécies do Brasil podem ainda auxiliar no estabelecimento de programas nacionais de melhoramento genético de plantas ornamentais (Cardoso, 2013).

Associados as plantas, podemos encontrar diversas espécies de microrganismos, que habitam, principalmente, seus tecidos internos. Estes microrganismos, principalmente bactérias e fungos, estabelecem com as plantas uma relação simbiótica ou neutra. São os microrganismos endofíticos que, segundo Petrini, Stone e Carroll (1992), colonizam os tecidos saudáveis de partes aéreas da planta, em algum tempo do seu ciclo de vida, sem lhes causar danos aparentes. Microrganismos endofíticos, portanto, são aqueles que habitam o interior das plantas, geralmente suas partes aéreas como caules e folhas, e não causam nenhum dano aos seus hospedeiros (Azevedo, 1999), se excluindo desse conceito os fungos micorrízicos e as bactérias fixadoras de nitrogênio, que por apresentarem estruturas visíveis externamente, já são bem mais conhecidos (Peixoto Neto, Azevedo & Araújo, 2002).

As interações microrganismo/planta, ainda não são muito bem compreendidas, mas, atualmente, sabe-se que o fator ambiente pode alterar estas relações, sendo que um determinado microrganismo pode se comportar como endofítico, mantendo seu estado latente por um determinado período, e tornar-se patogênico sob determinadas condições. Um exemplo clássico destas condições é o cultivo de uma planta em larga escala, que desequilibra o ambiente natural e produz uma pressão de seleção favorável a um determinado microrganismo (novo patógeno – organismos causadores de doenças) (Aly *et al.*, 2010).

Os microrganismos endofíticos associados a plantas representam uma fonte inexplorada de produtos naturais novos e bioativos, com mais de 20.000 substâncias descritas (Ownley, Gwinn & Vega, 2010), sendo que destas 51% apresentam estruturas inéditas e 80% atividade biológica (YANG *et al.*, 2012). Isto pode ser explicado pela teoria ecológica, que estabelece que esta produção metabólica depende do nicho ecológico no qual o microrganismo está inserido e das consequentes interações bióticas e abióticas (Carter, 2011). Estes relatos sugerem que a seleção do endófito para estudo, deve ser realizada com espécies vegetais de diferentes biomas, principalmente as que enfrentam frequentes e intensas interações no ambiente como plantas de regiões áridas, florestas tropicais, entre outras (Schulz *et al.*, 2002). De acordo com Chithra *et al.* (2014) muitos fungos endofíticos têm sido relatados com potencial biossintético para produzir idênticos ou semelhantes metabólitos presentes em plantas hospedeiras.

Com a destruição da Floresta Amazônica e o extrativismo ilegal, muitas espécies correm sério risco de desaparecimento, sendo necessário o desenvolvimento de medidas de conservação, que é importante para uma estratégia integrada de proteção das espécies ameaçadas. Indivíduos de populações cultivadas podem ser introduzidos no ambiente para aumentar a conservação (Primack & Rodrigues, 2001).

Sendo assim, o presente estudo objetivou fazer um levantamento da comunidade de microrganismos endofíticos em algumas plantas da Ilha de Upaon-Açú, visto que essa é uma área de estudo ainda pouco explorada no Estado. Cabe ressaltar que é apenas o início de uma longa jornada, e que os resultados demonstrados aqui pretendem estimular novas pesquisas na temática, de maneira a abranger os conhecimentos a respeito da microbiota endofítica nos diferentes biomas inseridos no território maranhense – floresta amazônica, cerrado, restinga e caatinga. A descrição da biodiversidade da microbiota fúngica endofítica pode levar a obtenção de informações de interesse para novas pesquisas, como por exemplo na área de biotecnologia, farmacêutica e de alimentos já que é sabido que os endofíticos podem produzir toxinas, antibióticos e outros fármacos, além de enzimas e proteínas, sendo assim úteis para a população.

■ METODOLOGIA

Região de estudo e coleta de material vegetal

O estudo foi conduzido na Ilha de Upaon-Açú, Maranhão, mais precisamente na área dos municípios de São Luís, São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa. O clima da região é Equatorial Úmido, quente na maior parte do ano, atingindo facilmente 30°C no verão.

Os pontos de coletas foram determinados de forma aleatória dentro da região proposta (preferência por locais com presença de plantas com flores, para auxiliar na identificação), tanto em zona urbana quanto em zona rural, e os fragmentos foram percorridos sem demarcação de parcelas, porém com registro de posicionamento geográfico via GPS. Imagens, obtidas via satélite pelo software Google Earth, auxiliaram no estudo das áreas visitadas. Dos espécimes coletados, foram registradas informações sobre procedência, período de floração, hábitos, habitats. Todas as amostras coletadas foram fotografadas com câmera digital.

Foi dada prioridade para plantas arbóreas e arbustivas com potencial de uso, seja paisagístico, arborização urbana ou por fornecer frutos comestíveis, O material coletado (flores e folhas) foi devidamente acondicionado em caixas de isopor e imediatamente levado ao Departamento de Biologia da Universidade Federal do Maranhão e armazenados a 4 °C até o momento do processamento. Os espécimes férteis coletados durante as excursões de campo foram prensados, secos em estufa e herborizados para posterior identificação.

Isolamento de fungos das folhas

O material botânico foi selecionado e as folhas separadas. Este material foi lavado abundantemente com água corrente e detergente neutro para retirar o excesso de microrganismos epifíticos. Em seguida, foi realizada a desinfestação superficial do material em álcool 70% por 30 s, em hipoclorito de sódio 2% por 1 min e novamente em álcool 70% por 30 s, para retirar o excesso de hipoclorito.

Após a assepsia, fragmentos de folhas, medindo aproximadamente 5 mm² foram plaqueados em meio de batata, dextrose e ágar (BDA), acrescido de 50 mg.L⁻¹ de sulfato de estreptomicina e 50 mg.L⁻¹ de cloranfenicol. As placas com os fragmentos foram incubadas a 25 °C (SILVA *et al.*, 2006).

As placas foram observadas diariamente. À medida que foram aparecendo, fragmentos das colônias dos fungos recém desenvolvidas eram transferidos para tubos de ensaios contendo meio BDA inclinado, até que as culturas ficassem puras.

Os isolados foram identificados pelo menos ao nível de gênero, com base nas características macro e micromorfológicas, através de chaves de identificação disponíveis na literatura, de acordo com o grupo taxonômico a que pertencerem.

Preservação dos isolados

Fragmentos de micélio dos isolados foram preservados em tubos de ensaio contendo água destilada e esterilizada e armazenados a temperatura ambiente. Isolados representativos dos táxons mais frequentes, ou aqueles isolados que por alguma razão tiveram destaque pelo potencial de patogenicidade ou de produção de substâncias bioativas, foram depositados na coleção micológica no NIBA (Núcleo de Imunologia Básica e Aplicada/UFMA) para acesso por parte da comunidade científica.

■ RESULTADOS

Em relação as plantas, foram amostradas 13 espécies diferentes representantes de nove famílias botânicas, consideradas das regiões tropicais da América do Sul, incluído o estado do Maranhão. Uma delas foi identificada apenas ao nível de gênero devido à ausência de material fértil coletado. A lista das plantas amostradas está representada na Tabela 1.

Tabela 1. Espécies de plantas, respectivas famílias botânicas e localização da planta amostrada.

Espécie	Família	Localização
<i>Couroupita guianensis</i>	Lecythidaceae.	2°31'44.674" S / 44°17'44.344" W
<i>Pachira aquática</i>	Bombacaceae.	2°31'44.674" S / 44°17'44.344" W
<i>Terminalia catappa</i>	Combretaceae.	2°31'44.674" S / 44°17'44.344" W
<i>Licania tomentosa</i>	Chrysobalanaceae	2°31'44.674" S / 44°17'44.344" W
<i>Senna corymbosa</i>	Fabaceae.	2°30'29.034" S / 44°14'37.752" W
<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae.	2°33'27.518" S / 43°5'38.22" W
<i>Anacardium occidentale</i>	Anacardiaceae.	2°33'27.518" S / 43°5'38.22" W
<i>Byrsonima sericea</i>	Malpighiaceae	2°42'06,7" S / 44°18'22.2" W
<i>Hirtella racemosa</i>	Chrysobalanaceae.	2°31'51.5" S / 44°13'19.3" W
<i>Phanera outimouta</i>	Fabaceae.	2°31'51.5" S / 44°13'19.6" W
<i>Senna spectabilis</i>	Fabaceae.	2°31'52.0" S / 44°13'20.1" W
<i>Mimosa</i> sp.	Fabaceae.	2°31'53.1" S / 44°13'21.1" W
<i>Passiflora cincinnata</i>	Passifloraceae.	2°31'52.0" S / 44°13'20.1" W.

Foram identificadas pelo menos 23 espécies de fungos endofíticos isolados das 12 espécies de plantas coletadas e analisadas, pertencentes a 12 gêneros diferentes (Tabela 2). A maioria dos fungos endofíticos isolados e identificados neste trabalho pertencem ao filo Ascomycota recuperados em sua fase anamórfica. Fungos pertencentes ao grupo dos basidiomicetos, são mais frequentemente isolados de caules em plantas arbóreas (Bills,

1996). Fungos oomicetos e zigomicetos são isolados como endofíticos esporadicamente (Costa, 2008).

Tabela 2. Fungos endofíticos isolados na Ilha de Upaon-Açú, MA, e seus respectivos hospedeiros.

Espécie	Filo/Classe/ordem	Hospedeiros
<i>Aspergillus flavus</i>	Ascomycota/Eurotiomycetes/Eurotiales	<i>Couropita guianensis</i> <i>Anacardium occidentale</i> <i>Hirtella racemosa</i> <i>Phanera outimouta</i> <i>Passiflora cincinnata</i>
<i>Aspergillus fumigatus</i>	Ascomycota/Eurotiomycetes/Eurotiales	<i>Anacardium occidentale</i> <i>Byrsonima sericea</i> <i>Mimosa</i> sp. <i>Passiflora cincinnata</i>
<i>Aspergillus japonicus</i>	Ascomycota/Eurotiomycetes/Eurotiales	<i>Phanera outimouta</i>
<i>Aspergillus nidulans</i>	Ascomycota/Eurotiomycetes/Eurotiales	<i>Psidium guajava</i>
<i>Aspergillus niger</i>	Ascomycota/Eurotiomycetes/Eurotiales	<i>Couropita guianensis</i> <i>Pachira aquática</i> <i>Terminalia catappa</i> <i>Senna corymbosa</i> <i>Psidium guajava</i> <i>Anacardium occidentale</i> <i>Hirtella racemosa</i> <i>Phanera outimouta</i> <i>Senna spectabilis</i>
<i>Aspergillus</i> sp.	Ascomycota/Eurotiomycetes/Eurotiales	<i>Couropita guianensis</i> <i>Pachira aquática</i> <i>Licania tomentosa</i>
<i>Aspergillus tamarii</i>	Ascomycota/Eurotiomycetes/Eurotiales	<i>Phanera outimouta</i>
<i>Aspergillus terreus</i>	Ascomycota/Eurotiomycetes/Eurotiales	<i>Licania tomentosa</i> <i>Senna corymbosa</i> <i>Senna spectabilis</i>
<i>Cladophialophora</i> sp.	Ascomycota/Eurotiomycetes/ Chaetothyriales	<i>Terminalia catappa</i>
<i>Coletotrichum</i> sp.	Ascomycota/Sordariomycetes/ Glomerellales	<i>Senna spectabilis</i>
<i>Fusarium</i> sp.	Ascomycota/Sordariomycetes/ Hypocreales	<i>Pachira aquática</i> <i>Senna corymbosa</i> <i>Anacardium occidentale</i>
<i>Nigrospora</i> sp.	Ascomycota/Sordariomycetes/ Trichosphaeriales	<i>Anacardium occidentale</i>
<i>Penicillium comune</i>	Ascomycota/Eurotiomycetes/Eurotiales	<i>Phanera outimouta</i> <i>Mimosa</i> sp. <i>Passiflora cincinnata</i>
<i>Penicillium purporogenum</i>	Ascomycota/Eurotiomycetes/Eurotiales	<i>Licania tomentosa</i>
<i>Penicillium simplicissimum</i>	Ascomycota/Eurotiomycetes/Eurotiales	<i>Byrsonima sericea</i>
<i>Penicillium</i> sp.	Ascomycota/Eurotiomycetes/Eurotiales	<i>Couropita guianensis</i> <i>Anacardium occidentale</i> <i>Senna spectabilis</i>
<i>Pestalotiopsis microspora</i>	Ascomycota/Sordariomycetes/Xylariales	<i>Hirtella racemosa</i> <i>Phanera outimouta</i> <i>Mimosa</i> sp.
<i>Phoma</i> sp.	Ascomycota/Dothideomycetes/ Pleosporales	<i>Passiflora cincinnata</i>
<i>Rhizopus</i> sp.	Zygomycota/Zygomycetes/Mucorales	<i>Psidium guajava</i>
<i>Scytalidium lignicola</i>	Ascomycota/Leotiomycetes/Helotiales	<i>Hirtella racemosa</i> <i>Phanera outimouta</i>
<i>Scytalidium</i> sp.	Ascomycota/Leotiomycetes/Helotiales	<i>Terminalia catappa</i> <i>Psidium guajava</i>
<i>Syncephalastrum</i> sp.	Zygomycota/Zygomycetes/Mucorales	<i>Psidium guajava</i>
<i>Trichoderma</i> sp.	Ascomycota/Sordariomycetes/ Hypocreales	<i>Anacardium occidentale</i>

■ DISCUSSÃO

Foram amostradas e identificadas 13 espécies de plantas da região de São Luis, MA, das quais foram isoladas pelo menos 23 espécies de fungos endofíticos diferentes. Cabe ressaltar que a lista de fungos endofíticos apresentada não significa que apenas estes representam a comunidade fúngica da planta. Neste trabalho utilizamos apenas uma metodologia de isolamento e apenas folhas como material vegetal, suficiente para atingir o objetivo inicial de informar os principais fungos endofíticos das plantas no município de São Luís, MA. É importante saber que outros fungos endofíticos, como muitos *Coelomycetes* por exemplo, ainda podem ser isolados com metodologias mais específicas, ou ainda, a microbiota fúngica pode apresentar diferença na estrutura da comunidade em outras partes da planta como caule e raiz. Portanto, trabalhos mais detalhados a respeito da diversidade e da estrutura da comunidade fúngica endofítica devem ser feitos mais criteriosamente utilizando mais de uma metodologia e abrangendo a planta toda.

Estudos demonstram que o tamanho dos fragmentos dos tecidos vegetais utilizados no isolamento de fungos endofíticos em meio de cultura tem efeito sobre o número de espécies isoladas, sendo que tamanhos de fragmentos menores aumentam as chances de isolamento de um número maior de espécies por área amostrada. Além do aumento da superfície de contato com o meio de cultura, a redução dos fragmentos poderia reduzir a competição entre os fungos (Costa, 2008). Variantes deste método, como a trituração de folhas, tem sido utilizada com sucesso (Abreu *et al.*, 2010).

Dos fungos isolados, podemos destacar um número considerável de representantes dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*. Até 2011 os gêneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Paecilomyces* entre outros estavam compreendidos dentro da família Trichocomaceae. Contudo, com a mudança do novo Código Internacional de Nomenclatura para algas, fungos e plantas esta família foi subdividida em: Aspergillaceae (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Hamigera*, *Leiothecium*, *Monascus*, *Penicilliopsis*, *Phialomyces*, *Sclerocleista*, *Warcupiella* e *Xeromyces*), Trichocomaceae (*Rasamsonia*, *Sagenomella*, *Talaromyces*, *Thermomyces* e *Trichocoma*) e Thermoascaceae (*Byssochlamys/Paecilomyces* e *Thermoascus*) (Houbraken & Samson, 2011; Visagie *et al.*, 2014).

A família Aspergillaceae está compreendida na ordem Eurotiales, classe Eurotiomycetes e filo Ascomycota. Ambos, *Aspergillus* e *Penicillium* são considerados os gêneros economicamente mais importantes desse filo, e são conhecidos por apresentarem impactos positivos e negativos sobre as atividades humanas. Algumas espécies pertencentes à família Aspergillaceae possuem propriedades fisiológicas bastante diversas como, por exemplo: crescem em baixa atividade de água, em baixas ou altas temperaturas, além de níveis de baixa acidez e oxigênio (Houbraken, De Vries & Samson, 2014). Devido à sua ampla

distribuição geográfica *Aspergillus* e *Penicillium* são sempre encontrados em solos no mundo todo, onde são caracterizados como decompositores de matéria orgânica e bons produtores de enzimas (Coutinho *et al.*, 2012).

Comumente encontrado habitando o interior de plantas, o gênero *Aspergillus* foi o mais representativo em número de espécies e isolado de todas as espécies de plantas. Este gênero tem sido descrito como endofítico em uma série de trabalhos (Aly *et al.*, 2011). Além disso, faz parte de importantes espécies estudadas em diversas áreas do conhecimento por serem patogênicas, fitopatogênicas ou micotoxigênicas, ou ainda por serem produtoras de uma ampla variedade de enzimas e metabólitos secundários utilizados na indústria química, farmacêutica e alimentícia (Silva, 2009).

Dentre os representantes deste gênero, *Aspergillus niger* apareceu em fragmentos de nove das 12 espécies, indicando ser um habitante comum do interior de plantas. Pode provocar uma doença chamada mofo-preto em uvas, cebolas e amendoim, e é um contaminante comum de alimentos. Ele é onipresente no solo e é comumente relatado em ambientes internos, onde suas colônias pretas podem ser confundidas com as de *Stachybotrys* (cujas espécies são também chamadas de “bolor-negro”). Macroscopicamente, este fungo pode ser identificado crescendo em substratos produzindo colônias com hifas brancas a amareladas, tornando-se pretas com a formação de conídios. Microscopicamente, *A. niger* pode ser identificado por suas hifas hialinas e septadas. Os conidióforos são longos (400-3000 µm) com vesículas esféricas no ápice. É bisseriado, a métula cobre toda a superfície da vesícula a partir da qual as fiáides se estendem. Conídios são globosos, de cor marrom a preto com superfície rugosa (Pitt & Hocking, 2009).

Aspergillus flavus, por sua vez, também foi isolado em alta frequência nas amostras de plantas nativas. Na natureza, *A. flavus* é capaz de crescer em muitas fontes de nutrientes. É predominantemente uma espécie saprófita e cresce em plantas mortas e tecido animal no solo. Por este motivo, é muito importante na ciclagem de nutrientes. O crescimento do fungo é favorecido em condições de calor seco. Os limites de temperatura para crescimento variam de 10 a 43 °C, sendo a temperatura de 33 °C considerada a ótima. Pode produzir micotoxinas chamadas Aflatoxinas, que tem efeitos tóxicos e carcinogênicos. A presença do fungo não necessariamente é um indicador da presença da micotoxina em grãos. Os conidióforos são hialinos, bem desenvolvidos com produção abundante de conídios. Última célula do conidióforo apresenta formato ampuliforme, na qual emergem dezenas de fiáides que produzirão os conídios. Quando jovem, essa célula é globosa, de cor clara e não pulverulenta. Os conídios são hialinos, esféricos, ameroseptados e produzidos em cadeias (Andrade & Lima, 2010).

Assim como *A. flavus*, foi relatada a presença da espécie *A. tamaritii*. Ambas as colônias são semelhantes morfologicamente, porém *A. flavus* possui colônias de coloração verde oliva claro em MEA enquanto *A. tamaritii* as colônias vão do verde oliva escuro até um marrom esverdeado. *Aspergillus fumigatus* e *A. japonicus* foram as duas espécies unisseriadas do gênero.

A. fumigatus e *A. japonicus*, apesar de menos frequentes, também foram identificados como endófitos de plantas deste trabalho. *A. fumigatus* é o agente etiológico mais comum, sendo responsável por aproximadamente 90% das infecções humanas, porém, não é o único patógeno neste gênero. *A. flavus*, *A. terreus*, *A. niger* e *A. nidulans* também podem causar infecções humanas (Latgé, 1999). *A. japonicus*, assim como *A. niger* pertence a seção Nigri (Klich, 2002) e tem sido muito estudado devido a produção de enzimas denominadas tana-ses, importantes para o tratamento de efluentes de curtumes, cujas frações parcialmente purificadas ou purificadas também podem ser empregadas para produzir ácido gálico, um produto químico usado em farmacêuticos. A enzima já foi isolada de fungos como *Penicillium* sp., *Aspergillus niger*, *A. flavus* e *Candida* sp., além de *A. japonicus*.

A n-acetilação de aminas aromáticas por *Aspergillus japonicus* é uma ferramenta para biorremediação e preparação de produtos bioativos. Adicionalmente, o processo de biotransformação empregando o fungo se apresenta como um processo de baixo impacto ambiental para a preparação dos importantes produtos para a indústria farmacêutica acetanilida e acetaminofeno (Lima *et al.*, 2017).

O gênero *Penicillium*, por sua vez, é importante no que se refere a contaminação alimentar, são amplamente distribuídos no mundo todo, estão presentes em solos, no ar, vegetação em deterioração e algumas espécies tem sido relatadas como endofíticas (Pitt & Hocking, 2009). As espécies deste gênero têm sido utilizadas como modelo em estudos básicos, porém muitas pesquisas aplicadas têm demonstrado seu enorme potencial biotecnológico. Algumas espécies podem ser utilizadas no biocontrole, micoparasitismo, utilização de seus metabólitos secundários para diversas indústrias, são fontes de enzimas de interesse industrial e novos fármacos para a indústria farmacêutica (Pallu, 2010). Além disso, muitas delas podem produzir micotoxinas prejudiciais à saúde de animais e humanos (Pitt & Hocking, 2009).

Além de *Aspergillus* e *Penicillium*, outros fungos isolados como endofíticos no Maranhão também possuem importante aplicação biotecnológica. *Pestalotiopsis*, por exemplo, é um gênero anamórfico conidial portador de apêndices (Coelomycetes) na família Amphifesiariaceae (Kang, Kong & Hyde, 1998; Kang, Hyde & Kong, 1999). Estudos moleculares mostraram que *Pestalotiopsis* é monofilética (Jeewon *et al.* 2002, 2003). As espécies de *Pestalotiopsis* são comuns em ecossistemas tropicais e temperados e podem causar doenças nas plantas (Das

Ranjana *et al.*, 2010), mas são frequentemente isoladas como endófitas (Liu *et al.*, 2006; Wei *et al.*, 2007; Watanabe *et al.* 2010), ou ocorrem como saprófitas (Agarwal, Chauhan 1988; Yanna *et al.*, 2002; Hu *et al.* 2007; Liu *et al.*, 2008).

Pestalotiopsis microspora tem recebido muita atenção da comunidade científica. No entanto, isso não é por sua natureza patogênica, mas sim porque suas espécies demonstraram produzir muitos metabólitos secundários importantes (Strobel & Daisy, 2003; Aly *et al.*, 2010). Um destes metabólitos é o Taxol, um importante fármaco quimioterapêutico utilizado no tratamento de câncer de mama e ovário (Kumaran, Kim & Hur, 2010).

Russel *et al.* (2011) verificaram que dois isolados amazônicos de *Pestalotiopsis microspora* (E2712A e E3317B) conseguiram degradar poliéster poliuretano (PUR) quando cultivados anaerobicamente. Para estes dois organismos, o nível de atividade foi o mesmo quando cultivado em condições aeróbicas ou anaeróbicas. Esta observação pode ter significado prático em que este fungo pode ser usado em sistemas de fermentação anaeróbica para degradar PUR. Devido a essa capacidade, *P. microspora* já vem sendo chamado de “fungo comedor de plástico”.

Scytalidium spp. é um fungo filamentosos, sapróbio do solo e plantas, mas que pode ser considerado patógeno oportunista. Segundo Cursi *et al.* (2011), a prevalência das infecções ungueais causadas por este fungo vem aumentando nas últimas décadas, embora ainda sejam poucos os trabalhos publicados sobre sua epidemiologia (Cursi *et al.*, 2011).

A síntese de fitormônios por microrganismos maximiza o crescimento vegetal, quando comparado aos indivíduos que não mantêm relação simbiótica com os mesmos. Dentre as auxinas, o ácido indolacético (AIA) é o mais estudado, essa substância afeta a morfologia das raízes, aumenta o comprimento e o número de pelos radiculares, permite explorar novas regiões e aumentado a área de captação radicular (Piccoli *et al.*, 2011). Isolados endofíticos de *Trichoderma* testados por Badawi, Biomy e Desoky (2011) e Oliveira *et al.* (2012) foram capazes de produzir AIA in vitro e o uso do precursor L-triptofano proporcionou efeito positivo como indutor para a síntese deste fitormônio. Segundo Vitorino *et al.*, (2012) 52% dos isolados endofíticos de *Hyptis marrubioides* EPLING (Lamiaceae), foram capazes de sintetizar AIA in vitro.

Rhizopus sp exibe uma ampla gama de espécies de fungos zigomicetos que são saprotóficos comuns e cosmopolitas. Algumas espécies, como *Rhizopus oryzae*, por exemplo, são usadas benéficamente para a produção de alimentos asiáticos fermentados, mas também podem atuar como patógenos humanos oportunistas (Gryganskyi *et al.*, 2010).

Nigrospora é um fungo filamentosos dematiáceos amplamente distribuídas no solo, plantas em decomposição e sementes. É um dos contaminantes comuns de laboratório. Este fungo possui uma importante fonte de drogas para o tratamento de diversas patologias. A afidicolina,

um metabólito isolado do fungo, que é descrita como tendo ação de inibição da divisão celular por atuar impedindo a função da DNA polimerase, foi testada contra promastigotas e amastigotas que causam Leishmaniose (Kayser *et al.*, 2001).

Fusarium é um dos mais abundantes gêneros de fungos de solo, englobando espécies de importância ambiental, agrícola e, até mesmo, relacionadas a doenças em humanos e animais (Wakelin *et al.*, 2008). Podem ser patogênicos a uma grande variedade de plantas, muitas delas de interesse econômico, provocando doenças como murcha vascular, *damping off* e podridões de raiz e colo (Agrios, 2005; Wakelin *et al.*, 2008).

Diante dos resultados aqui apresentados, estima-se uma grande riqueza de fungos endofíticos ocorrendo nas plantas na Ilha de Upaon-Açú. Essa riqueza permite afirmar que temos no Maranhão uma fonte ampla de recursos naturais para futuros estudos na área da saúde, da biotecnologia, das ciências agrárias. Estes resultados também reforçam a necessidade de ampliar os esforços referentes a preservação e conservação dos recursos naturais, estimulando o uso sustentável dos mesmos.

■ AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Prof^a. Geusa Felipa de Barros Bezerra e ao Nucleo de Imunologia Basica e Aplicada (NIBA) da Universidade Federal do Maranhão pela disponibilização do espaço físico, material e equipamentos que foram imprescindíveis para a realização deste trabalho. O primeiro autor agradece a Fundação de Amparo a Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão - FAPEMA - pela concessão de bolsa Professor/Pesquisador Visitante no Brasil.

■ REFERÊNCIAS

1. ABREU, M., ALMEIDA, R., SALGADO, M., PFENNING, H. 2010. Fungal endophytes associated with the mistletoe *Phoradendron perrottettii* and its host tree *Tapirira guianensis*. **Mycol Progress**, 9, 559-566.
2. AGARWAL, A.K.; CHAUHAN, S. 1988. A new species of the genus *Pestalotiopsis* from Indian soil. **Indian Phytopathology** 41:625–627.
3. AGRIOS, G.N. 2005. **Plant Pathology** (5.^a ed.). Burlington: Elsevier Academic Press, 922 p.
4. ALMEIDA, S., VIEIRA, G. 2010. Centro de Endemismo Belém: status da vegetação remanescente e desafios para a conservação da biodiversidade e restauração ecológica. **Revista de Estudos Universitários**, 36, 95-111.

5. ALY, A. H.; DEBBAD, A.; KJER, J.; PROKSCH, P. 2010. Fungal endophytes from higher plants: a prolific source of phytochemicals and other bioactive natural products. **Fungal Diversity**, 41, 1-16.
6. ALY, A. H.; DEBBAB, A.; PROKSCH, P. 2011. Fungal endophytes: unique plant inhabitants with great promises. **Applied microbiology and biotechnology**, 90(6), 1829–1845.
7. MARTINS, M. B., & DE OLIVEIRA, T. G. 2011. **Amazônia Maranhense: diversidade e conservação**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 328 p.
8. ANDRADE, J.M.S.; LIMA, M.P 2010. **Aspectos gerais e morfológicos de *Aspergillus flavus***. Disponível em: http://fitopatologia1.blogspot.com.br/2010/12/aspectos-gerais-e-morfologicos-de_13.html. Acesso em: 01/12/ 2017.
9. AZEVEDO, J. L. 1999. Botânica: uma ciência básica ou aplicada? **Revista Brasileira de Botânica**, 22(2), 225-229.
10. AZEVEDO, J. L.; MACCHERONI JUNIOR, W.; PEREIRA, J. O.; ARAÚJO, W. L. 2000. Endophytic microorganisms: a review on insect control and recent advances on tropical plants. **Electronic Journal of Biotechnology**, 3(1), 40-65.
11. BADAWI, F. S. F.; BIOMY, A. M. M.; DESOKY, A. H. 2011. Peanut plant growth and yield as influenced by co-inoculation with Bradyrhizobium and some rhizo-microorganisms under sandy loam soil conditions. **Annals of Agricultural Science**, 56(1),17-25.
12. BILLS, G. F. 1996. Isolation and analysis of endophytic fungal communities from woody plants. **Endophytic fungi in grasses and woody plants**, 31-65.
13. BRASIL. Caderno da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. – Brasília: MMA, 2006. 128 p.
14. CARDOSO, J. C. 2013. Melhoramento de espécies ornamentais como estratégia para o desenvolvimento e autossuficiência do setor. **Horticultura Brasileira**, 31(1), 1.
15. CARDOSO, J. C., & ISRAEL, M. 2005. Levantamento de espécies da família Orchidaceae em Águas de Sta. Bárbara (SP) e seu cultivo. **Horticultura Brasileira**, 23(2), 169-173.
16. CARTER, G. T. 2011. Natural products and Pharma: Strategic changes spur new opportunities. **Natural product reports**, 28(11), 1783-1789.
17. CHITHRA, S.; JASIM, B.; SACHIDANANDAN, P.; JYOTHIS, M.; RADHAKRISHNAN, E. K. 2014. Piperine production by endophytic fungus *Colletotrichum gloeosporioides* isolated from *Piper nigrum*. **Phytomedicine**, 21(4), 534-54.
18. COSTA, L. A. 2008. **Comunidade de fungos endófitos associados ao cacaueteiro em vegetação nativa e sob o sistema de monocultivo. Fungos endófitos associados ao cacaueteiro**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil.
19. COUTINHO, F. P.; FELIX, W. P.; YANO-MELO, A. M. 2012. Solubilization of phosphates in vitro by *Aspergillus* spp. and *Penicillium* spp. **Ecological Engineering**. 42, 85–89.
20. CURSI, I.B.; FREITAS, L.B.C.R.; NEVES, M.L.P.F., SILVA, I.C.; OROFINO-COSTA, R. 2011. Onychomycosis due to *Scytalidium* spp.: A clinical and epidemiologic study at a University Hospital in Rio de Janeiro, Brazil. **Anais Brasileiros de Dermatologia**. Brasil, 689-693.

21. DAS, R.; CHUTIA, M.; DAS, K.; JHA, D.K. 2010 Factors affecting sporulation of *Pestalotiopsis disseminata* causing grey blight disease of *Persea bombycina* Kost., the primary food plant of muga silkworm. **Crop Protection** 29:963–968.
22. GASCON, C.; BIERREGAARD JR, R. O.; LAURANCE, W. F., & RANKIN-DE-MERONA, J. (2001). Deforestation and forest fragmentation in the Amazon. Lessons from Amazonia. **The ecology and conservation of a fragmented forest**, 22-30.
23. GRYGANSKYI, A. P.; LEE, S. C.; LITVINTSEVA, A. P.; SMITH, M. E.; BONITO, G.; PORTER, T. M.; VILGALYS, R. 2010. Structure, function, and phylogeny of the mating locus in the *Rhizopus oryzae* complex. **PLoS One**, 5(12).
24. HOUBRAKEN, J.; DE VRIES, R.P.; SAMSON, R.A. 2014. Modern taxonomy of biotechnologically important *Aspergillus* and *Penicillium* species. **Adv. Appl. Microbiol**, 86, 199-249.
25. HOUBRAKEN, J. & SAMSON, R.A. 2011. Phylogeny of *Penicillium* and the segregation of *Trichocomaceae* into three families. **Studies in Mycology**, 70, 1-51.
26. HU, H.L.; JEEWON, R.; ZHOU, D.Q.; ZHOU, T.X.; HYDE, K.D. 2007. Phylogenetic diversity of endophytic *Pestalotiopsis* species in *Pinus armandii* and *Ribes* spp.: evidence from rDNA and β -tubulin gene phylogenies. **Fungal Diversity**. 24:1–22.
27. JEEWON, R.; LIEW, E.C.Y.; HYDE, K.D. 2002. Phylogenetic relationships of *Pestalotiopsis* and allied genera inferred from ribosomal DNA sequences and morphological characters. **Molecular Phylogenetics and Evolution** 25: 378-392.
28. JEEWON, R.; LIEW, E.C.Y.; SIMPSON, J.A.; HODGKISS, I.J.; HYDE, K.D. 2003. Phylogenetic significance of morphological characters in the taxonomy of *pestalotiopsis* species. **Molecular Phylogenetics and Evolution** 27: 372-383.
29. KANG, J.C.; KONG, R.Y.C.; HYDE, K.D. 1998. Studies on the Amphisphaeriales I. Amphisphaeriaceae (sensu stricto) and its phylogenetic relationships inferred from 5.8S rDNA and ITS2 sequences. **Fungal Diversity**, 1, 147-157.
30. KANG, J.C.; HYDE, K.D.; KONG, R.Y.C. 1999. Studies on the Amphisphaeriales. The Amphisphaeriaceae (sensu stricto). **Mycological Research**, 103, 53-54.
31. KAYSER, O.; KLDERLEN, A. F.; BERTELS, S.; SLEMS, K. 2001. Antileishmanial Activities of Aphidicolin and its Semisynthetic Derivatives. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy**, 45(1):288-292.
32. LACAZ, C. S.; PORTO, E.; MARTINS, J. E. C.; HEINS-VACCARI, E. M.; MELO, N. T. 2002. **Tratado de micologia médica**. (9.ª ed.). São Paulo: Sarvier.
33. LIU, Y. G. et al. 2006. Removal of cadmium and zinc ions from aqueous solution by living *Aspergillus niger*. **Transactions of Nonferrous Metals Society of China**, 16(3): 681-686.
34. KLICH, M.A. **Identification of common Aspergillus guide**. 200. **Amer Society for Microbiology**, 116.
35. KUMARAN, R.S.; KIM, H.J.; HUR, B.K. 2010. Taxol-producing [corrected] fungal endophyte, *Pestalotiopsis* species isolated from *Taxus cuspidata*. **J Biosci Bioeng**. 110(5), 541-546.
36. LATGÉ, J.P. *Aspergillus fumigatus* and Aspergillosis. 1999. **Clinical Microbiology Reviews**, 12(2), 310-350.

37. LIMA, D.P.; GIANNESI, G.C.; DOS SANTOS, E.A.; FREITAS, T.S.E.; LOPES, R.S.; LOPO, M.N.; BEATRIZ, A.; MARQUES, M.R.; MARCHETTI, C.R. 2017. N-Acetylation of Aromatic Amines by the Soil Fungus *Aspergillus japonicus* (UFMS 48.136), **Letters in Organic Chemistry**, 14, 227.
38. LIU, L.; LIU, S.; JIANG, L.; CHEN, X.; GUO, L.; CHE, Y. 2008 Chloropupukeananin, the first chlorinated pupukeanane derivative, and its precursors from *Pestalotiopsis fici*. **Organic Letters**. 10:1397-1400
39. OLIVEIRA, A. G.; JUNIOR, A. F. C.; SANTOS, G. R.; MILLER, L. O.; CHAGAS, L. F. B. 2012. Potencial de solubilização de fosfato e produção de AIA por *Trichoderma* spp. **Revista Verde**, 7(3) 149-155.
40. OWNLEY, B. H.; GWINN, K. D.; VEGA, F. E. 2010. Endophytic fungal entomopathogens with activity against plant pathogens: ecology and evolution. **BioControl**, 55, 113-118.
41. PALLU, A. P. S. 2010. **Potencial biotecnológico de fungos do gênero e interação com cana-de-açúcar**. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brasil.
42. PEIXOTO-NETO, P.A.S.; AZEVEDO, J.L.; ARAÚJO, W.L. 2002. Microrganismos endofíticos: interações com plantas e potencial biotecnológico. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, 29, 62-76.
43. PETRINI, O., STONE, J. & CARROLL, F.E. 1992. Endophytic fungi in evergreen shrubs in western Oregon: a preliminary study. **Canadian Journal of Botany**, 60, 789-796.
44. PICCOLI, P.; TRAVAGLIA, C.; COHEN, A.; SOSAL, L.; CORNEJO, P.; MASUELLI, R.; BOTTINI, R. 2011. An endophytic bacterium isolated from roots of the halophyte *Prosopis strombulifera* produces ABA, IAA, gibberellins A1 and A3 and jasmonic acid in chemically-defined culture medium. **Plant Growth Regulation**, 64(2), 207-210.
45. PITT, J. I.; HOCKING, A. D. 2009. **Fungi and food spoilage** (3.^a ed.). Dordrecht: Springer. Primack, R. B., & Rodrigues, E. (2006). Biologia da conservação. In **Biologia da conservação**.
46. RUSSELL, J. R. et al. 2011 Biodegradation of polyester polyurethane by endophytic fungi. **Applied Environmental Microbiology**, 77: 6076-6084.
47. SCHULZ, B., BOYLE, C., BRAEGER, S., ROMMERT, A., KROHN, K. 2020. Endophytic fungi: a source of biologically active secondary metabolites. **Mycological Research**, 106, 996-1004.
48. SILVA, J. M. C.; RYALANDS, A. B.; FONSECA, G. A. B. 2005. O destino das áreas de endemismo da Amazônia. **Megadiversidade**, 1,124-131.
49. SILVA, R. L. O.; LUZ, J. S.; SILVEIRA, E. B.; CAVALCANTE, U. M. T. 2006. Fungos endofíticos em *Annona* spp.: isolamento, caracterização enzimática e promoção do crescimento em mudas de pinha (*Annona squamosa* L.). **Acta Botanica Brasilica**, 20(3), 649-655.
50. SILVA, D.M. 2009. **Identificação de espécies de *Aspergillus* Seção *Nigri* por taxonomia polifásica e descrição de duas novas espécies do gênero**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil.
51. STROBEL, G. & DAISY, B. 2003. Bioprospecting for microbial endophytes and their natural products. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, 67(4), 491-502.

52. VISAGIE, C. M., HOUBRAKEN, J., FRISVAD, J. C., HONG, S. B., KLAASSEN, C. H. W., PERRONE, G., ... & SAMSON, R. A. 2014. Identification and nomenclature of the genus *Penicillium*. **Studies in mycology**, 78, 343-371.
53. VITORINO, L. C.; SILVA, F. G.; SOARES, M. A.; SOUCHIE, E. L.; COSTA, A. C.; LIMA, W. C. 2012. Solubilization of calcium and iron phosphate and in vitro production of Indoleacetic acid by Endophytic isolates of *Hyptis marrubioides* Epling (Lamiaceae). **International Research Journal of Biotechnology**, 3(4), 47-54.
54. WAKELIN, S.A.; WARREN, R.A.; KONG, L; HARVEY, P.R. 2008. Management factors affecting size and structure of soil *Fusarium* communities under irrigated maize in Australia. **Applied Soil Ecology**, 39(2), 201–209.
55. WATANABE, K.; MOTOHASHI, K.; ONO, Y. 2010. Description of *Pestalotiopsis pallidotheae*: a new species from Japan. **Mycoscience** 51:182–188
56. YANG, X.; ZHANG, J.; LUO, D. 2012. The taxonomy, biology and chemistry of the fungal *Pestalotiopsis* genus. **Natural Products Report**, 29, 622-641.
57. YANNA, HO, W.H. & HYDE, K.D. 2002. Fungal succession on fronds of *Phoenix hanceana* in Hong Kong. **Fungal Diversity** 10:185–211.

Morfofisiologia e anatomia foliar de *Hippeastrum stylosum* Herb. em diferentes condições de luz

| Florine Alves de Sousa Pinheiro
UEMA

| Juliano dos Santos
UEMA

| Joyce Gomes Falcão
UFMA

| Ilisandra Zanandrea
UFMA

| Amanda Cristine Abreu Silva
UFMA

| Cícero de Lá Martini da Penha Júnior
UFMA

| Nagela Janniny Veloso Coelho Moraes
UFMA

| Lukas Allayn Diniz Corrêa
UEMA

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a plasticidade morfoanatômica de plantas de *Hippeastrum stylosum* Herb. em diferentes condições de luz. Para avaliar os efeitos da exposição prolongada à luz, plantas com cinco folhas completamente expandidas foram colocadas em ambientes com 50%, 75% e 100% (pleno sol) de radiação fotossinteticamente ativa (RFA), obtidos por meio de tela de sombreamento, e mantidas nessas condições durante 60 dias. Em vista frontal, as células epidérmicas são retangulares e organizadas em fileiras. A planta é anfiestomática, estômatos diacíticos, localizados no mesmo nível das células epidérmicas. Há poucos estômatos na face adaxial e muitos na face abaxial da folha. Há muitos estômatos geminados na face abaxial de todos os tratamentos, sendo que na face adaxial esses estômatos foram encontrados somente nas plantas cultivadas com 50% de luminosidade. Cutícula bastante estriada nas plantas cultivadas em local totalmente ensolarado, com 70% de luz apresentaram poucas estriações e lisa com 50% de luz. A cutícula é muito espessa nas plantas cultivadas em local totalmente ensolarado e com 70% de luz, e delgada nas plantas cultivadas com 50% de luz. O mesofilo das folhas é simétrico, o parênquima clorofiliano é internamente envolvido por uma ou duas camadas de células parenquimáticas que delimitam grandes lacunas, que são interrompidas pelas colunas de células parenquimáticas e por pequenos feixes vasculares colaterais que comunicam as faces adaxial e abaxial. As lacunas ocupam aproximadamente 2/3 da espessura foliar. Não houve diferença em relação a essas variáveis nos tratamentos testados.

Palavras-chave: Luminosidade, Planta Ornamental, Sombreamento.

■ INTRODUÇÃO

A energia luminosa é fundamental para o desenvolvimento das plantas, sendo que variações na qualidade e na quantidade desta luz influenciam o tipo de desenvolvimento que a planta apresentará (Poggiani *et al.*, 1992; Massaro, 2013). A maioria das espécies vegetais, quando submetidas a uma mudança nas condições de luz, é capaz de ajustar-se à mudança ocorrida (Holt, 1995; Gazolla-Neto *et al.*, 2013). Dessa forma, a eficiência do crescimento pode estar relacionada à capacidade de adequação das plantas às condições luminosas do ambiente, sendo o melhor desenvolvimento de algumas espécies em ambientes com baixa ou elevada luminosidade atribuído à capacidade da planta ajustar sua forma de alocação de biomassa e o seu desempenho fisiológico (Dias filho, 1999). Essas alterações, que modificam a estrutura das plantas em resposta a diferentes níveis de luz, classificam as espécies quanto ao potencial de aclimatação (Larcher, 2000).

O processo de aclimatação luminosa envolve um conjunto complexo de ajustes fisiológicos, bioquímicos e estruturais (Muchie & Horton, 1997), com o objetivo de aumentar o aproveitamento da radiação luminosa dentro dos limites da constituição genética das espécies (Chazdon, 1996; Valladares *et al.*, 2006).

Dentre os órgãos de uma planta, a folha é aquela que fica mais exposta às variáveis ambientais, podendo, desta forma, serem observadas modificações de suas características em vários níveis (Castro *et al.*, 2009). Ao serem submetidas a diferentes condições de radiação solar, as folhas podem apresentar alterações nas concentrações de pigmentos fotossintetizantes (Gonçalves *et al.*, 2001; Kitajima & Hogan, 2003; Rego & Possamai, 2006), além de alterações anatômicas. Fisiologicamente, a luz realiza uma função marcante na regulação de inúmeras enzimas cloroplastídicas, no entanto, quando em demasia, estimula distúrbios nos processos associados às atividades fotossintéticas (Araújo & Deminicis, 2009).

A alta luminosidade, em plantas que não possuem elevada plasticidade fotossintética e alta capacidade de aclimatação, pode levar ao acréscimo da temperatura foliar, com probabilidades de provocar a fotoinibição da fotossíntese (Houter & Pons, 2005). A qualidade luminosa confere comportamento diferente da cutícula, sendo mais espessa quando as folhas são expostas à maior luminosidade, evitando assim, a elevação da taxa de transpiração (Moreira *et al.*, 2013).

Pertencente à família Amaryllidaceae, *Hippeastrum stylosum* Herb. é uma planta nativa e endêmica do Brasil (Dutilh *et al.*, 2020). Possui brácteas espetais verde-rosadas de formato trompete, suas folhas crescem no verão e as flores geralmente surgem de novembro a março. Alguns fatores ambientais, como a luz, umidade, nutrientes e temperatura, são responsáveis por mudanças nos ciclos de cultivo dos lírios, assim como a qualidade do ambiente de plantio (Mello, 2006).

Dentre os problemas que afetam o cultivo de plantas com potencial ornamental, o excesso de luminosidade destaca-se por reduzir a taxa fotossintética (fotoinibição), resultando no aparecimento de cloroses, na redução da taxa de assimilação do CO₂ e, conseqüentemente, em reduções no número e tamanho das flores (He *et al.*, 1998; Lin & Hsu, 2004; Ali *et al.* 2005; Moreira *et al.* 2009). Além da taxa fotossintética, a respiração, o número e dimensões das células do mesófilo, a espessura da cutícula, a densidade estomática (Campos & Uchida, 2002; Montanari *et al.*, 2004; Moreira *et al.* 2009) e as características fenológicas, como longevidade da folha, podem ser alteradas pelo efeito da intensidade de luz durante a ontogenia foliar (Boardman, 1977; Müller *et al.*, 1992).

Aumentos nas taxas fotossintéticas podem melhorar a qualidade das flores. Por outro lado, o aumento da capacidade fotossintética como resposta ao aumento dos níveis de luminosidade pode não ser uma alternativa viável, pois muitas plantas são adaptadas a ambientes de pouca luminosidade, onde a saturação da fotossíntese ocorre entre irradiâncias de 80 e 100 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Assim, se por um lado a luz em excesso afeta o crescimento, o desenvolvimento e a produção das plantas, por outro, plantas crescendo continuamente sob baixa luminosidade podem também sofrer reduções na capacidade fotossintética e, portanto, na taxa de crescimento (Yong & Hew, 1995).

Estudos que relacionem aspectos anatômicos de plantas em relação à interferência do ambiente de luz no cultivo são escassos, principalmente em plantas com potencial ornamental encontradas no Estado do Maranhão. Tal carência de informações inibe uma compreensão mais definida do grau de plasticidade morfofisiológica apresentada pelas diferentes espécies em resposta à luz (Mattiuz *et al.*, 2006). A melhor compreensão da interferência do ambiente de luz no cultivo de plantas com potencial ornamental é de grande relevância para o entendimento das respostas morfofisiológicas dessas plantas a este fator abiótico de estresse, pois, além de otimizar a produção de espécies de interesse e a conseqüente redução do extrativismo contribui sobremaneira para o sucesso de projetos de reintrodução e para a expansão da cultura no Estado do Maranhão.

A maioria das espécies vegetais, quando submetidas a uma mudança nas condições de luz, é capaz de ajustar-se à mudança ocorrida (Holt, 1995; Gazolla-Neto *et al.*, 2013). Dessa forma, a eficiência do crescimento pode estar relacionada à capacidade de adequação das plantas às condições luminosas do ambiente, sendo o melhor desenvolvimento de algumas espécies em ambientes com baixa ou elevada luminosidade atribuído à capacidade da planta ajustar sua forma de alocação de biomassa e o seu desempenho fisiológico (Dias filho, 1999). Essas alterações, que modificam a estrutura das plantas em resposta a diferentes níveis de luz, classificam as espécies quanto ao potencial de aclimatação (Larcher, 2000).

O processo de aclimação luminosa envolve um conjunto complexo de ajustes fisiológicos, bioquímicos e estruturais (Muchie & Horton, 1997), com o objetivo de aumentar o aproveitamento da radiação luminosa dentro dos limites da constituição genética das espécies (Chazdon, 1996; Valladares *et al.*, 2006).

Quando submetidas a diferentes condições de radiação solar, as folhas podem apresentar alterações nas concentrações de pigmentos fotossintetizantes (Gonçalves *et al.*, 2001; Kitajima & Hogan, 2003; Rego & Possamai, 2006), além de alterações anatômicas. Fisiologicamente, a luz realiza uma função marcante na regulação de inúmeras enzimas cloroplásticas, no entanto, quando em demasia, estimula distúrbios nos processos associados às atividades fotossintéticas (Araújo & Demecini, 2009).

■ METODOLOGIA

Foram coletados bulbos de *H. stylosum* no campus Dom Delgado, Universidade Federal do Maranhão coordenadas (2°33'41.80"S, 44°18'35.77"O). Os bulbos sem folhas, contendo aproximadamente três centímetros de diâmetro, foram plantados em vasos de polietileno, contendo uma mistura de solo comercial e terra vermelha em uma proporção de 1:1 (v/v), colocados em ambiente com 50% de sombreamento (aproximadamente 12.800 lux de luminosidade), e regados diariamente. As plantas foram mantidas nessas condições por um período de quatro meses, até que as mesmas apresentassem uma média de seis folhas completamente expandidas por planta.

Para avaliar os efeitos da exposição prolongada à luz, as plantas foram transferidas para ambientes com 50%, 70% e 100% (pleno sol) de radiação fotossinteticamente ativa (RFA), obtidos por meio de tela de sombreamento, conforme especificações do fabricante. As plantas foram mantidas nas diferentes condições de luz durante 60 dias.

As variáveis analisadas foram: número de folhas, tamanho das folhas (com utilização de régua milimetrada), índice de clorofila a, clorofila b e clorofila total, massa fresca e seca das folhas, dos bulbos, das raízes e total. Para as avaliações de massa o material vegetal foi coletado e pesado em balança digital, sendo após colocados em estufa, a 60°C por 72h, para avaliação de massa seca. O teor de clorofila foi estimado utilizando-se um Clorofilog CFL 1030 (Falker), realizando-se 10 medições em cada planta, totalizando 70 medições em cada coleta.

As análises anatômicas foram realizadas no final do experimento. Foram realizados cortes transversais e paradérmicos do terço médio das folhas e coradas com solução de safranina 1% ou Azul de Toluidina 1%. Foi realizada comparação entre os diferentes tratamentos quanto à composição dos tecidos, espessura da cutícula quantidade de estômatos e formato das células.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com sete repetições por tratamento, sendo considerada unidade experimental um vaso contendo uma planta. Para as fontes de variação quantitativas, os dados das variáveis avaliadas foram analisados por meio de regressão polinomial, enquanto para fontes de variação qualitativas, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade utilizando-se o programa SISVAR.

■ RESULTADOS

Análises Morfofisiológicas

Quando analisados os fatores tempo e luminosidade houve interação significativa para a variável número de folhas e tamanho das folhas. No fator tempo, verificou-se que tanto o número quanto o tamanho das folhas das plantas mantidas em local totalmente ensolarado diminuíram a partir da segunda avaliação, sendo os menores valores observados ao final do período experimental. Nos demais tratamentos o número de folhas aumentou gradativamente para as duas variáveis (Tabela 1, Tabela 2, Figura 1). Cabe ressaltar que a redução observada nas plantas cultivadas em pleno sol ocorreu por senescência, queda de folhas, e necroses ao longo do limbo foliar.

Tabela 1. Número de folhas em plantas de *Hippeastrum stylosum* submetidas a diferentes condições de luminosidade durante 60 dias. UFMA, 2020.

Dias após o início do experimento	Intensidades luminosas		
	100%	70%	50%
10	6,86 a	6,00 a	6,42 a
20	6,00 a	6,28 a	6,86 a
30	5,71 b	6,43 ab	7,00 a
40	5,72 b	6,57 ab	7,14 a
50	5,29 b	6,86 a	7,29 a
60	5,14 b	7,43 a	7,57 a

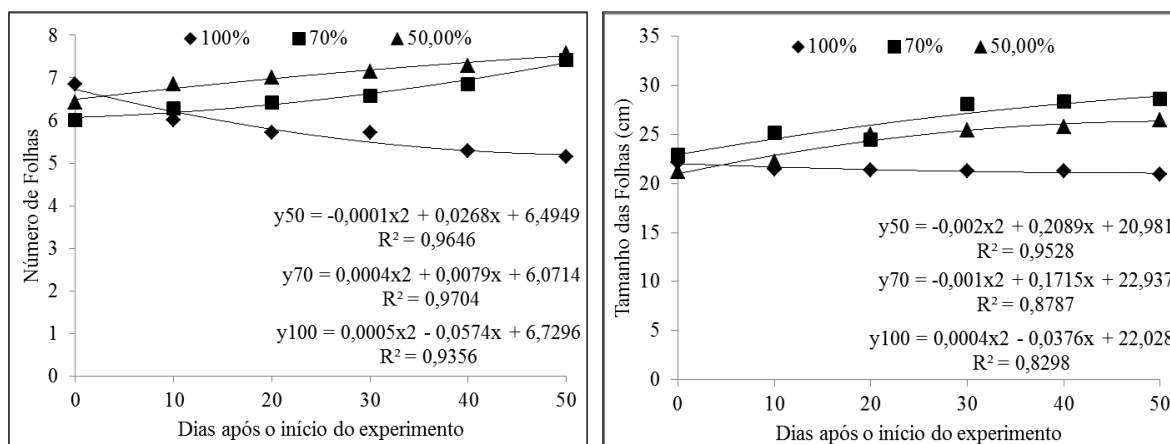
Médias seguidas pelas mesmas letras na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

Tabela 2. Comprimento das folhas de plantas de *Hippeastrum stylosum* submetidas a diferentes condições de luminosidade durante 60 dias. UFMA, 2020.

Dias após o início do experimento	Intensidades luminosas		
	100%	70%	50%
10	22,17 a	22,93 a	21,17 b
20	21,48 b	25,13 a	22,20 ab
30	21,32 b	24,48 a	25,03 a
40	21,32 b	28,09 a	25,39 a
50	21,32 b	25,76 a	28,33 a
60	20,91 b	28,65 a	26,48 a

Médias seguidas pelas mesmas letras na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

Figura 1. Número de folhas e tamanho das folhas em plantas de *Hippeastrum stylosum* submetidas a diferentes condições de luminosidade durante 60 dias. UFMA, 2020.



Em relação aos valores de massa, não houve diferença para massa fresca das folhas e das raízes nos diferentes tratamentos testados. Entretanto, a massa fresca dos bulbos das plantas mantidas em local totalmente ensolarado foi menor ao final do experimento. Para massa fresca total, os menores valores foram obtidos nas plantas cultivadas em ambiente com 70% ou mais de luminosidade (Tabela 3).

Tabela 3. Massa fresca das folhas (MFF), massa fresca dos bulbos (MFB), massa fresca das raízes (MFR) e massa fresca total (MFT) de plantas de *Hippeastrum stylosum* submetidas a diferentes condições de luminosidade durante 60 dias. Os dados referem-se à média de três repetições. UFMA, 2020.

Luminosidade	MFF	MFB	MFR	MFT
100%	136,97 a	165,43 b	136,67 a	439,07 b
70%	141,70 a	175,99 ab	137,52 a	455,21 b
50%	146,41 a	185,99 a	141,63 a	474,03 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$)

Houve diferença significativa para massa seca de folhas, bulbos e total, sendo que as plantas submetidas a 50% de sombreamento foram as que apresentaram os maiores valores nas três variáveis. Não houve diferença entre os tratamentos para massa seca das raízes (Tabela 4).

Tabela 4. Massa seca das folhas (MSF), massa seca dos bulbos (MSB), massa seca das raízes (MSR) e massa seca total (MST) de plantas de *Hippeastrum stylosum* submetidas a diferentes condições de luminosidade durante 60 dias. Os dados referem-se à média de três repetições. UFMA, 2020.

Luminosidade	MSF	MSB	MSR	MST
100%	1,38 c	5,56 b	4,76 a	11,70 b
70%	1,70 b	7,05 b	3,28 a	12,04 b
50%	2,22 a	8,92 a	4,39 a	15,53 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$)

O índice de clorofila, medido no final do período experimental, apresentou diferença entre os tratamentos. O índice de clorofila a foi maior nos tecidos foliares das plantas estudadas, seguida por clorofila b. Plantas mantidas em local totalmente ensolarado apresentaram

menores índices de clorofila, quando comparadas às mantidas sob 70% e 50% de luminosidade (Tabela 5). O excesso de radiação incidente nas folhas causou degradação das moléculas de clorofila, deixando as folhas mais amareladas que nos demais tratamentos, que apresentaram folhas com coloração verde intensa.

Tabela 5. Índice de clorofila a, índice de clorofila b e índice de clorofila total em plantas de *Hippeastrum stylosum* submetidas a diferentes condições de luminosidade durante 60 dias. Os dados referem-se à média de 70 repetições. UFMA, 2020.

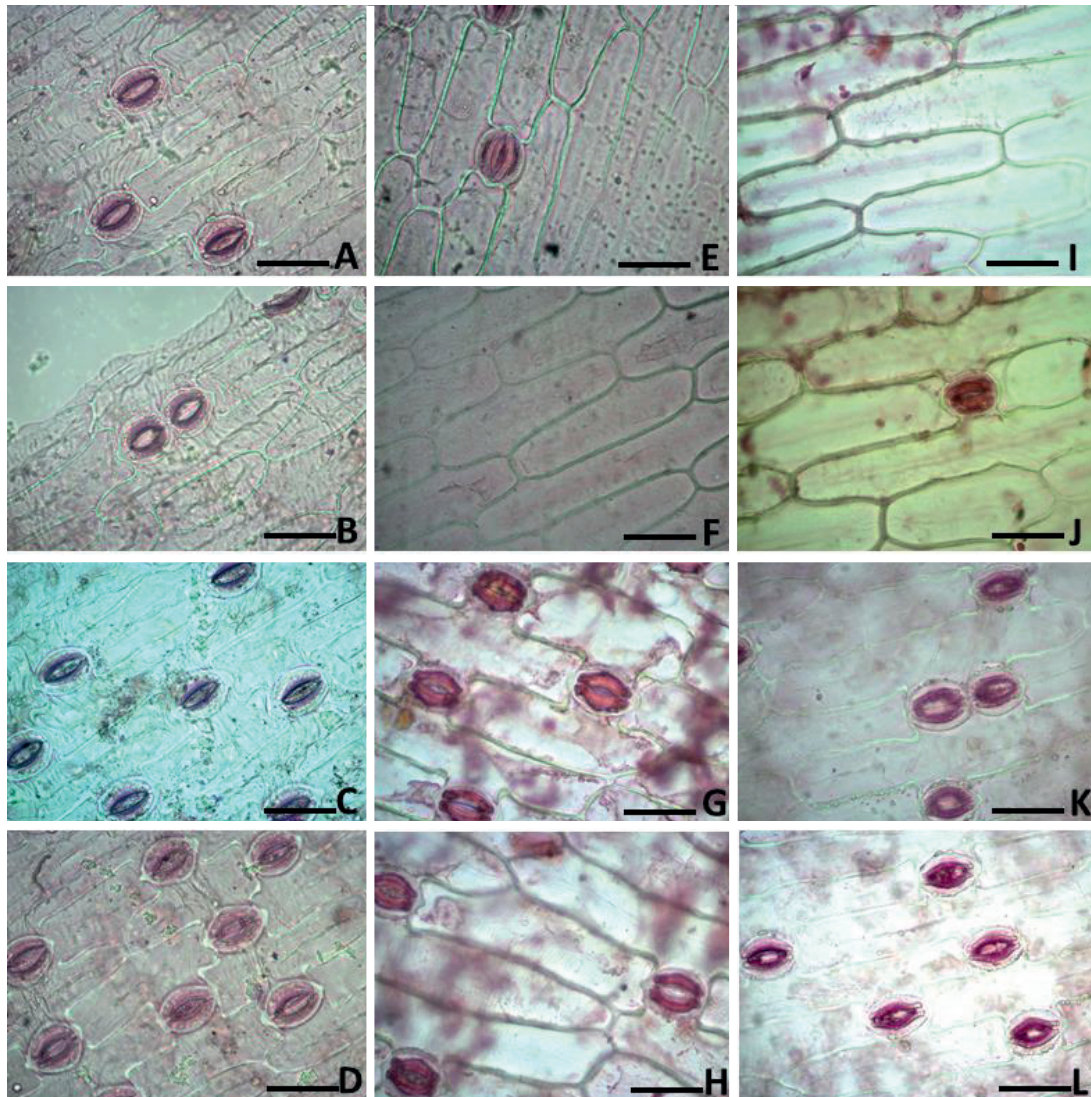
Luminosidade	Clorofila a	Clorofila b	Clorofila total
100%	26,90 b	6,43 b	33,40 b
70%	39,70 a	8,90 a	48,60 a
50%	41,41 a	8,06 a	49,47 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$)

Análises anatômicas

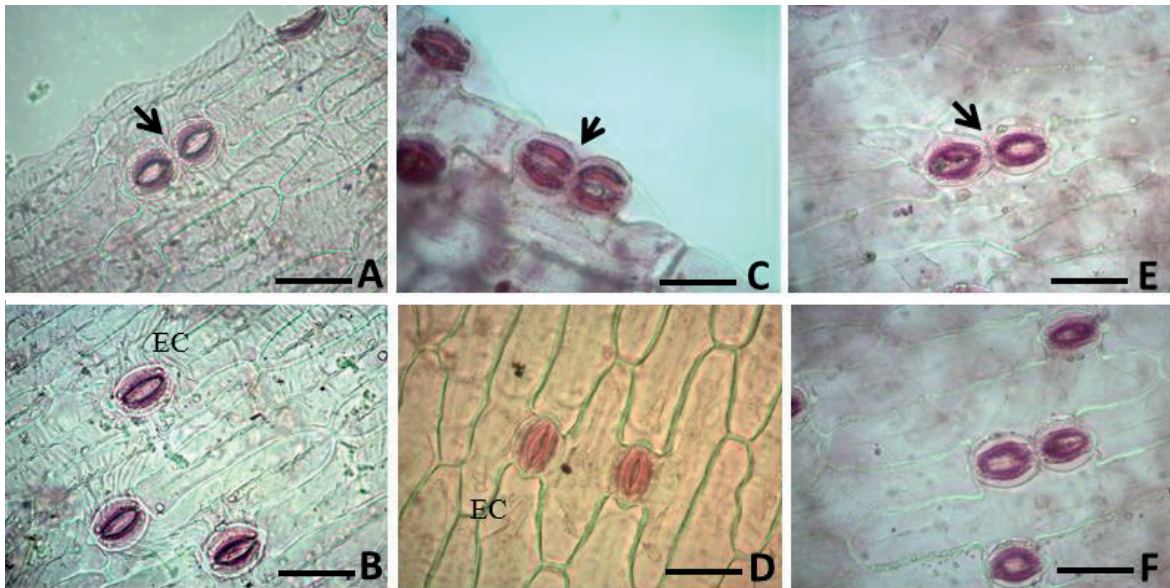
Em vista frontal, as células epidérmicas da face adaxial e abaxial das folhas de *H. stylosum* são retangulares e organizadas em fileiras (Figura 2). A planta é anfiestomática (estômatos em ambas as faces). Os estômatos, do tipo diacítico, se localizam no mesmo nível das células epidérmicas. Há poucos estômatos localizados na face adaxial da folha (Figura 2 A, B, E, F, I e J). Por outro lado, há muitos estômatos na face abaxial das folhas (Figura 2 C, D, G, H, K e L). Os tratamentos com diferentes intensidades luminosas não influenciaram no número de estômatos dessas plantas.

Figura 2. Cortes paradérmicos em folhas de *Hippeastrum stylosum* submetidos a diferentes condições luminosas: A-D – 100% de luz; E-H - 75% de luz e I-J – 50% de luz. Epiderme superior (A, B, E, F, I e J) e Epiderme inferior (C, D, G, H, K e L). Escala: 10 μ m. UFMA, 2020.



Há muitos estômatos geminados na face abaxial das folhas de todos os tratamentos (Figura 3 A, C e E). Na face adaxial foram encontrados esses estômatos somente nas plantas cultivadas com 50% de luminosidade (Figura 3F). Em vista frontal, a cutícula das plantas cultivadas em local totalmente ensolarado apresentou muitas estriações, enquanto as cultivadas com 70% de luz apresentaram poucas estriações e no tratamento com 50% de luz a cutícula não apresentou estriações (Figura 3 B, D e F).

Figura 3. Cortes paradérmicos em folhas de *Hippeastrum stylosum* submetidos a diferentes condições luminosas: A-B – 100% de luz; C-D - 75% de luz e E-F – 50% de luz. Epiderme superior. Escala: 10 μ m. Setas indicam estômatos geminados. EC: estriações na cutícula. UFMA, 2020

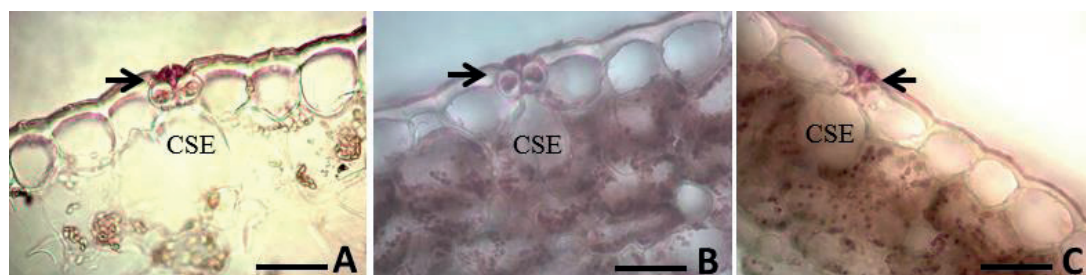


Em secção transversal, a observou-se que a epiderme das folhas é uniestratificada, composta por células que variam de cúbicas a retangulares, com os vértices arredondados (Figura 4). A cutícula é presente, muito espessa nas plantas cultivadas em local totalmente ensolarado (Figura 4A) e com 70% de luminosidade (Figura 4B). Nas plantas cultivadas com 50% de luz a cutícula ficou mais fina (Figura 4C). Na figura 5 pode-se observar cortes transversais dos estômatos nos três tratamentos, ambos com câmaras subestomáticas bem desenvolvidas.

Figura 4. Cortes transversais em folhas de *Hippeastrum stylosum* submetidos a diferentes condições luminosas: A- 100% de luz; B- 75% de luz e C- 50% de luz. Epiderme superior. Escala: 10 μ m. Setas indicam cutícula. UFMA, 2020.



Figura 5. Cortes transversais em folhas de *Hippeastrum stylosum* submetidos a diferentes condições luminosas: A- 100% de luz; B- 75% de luz e C- 50% de luz. CSE: câmara subestomática. Epiderme superior. Escala: 10 µm. Setas indicam estômatos. UFMA, 2020.



O mesofilo das folhas é simétrico, com parênquima composto por células alongadas e justapostas organizadas em duas ou três camadas adjacentes à epiderme de ambas as faces. Estas células são bastante densas devido à presença de grande número de cloroplastos. O parênquima clorofiliano é internamente envolvido por uma ou duas camadas de células parenquimáticas que delimitam as grandes lacunas. As lacunas são interrompidas pelas colunas de células parenquimáticas e por pequenos feixes vasculares colaterais que comunicam as faces adaxial e abaxial da epiderme (Figura 6). As lacunas ocupam aproximadamente 2/3 da espessura foliar, podem ser visualizadas macroscopicamente e são distribuídas regularmente em toda extensão da folha. Não houve diferença em relação a essas variáveis nos tratamentos testados.

Figura 6. Cortes transversais em folhas de *Hippeastrum stylosum* submetidos a diferentes condições luminosas: A- 100% de luz; B- 75% de luz e C- 50% de luz. Escala: 200 µm. Setas indicam as lacunas. UFMA, 2020.



Os feixes vasculares são colaterais e formados por poucos e grandes elementos de vaso e células de floema, menores e mais numerosos, envolvidos por uma bainha não contínua de células esclerenquimáticas. Os feixes de maior porte apresentam extensão de bainha esclerenquimática que, em alguns casos, atingem a epiderme nas duas faces. Já os feixes menores se encontram dispersos no parênquima clorofiliano, circundados por uma bainha parenquimática.

■ DISCUSSÃO

A tendência de modificar a estrutura das folhas em resposta a diferentes níveis de luz é uma característica compartilhada entre as espécies com alto potencial de aclimação (Larcher, 2000). A plasticidade da planta ao ambiente de luz está sujeita à adequação de seu aparato fotossintético, de modo que a luminosidade ambiental possa ser aproveitada da maneira mais eficiente possível, sendo refletida no crescimento global da planta (Gondim *et al.*, 2008). A luz age regulando vários processos do desenvolvimento, como a taxa de fotossíntese, biossíntese de pigmentos, assimilação de nitrogênio e anatomia foliar, entre outros processos (Ferreira, 1977; Schluter, 2003). Assim, a quantidade de energia radiante que chega ao complexo coletor de luz dos fotossistemas pode acarretar o ganho ou na perda da eficiência das reações fotoquímicas dos centros de reação (Lemos-Filho, 2000).

Além disso, a intensidade luminosa causa grandes modificações na anatomia de uma planta, podendo influenciar na anatomia da folha nos primeiros estágios de desenvolvimento, assim como na fase adulta, isto é explicado pelo fato da folha ser um órgão plástico e possuir estrutura interna capaz de adaptar-se às condições de luz do ambiente. É possível estabelecer diversas condições de manejo pela manipulação da intensidade e qualidade espectral através de malhas coloridas que regular a passagem dos raios solares (Oliveira *et al.*, 2009). Outras mudanças resultantes da intensidade luminosa em diferentes níveis podem-se ser observadas na densidade estomática, no número e tamanho de células epidérmicas, número de tricomas e tamanho dos espaços intracelulares (Castro *et al.*, 2007).

A distribuição equivalente de estômatos nas duas faces epidérmicas das folhas da espécie estudada neste trabalho pode resultar num aumento do suplemento de CO₂ tanto para as células mais internas do mesofilo quanto para as células parenquimáticas que delimitam as lacunas. Adicionalmente, a presença de estômatos em ambas as faces da folha é considerada uma adaptação para reduzir a distância da difusão interna em folhas espessas, devido à adição de uma nova camada limítrofe em paralelo com a face abaxial (Mott & Michaelson, 1991; Thompson *et al.*, 1992).

As folhas de *H. stylosum* são verticais, e a verticalidade das folhas parece ocorrer devido a um conjunto de fatores. Estudos em outras espécies de plantas indicaram que as lacunas distribuídas por todo o mesofilo da lâmina foliar mantêm as faces epidérmicas paralelas e separadas e o turgor das células tanto epidérmicas quanto parenquimáticas sustentam a maior parte da tensão e compressão que ocorrem na folha (Rowlatt & Morshead, 1992).

As lacunas de ar de *H. stylosum* podem ser associadas à função de suporte da folha. A manutenção da forma das folhas pode ser explicada pela presença do sistema de lacunas, interrompidas pelos septos (diafragmas) associado com a presença de feixes de fibras e feixes vasculares subepidérmicos (Kaul, 1974).

Adicionalmente, as margens foliares de *H. stylosum* mostraram-se enroladas e isto também pode ser considerado como uma estratégia fotoprotetora para minimizar o efeito da radiação solar sobre as folhas, uma vez que a área foliar exposta se torna menor. Smith *et al.* (1998), estudando cinco comunidades vegetais australianas, observaram que várias espécies com folhas expostas à alta intensidade luminosa e baixa precipitação enrolam ou dobram a lâmina foliar para proteção dos cloroplastos das células-guarda dos estômatos.

A espécie analisada apresentou maior índice de clorofila a do que clorofila b. Este fato é vastamente discutido em diversos estudos (Xiong *et al.*, 2019; Lev-Yadun & Niemela, 2017; Melo *et al.*, 2017), uma vez que a clorofila a se encontra no centro de reação dos fotossistemas, e atua como a molécula central responsável pela captação de energia luminosa, e assim pode impulsionar as reações de transporte de elétrons na primeira etapa da fotossíntese (Melo *et al.*, 2017; Taques *et al.*, 2021).

A orientação vertical em combinação com a simetria estrutural, representada pelo anfiestomatismo, mesofilo simétrico e sistema lacunar bem desenvolvido, permite que as folhas de *H. stylosum* atinjam grandes áreas foliares, sem aparentemente comprometer seu aparato fotossintético, mesmo nos períodos mais quentes do dia, o que permite que ela possa acumular mais carboidratos para investir na formação das flores.

■ CONCLUSÃO

As plantas cultivadas em ambiente totalmente ensolarado (100%) apresentaram suas folhas danificadas, diminuição do número de folhas e perda de pigmentação, ficando com coloração amarelada. As plantas cultivadas com 50% e 70% de luminosidade apresentaram melhor desenvolvimento foliar em todos os aspectos avaliados.

Ambientes mais sombreados são os mais indicados para cultivo de *Hippeastrum stylosum*.

■ REFERÊNCIAS

1. ALI, Z.M.; CHIN, L.; LAZAN, H.A comparative study on wall degrading enzymes, pectin modifications and softening during ripening of selected tropical fruits. **Plant Science**, Limerick, v. 167, n. 2, p. 317-327, 2009.
2. ARAÚJO, S. A. C.; DEMINICIS, B. B. Fotoinibição da fotossíntese. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 7, p. 463-472, 2009.
3. BOARDMAN, N.K. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v.28, p.355-377, 1977.
4. CAMPOS, M.A.A.; UCHIDA, T. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.37, n.3, p.281-288, 2002.

5. CARVALHO, N.O.S., et al. Crescimento inicial de plantas de licuri (*Syagrus coronata* (Mart.) Becc.) em diferentes níveis de luminosidade. **Revista Árvore**, v. 30, n. 3, p. 351–357, 2006.
6. CASTRO, A.A.J.F.; MARTINS, F.R. Cerrados do Brasil e do Nordeste: caracterização, área de ocupação e considerações sobre sua fitodiversidade. **Pesquisa em Foco** (São Luís), v.7, p.147-178, 1999.
7. CASTRO, E. M. et al. Adaptações anatômicas de folhas de *Mikania glomerata* Sprengel (Asteraceae), em três regiões distintas da planta, em diferentes níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 9, n. 2, p. 8–16, 2007.
8. CASTRO, E. M.; PEREIRA, F. J. & PAIVA, R. **Histologia Vegetal: estrutura e função dos órgãos vegetativos**. Lavras: UFLA, p. 234, 2009.
9. CHAZDON, R. L.; PEARCY, R. W.; LEE, D. W. & FETCHER, N. Photosynthetic responses of tropical forest plants to contrasting light environments. In: Mulkey, S.S.; Chazdon, R. L.; Smith, A. P. (eds.) **Tropical forest plant ecophysiology**, New York, p.5-55, 1996.
10. DIAS FILHO, M. B. Physiological responses of two tropical weeds to shade. I. Growth and biomass allocation. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34 (6), p.945-952, 1999.
11. Dutilh, J.H.A.; Campos-Rocha, A.; Sassone, A.B.; Oliveira, R.S.; Giussani, L.M.; Meerow, A.W.; Semir, J. (in memoriam); Streher, N.S.; Garcia, N. 2020. *Hippeastrum* in **Flora do Brasil 2020**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB15459>>. Acesso em: 04 mar. 2022.
12. FERREIRA, M. G. M. Efeito do sombreamento na produção de mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Árvore**, v.1, n. 2, p. 121-133, 1977.
13. GAZOLLA-NETO, A.; AUMONDE, T. Z.; OLSEN, T. P. D. & VILLELA, F. A. Ação de níveis de luminosidade sobre o crescimento de plantas de maria-pretinha (*Solanum americanum* Mill.). **Revista Brasileira Biociência**, Porto Alegre, v. 11, n. 1, p. 88-92, 2013.
14. GONÇALVES, J. F. C.; MARENCO, R. A. & VIEIRA, G. Concentration of photosynthetic pigments and chlorophyll fluorescence of mahogany and tonka bean under two light environments. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, n. 2, p. 149-157, 2001.
15. GONDIM, A. R. O.; PUIATTI, M.; VENTRELLA, M. C. & CECON, P. R. Plasticidade anatômica da folha de taro cultivado sob diferentes condições de sombreamento. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.4, p.1037-1045, 2008
16. HE, J.; KHOO, G.H.; HEW, C.S. Susceptibility of CAM *Dendrobium* leaves and flowers to high light and high temperature under natural tropical conditions. **Environmental and Experimental Botany**, v.40, p.255-264, 1998.
17. HOLT, J. S. Plant response to light: a potencial tool for weed management. **Weed Science**, v.43, p.474-482, 1995
18. HOUTER, N. C. & PONS, T. L. Gap size effects on photoinhibition in understorey saplings in tropical rainforest. **Plant Ecology**, v.179, p.43-51, 2005.
19. KAUL, R.B. Ontogeny of foliar diaphragms in *Typha latifolia*. **American Journal of Botany**, v. 61, p. 318-323, 1974.

20. KITAJIMA, K. & HOGAN, K. P. Increases of chlorophyll a/b ratios during acclimation of tropical woody seedlings to nitrogen limitation and high light. **Plant, Cell and Environment**, v. 26, p. 957-965, 2003.
21. LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, p. 532, 2000.
22. LEMOS FILHO, J. P. Fotoinibição em três espécies do cerrado (*Annona crassifolia*, *Eugenia dysentericae* e *Campomanesia adamantium*) na estação seca e na chuvosa. **Revista Brasileira de Botânica**, 23: 45-50, 2000.
23. Lev-Yadun, S.; Niemelä, P. Leaf pseudo-variegation: Definition, common types, and probably the defended models for real defensive leaf variegation mimicking them? **Flora Morphol Distrib Funct Ecol Plants**.v.226, n.5, p.82-88, 2017.
24. LIN, M-J.; HSU, B-D. Photosynthetic plasticity of *Phalaenopsis* in response to different light environments. **Journal of Plant Physiology**, v.161, p.1259-1268, 2004.
25. MASSARO, R. Qualidade da luz no crescimento “in vitro” e aclimação de dois cultivares de *Phalaenopsis amabilis* Blume (Orchidaceae). 2013. 57 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia). Universidade Federal de São Carlos. São Paulo, 2013.
26. MATTIUZ, C.F.M.; RODRIGUES, T.J.D.; MATTIUZ, B. Aspectos fisiológicos de orquídeas cortadas. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v.12, p.21-30, 2006.
27. Melo, H.F.; Souza, E.R.; Cunha, J.C. Fluorescence of chlorophyll a and photosynthetic pigments in *Atriplex nummularia* under abiotic stresses. **Rev Bras Eng Agric Ambient**. v.21, n.2, p.232-237, 2017.
28. MELLO, R. P. **Consumo de água do lírio asiático em vaso** com diferentes substratos. p. 74, 2006.
29. MONTANARI, R.M.; SOUSA, L.A.; LEITE, M.N.; COELHO, A.D.F.; VICCINI, L.F.; STEFANINI, M.B., Plasticidade fenotípica da morfologia externa de *Lippia alba* (Mill.) N.E.Br. ex Britt. & Wilson (Verbenaceae) em resposta a níveis de luminosidade e adubação. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 6, p. 96-101, 2004.
30. MOREIRA, A. S. F. P.; FILHO, J. P. L. & ISAIAS, R. M. S. Structural adaptations of two sympatric epiphytic orchids (Orchidaceae) to a cloudy forest environment in rocky outcrops of Southeast Brazil. **Revista Biologia Tropical**. Vol. 61 (3), p.1053-1065, 2013.
31. MOREIRA, A.S.F.; FILHO, J.P.L.; ZOTZ, G.; ISAIAS, R.M.S. Anatomy and photosynthetic parameters of roots and leaves of two shade-adapted orchids, *Dichaea cogniauxiana* Shltr. and *Epidendrum secundum* Jacq. **Flora**, v.204, p.604-611, 2009.
32. MOTT, K.A.; MICHAELSON, O. Amphistomy as an adaptation to high light intensity in *Ambrosia cordifolia* (Compositae). **American Journal of Botany**, v. 78, n. 1, p. 76-79, 1991.
33. MÜLLER, M.W.; SERRANO, P.; BIEHL, B. Photosynthetic characteristics during development of leaves from *Theobroma cacao* L. **Physiologia Plantarum**, v.85, p.599-609, 1992.
34. MURCHIE, E.H. & HORTON, P. Acclimation of photosynthesis to irradiance and spectral quality in British plant species: chlorophyll content, capacity and habitat preference. **Plant, Cell and Environment**, v. 20, p. 438-448, 1997.

35. OLIVEIRA, M. I. et al. Características biométricas, anatômicas e fisiológicas de *Artemisia vulgaris* L. cultivada sob telas coloridas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 11, n. 1, p. 56–62, 2009.
36. POGGIANI, F.; BRUNI, S. & BARBOSA, E. S. Efeito do sombreamento sobre o crescimento das mudas de três espécies florestais. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, 29-03, p. 564-569, 1992.
37. REGO, G. M. & POSSAMAI, E. Efeito do sombreamento sobre o teor de clorofila e crescimento inicial do jequitibá-rosa. **Bol. Pesq. Fl.**, Colombo, n. 53, p. 179-194, 2006.
38. ROWLATT, U.; MORSHEAD, H. Architecture of the leaf of the greater red mace, *Typha latifolia* L. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 110, p. 161-170, 1992.
39. SCHLUTER, U. Photosynthetic performance of an Arabidopsis mutant with elevated stomatal density (sdd1-1) under different light regimes. **Journal of Experimental Botany**, v. 54, n. 383, p. 867-874, 2003.
40. SMITH, W.K.; BELL, D.T.; SHEPHERD, K.A. Associations between leaf structure, orientation and sunlight exposure in five western Australian Communities. **American Journal of Botany**, v. 85, n. 1, p. 56-63, 1998.
41. Taques, R.C.V.; Giloni-Lima, P.C.; Lima, V.A. Vegetation inside: a comparative analysis of leaf pigments and chlorophyll fluorescence in variegated plants. **Scientia Plena**, v.17, n.9, p. 1-12, 2021.
42. THOMPSON, J.; PROCTOR, J.; VIANA, V.; MILLIKEN, W.; RATTER, J.A.; SCOTT, D.A. Ecological studies on a lowland evergreen rain forest on Maracá Island, Roraima, Brazil. I. Physical environment, forest structure and leaf chemistry. **Journal of Ecology**, v. 80, p. 689-703, 1992.
43. VALLADARES, F.; SANCHEZ-GOMEZ, D. & ZAVALA, M. A. Quantitative estimation of phenotypic plasticity: bridging the gap between the evolutionary concept and its ecological applications. **Journal of Ecology**, v. 94, p. 1103-1116, 2006.
44. Xiong, B.; Qiu, X.; Huang, S.; Wang, X.; Zhang, X.; Dong, T. Physiological and transcriptome analyses of photosynthesis and chlorophyll metabolism in variegated *Citrus* (*Shiranuhiand Huangguogan*) seedlings. *Sci Rep.* v.9, n.2, p.1-14, 2019.
45. YONG, J.W.H.; HEW, C.S. The patterns of photoassimilate partitioning within connected shoots for the thin-leaves sympodial orchid *Oncidium goldiana* during different growth stages. **Lindleyana**, v.10, p.92-108, 1995.

O potencial hídrico foliar de *Hymenaea stigonocarpa* varia entre diferentes tipos de vegetação na transição amazônia-cerrado?

| Igor Araújo
UNEMAT

| Nayara Cardoso Barros
UNEMAT

| Suyane Vitoria Marques dos Santos
UNEMAT

| Bruno Araújo de Souza
UNEMAT

| Ediméia Laura Souza da Silva
UNEMAT

| Giovana Zilli
UNEMAT

| Carla Heloísa Luz de Oliveira
UNEMAT

| Denilson Mendes Santos
UNEMAT

| Josiene Naves Carrijo
UNEMAT

RESUMO

A disponibilidade de água no solo afeta os processos fisiológicos das plantas. Portanto, avaliar como as plantas respondem a limitação do acesso água é importante para prever a capacidade das espécies sob a intensificação do estresse hídrico no período seco. Avaliamos o potencial hídrico foliar de indivíduos de *Hymenaea stigonocarpa*, ao longo de um gradiente ambiental na transição Amazônia-Cerrado. Registramos que *H. stigonocarpa* possui ampla variação no potencial hídrico foliar entre os diferentes tipos de vegetação. Encontramos que a deciduidade é uma defesa ao estresse hídrico, característica dos indivíduos crescendo em ambientes secos (cerrado rupestre e cerrado típico), mas não de indivíduos que crescem no ambiente úmido (cerradão). Nossos resultados indicam, que os indivíduos de *H. stigonocarpa* crescendo no cerradão são potencialmente mais sensíveis a falha no transporte de água sob condições de estresse hídrico severo.

Palavras-chave: Estresse Hídrico, Transporte de Água, Deciduidade.

■ INTRODUÇÃO

A disponibilidade de água é importante para sustentar os processos fisiológicos das plantas (BUCCI *et al.*, 2008). No entanto, as espécies estão distribuídas ao longo de gradientes hídricos (AGUIRRE-GUTIÉRREZ *et al.*, 2019). Desta maneira, espécies que estão sujeitas à sazonalidade marcante de precipitação podem mostrar diferentes estratégias ecológicas ligadas a manutenção e uso da água para manter um balanço hídrico favorável durante os períodos secos (OLIVEIRA *et al.*, 2014; JANCOSKI *et al.*, 2022).

O transporte de água nas plantas ocorre através do solo-planta-atmosfera, onde a água flui de potenciais hídricos menos para mais negativos, determinando uma diferença de potenciais através de um gradiente de potencial de água (LARCHER, 1995; MARENCO & LOPES, 2009). O potencial hídrico foliar representa a tensão que o xilema transporta água e reflete o estado hídrico da planta, de maneira que, suas alterações afetam a assimilação de carbono (HSIAO, 1973). O potencial hídrico das folhas é influenciado por vários fatores abióticos como a disponibilidade de água no solo, temperatura, demanda evaporativa atmosférica e radiação solar (OLIVEIRA *et al.*, 2005; URLI *et al.*, 2013) e a intensidade destes fatores, podem gerar uma instabilidade no sistema de transporte de água e afetar as taxas demográficas das plantas.

A transição Amazônia-Cerrado apresenta um clima marcadamente sazonal, as tendências climáticas estão se tornando cada vez mais seco e quente (JIMÉNEZ-MUÑOZ *et al.*, 2013; HAGHTALAB *et al.*, 2020). Nessa região, as altas temperaturas e a intensificação do estresse hídrico no período de seca estão limitando as funções fisiológicas das árvores (TIWARI *et al.*, 2020; ARAÚJO *et al.*, 2021a; JANCOSKI *et al.*, 2022) potencialmente colocando as árvores além de seus limites de adaptação climática. Essa região é considerada um laboratório natural ao ar livre, contém formações savânicas e florestais com condições ambientais distintas (e.g. disponibilidade de água no solo) lado a lado, possibilitando compreender como plantas que coocorrem em diferentes tipos de vegetações respondem a limitação do acesso a água (ARAÚJO *et al.*, 2021b; JANCOSKI *et al.*, 2022).

Neste cenário, avaliamos o potencial hídrico foliar de *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne, ao longo de um gradiente ambiental na transição Amazônia-Cerrado. Para isso levantamos a hipótese de que indivíduos de *H. stigonocarpa* crescendo em ambientes mais secos (i.e. cerrado rupestre e cerrado típico) apresentarão potenciais hídricos foliares mais negativos do que os indivíduos crescendo em ambiente úmido (i.e. cerradão).

■ MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO E SELEÇÃO DA ESPÉCIE

Conduzimos o estudo no Parque Municipal do Bacaba (PMB) (14° 41' 09" S e 52° 20' 09" W), que está situado dentro de uma unidade de conservação que apresenta aproximadamente 500 ha, no município de Nova Xavantina, estado do Mato Grosso, Brasil. O parque abriga formações savânicas e florestais, apresentando cerrado típico, cerrado rupestre, cerradão e floresta de galeria, bem como algumas áreas em processo de sucessão ecológica. Está inserido na região de transição entre a Amazônia e o Cerrado (MARIMON-JUNIOR & HARIDASAN, 2005). O clima da região apresenta marcante sazonalidade com dois períodos bem definidos, um chuvoso (outubro a março) e outro seco (abril a setembro), sendo do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen (ALVARES *et al.*, 2013), com pluviosidade anual de 1.500 mm e temperatura média anual de 25 °C (MARIMON *et al.*, 2010).

O cerrado rupestre, ocorre em solos rasos e com presença de afloramentos rochosos, do tipo Neossolo Litólicos. Nesse ambiente as árvores se fixam nas aberturas entre as rochas, onde ocorrem acúmulo e decomposição de matéria orgânica e deposição de areia resultante do intemperismo das rochas (MARACHAIPES *et al.*, 2011). O cerrado rupestre apresenta flora com elevado grau de endemismo e muitas espécies ameaçadas de extinção (MENDONÇA & LINS, 2000).

O cerrado típico, é uma fitofisionomia savânica composta por uma cobertura vegetal de menor porte, com árvores espaçadas entre si e também apresenta um estrato rasteiro denso (MEWS *et al.*, 2011; GOMES *et al.*, 2016). Geralmente, ocorre sobre Latossolos e Neossolos Quartzarênicos profundos, bem drenados, distróficos, ácidos e álicos (MARIMON-JUNIOR & HARIDASAN, 2005).

O cerradão é uma fitofisionomia florestal, apresenta árvores de grande porte, camada de serapilheira espessa (REIS *et al.*, 2015) e pode ocorrer em solos distróficos ou mesotróficos, e sua composição florística é variável de acordo com a fertilidade do solo (MARIMON & HARIDASAN, 2005).

Selecionamos uma espécie, sendo ela *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne (Fabaceae). Essa espécie têm uma ampla distribuição geográfica (RATTER *et al.*, 2006) e ocorrem localmente em uma variedade de formações vegetacionais (e.g. savanas e florestas) (ARAÚJO *et al.*, 2021b). Além disso, está entre as espécies com maior valor de índice de importância localmente (REIS *et al.*, 2015; GOMES *et al.*, 2016). Para *H. stigonocarpa* selecionamos 15 indivíduos, sendo cinco em cada tipo de vegetação (i.e. cerrado rupestre, cerrado típico e cerradão).

COLETA DE DADOS

DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL DE ÁGUA NA FOLHA (Ψ_f)

Realizamos as medidas em julho de 2021 (início da seca) entre 12h00 e 14h00. Medimos o Ψ_f para os 15 indivíduos distribuídos entre os três tipos de vegetação. Para cada indivíduo, medimos o Ψ_f em três folhas maduras, saudáveis e expostas ao sol, utilizando uma câmara de pressão (PMS Instruments Co., Albany, EUA; modelo: 1505D-EXP; SCHOLANDER *et al.*, 1965).

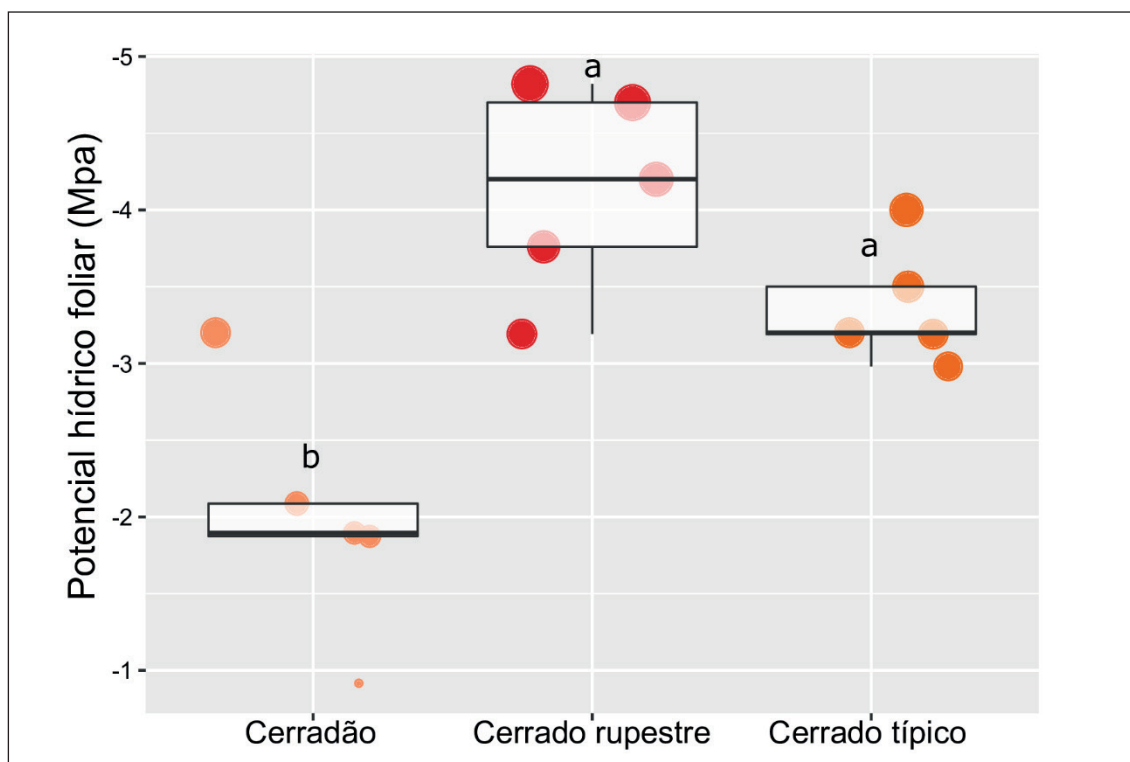
ANÁLISE DE DADOS

Para testar nossa hipótese, avaliamos as diferenças no potencial hídrico foliar entre os tipos de vegetação por meio de uma ANOVA. Realizamos a análise no programa R, versão 4.0.4 (R CORE TEAM, 2019) com nível de significância de 5%.

■ RESULTADOS E DISCUSSÃO

O potencial hídrico foliar diferiu entre os indivíduos de *H. stigonocarpa* crescendo em diferentes tipos de vegetação (Ψ_f : $P = 0,0001$; Figura1). Os indivíduos de *H. stigonocarpa*, apresentaram potenciais hídricos foliares mais negativos crescendo em ambientes mais secos (cerrado rupestre: $-4,13 \pm -0,67$ Mpa; cerrado típico: $-3,37 \pm -0,39$ Mpa) do que os indivíduos crescendo no cerradão ($-1,99 \pm -0,81$ Mpa).

FIGURA 1. Diferenças no potencial hídrico foliar de *Hymenaea stigonocarpa* em diferentes tipos de vegetação na transição Amazônia-Cerrado. Os boxplots representam medianas e intervalos de confiança; e diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas (Tukey, $P < 0,05$).



Nossos resultados, demonstram que os indivíduos de *H. stigonocarpa* crescendo em ambientes mais secos realizam mais força para capturar água do solo (isto é, potenciais hídricos mais negativos) do que os indivíduos crescendo no cerradão, corroborando a nossa hipótese. Esse resultado, pode estar relacionado as propriedades físicas do solo do cerradão, que nesse caso apresenta alta capacidade de campo e retém maior umidade (MARIMON & HARIDASAN, 2005) e, portanto, mesmo em início de seca, período em que as medições foram realizadas no presente estudo, os indivíduos no cerradão conseguiram manter potenciais hídricos foliares menos negativos devido à maior disponibilidade de água no solo.

Por outro lado, os indivíduos crescendo em ambientes mais secos estão sob tensões ambientais mais severas, por exemplo altas temperaturas e baixa disponibilidade de água refletindo potenciais hídricos foliares mais negativos (JANCOSKI *et al.*, 2022). No entanto, a natureza decídua dessa espécie nos ambientes mais secos proporciona uma adaptação que permite uma segurança contra a intensificação do estresse hídrico durante o auge da seca (agosto). No cerradão, no entanto, onde a espécie não é decídua, pode-se esperar que os indivíduos sejam mais afetados com o aumento na frequência e amplitude dos eventos de seca (ARAÚJO *et al.*, 2021a). Portanto, revelamos que os indivíduos de *H. stigonocarpa* crescendo no cerradão podem ser potencialmente mais suscetíveis a ultrapassar os limites estáveis do transporte de água sob condições severas de estresse hídrico.

■ CONCLUSÃO

Nossas medidas mostram que *H. stigonocarpa* possui ampla variação no potencial hídrico foliar entre os diferentes tipos de vegetação. Nossos achados indicam, que os indivíduos crescendo no cerradão são potencialmente mais sensíveis a falha no transporte de água sob condições de estresse hídrico severo.

■ REFERÊNCIAS

1. Aguirre-Gutiérrez, J., Oliveras, I., Rifai, S., Fauset, S., Adu-Bredu, S., Affum-Baffoe, K., ... & Malhi, Y. (2019). Drier tropical forests are susceptible to functional changes in response to a long-term drought. *Ecology Letters*, 22(5), 855-865.
2. Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. D. M., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711-728.
3. Araújo, I., Marimon, B. S., Scalon, M. C., Cruz, W. J., Fauset, S., Vieira, T. C., ... & Gloor, M. U. (2021a). Intraspecific variation in leaf traits facilitates the occurrence of trees at the Amazonia–Cerrado transition. *Flora*, 279, 151829.
4. Araújo, I., Marimon, B. S., Scalon, M. C., Fauset, S., Junior, B. H. M., Tiwari, R., ... & Gloor, M. U. (2021b). Trees at the Amazonia-Cerrado transition are approaching high temperature thresholds. *Environmental Research Letters*, 16(3), 034047.
5. Bucci, S. J., Scholz, F. G., Goldstein, G., Hoffmann, W. A., Meinzer, F. C., Franco, A. C., ... & Miralles-Wilhelm, F. (2008). Controls on stand transpiration and soil water utilization along a tree density gradient in a Neotropical savanna. *agricultural and forest meteorology*, 148(6-7), 839-849.
6. Gomes, L., Maracahipes, L., Reis, S. M., Marimon, B. S., Marimon-Junior, B. H., & Lenza, E. (2016). Dynamics of the woody vegetation of two areas of Cerrado sensu stricto located on different substrates. *Rodriguésia*, 67(4), 859-870.
7. Haghtalab, N., Moore, N., Heerspink, B. P., & Hyndman, D. W. (2020). Evaluating spatial patterns in precipitation trends across the Amazon basin driven by land cover and global scale forcings. *Theoretical and Applied Climatology*, 1-17.
8. Hsiao, T. C. (1973). Plant responses to water stress. *Annual review of plant physiology*, 24(1), 519-570.
9. Jancoski, H. S., Marimon, B. S., Scalon, M. C., Barros, F. D. V., Marimon-junior, B., Carvalho, E., ... & Menor, I. O. (2022). Distinct leaf water potential regulation of tree species and vegetation types across the Cerrado–Amazonia transition. *Biotropica*.
10. Jiménez-Muñoz, J. C., Sobrino, J. A., Mattar, C., & Malhi, Y. (2013). Spatial and temporal patterns of the recent warming of the Amazon forest. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118(11), 5204-5215.
11. Larcher, W. (1995). Physiological plant ecology: Ecophysiology and stress physiology of functional group (p. 433). Springer-Verlag.

12. Maracahipes, L., Lenza, E., Marimon, B. S., Oliveira, E. A. D., Pinto, J. R. R., & Marimon Junior, B. H. (2011). Estrutura e composição florística da vegetação lenhosa em cerrado rupestre na transição Cerrado-Floresta Amazônica, Mato Grosso, Brasil. *Biota Neotropica*, 11(1), 133-141.
13. Marengo, R. A., & Lopes, N. F. (2009). Fisiologia vegetal. Viçosa, MG: Editora UFV.
14. Marimon, B. S., Felfili, J. M., Lima, E. D. S., Duarte, W. M. G., & Marimon-Júnior, B. H. (2010). Environmental determinants for natural regeneration of gallery forest at the Cerrado/Amazonia boundaries in Brazil. *Acta Amazonica*, 40(1), 107-118.
15. Marimon-Junior, B. H., & Haridasan, M. (2005). Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerradão e um cerrado sensu stricto em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil.
16. Mendonça, M. P., & Lins, L. V. (2000). Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da flora de Minas Gerais: *Fundação Biodiversitas*.
17. Mews, H. A., Marimon, B. S., Maracahipes, L., Franczak, D. D., & Marimon-Junior, B. H. (2011). Dinâmica da comunidade lenhosa de um Cerrado Típico na região Nordeste do Estado de Mato Grosso, Brasil. *Biota Neotropica*, 11(1), 73-82.
18. Oliveira, R. S., Christoffersen, B. O., de V Barros, F., Teodoro, G. S., Bittencourt, P., Brum-Jr, M. M., & Viani, R. A. (2014). Changing precipitation regimes and the water and carbon economies of trees. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, 26(1), 65-82.
19. Oliveira, R. S., Dawson, T. E., Burgess, S. S., & Nepstad, D. C. (2005). Hydraulic redistribution in three Amazonian trees. *Oecologia*, 145(3), 354-363.
20. R Core Team (2019) R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.
21. Ratter, J. A., Bridgewater, S., & Ribeiro, J. F. (2006). Biodiversity patterns of the woody vegetation of the Brazilian Cerrado. In *Neotropical savannas and seasonally dry forests* (pp. 31-66). CRC press.
22. Reis, S. M., Lenza, E., Marimon, B. S., Gomes, L., Forsthofer, M., Morandi, P. S., ... & Elias, F. (2015). Post-fire dynamics of the woody vegetation of a savanna forest (Cerradão) in the Cerrado-Amazon transition zone. *Acta Botanica Brasilica*, 29(3), 408-416.
23. Scholander, P. F., Bradstreet, E. D., Hemmingsen, E. A., & Hammel, H. T. (1965). Sap Pressure in Vascular Plants: Negative hydrostatic pressure can be measured in plants. *Science*, 148(3668), 339-346.
24. Urli, M., Porté, A. J., Cochard, H., Guengant, Y., Burlett, R., & Delzon, S. (2013). Xylem embolism threshold for catastrophic hydraulic failure in angiosperm trees. *Tree physiology*, 33(7), 672-683.

Síndromes de dispersão de espécies arbustivo-arbóreas em cerrado *sensu stricto*, Amazônia legal

| **Jacqueline Bonfim e Cândido**
UFPE

| **Hygor Gomes de Almeida Sousa**
UFT

| **Priscila Bezerra de Souza**
UFT

RESUMO

O estudo de síndromes de dispersão aliado ao conhecimento das espécies ameaçadas de extinção, podem respaldar o estabelecimento de prioridades para futuras estratégias de conservação. Objetivou-se identificar as espécies de uma área de cerrado *sensu stricto*, Gurupi – TO, visando diagnosticar as síndromes de dispersão dos diásporos e confrontar com as listas oficiais de espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção. Foram alocadas, sistematicamente, cinco parcelas permanentes, de 20x50m, ou seja, 1000 m² cada, distanciadas 10 m entre si. Amostrou-se todos os indivíduos arbustivo-arbóreos, com circunferência a 1,30 m do solo (CAP) \geq 10 cm. As espécies foram classificadas quanto as síndromes de dispersão e ao risco de extinção baseados em informações de literatura especializada. Foram encontradas um total de 106 espécies, incluídas em 82 gêneros, pertencentes a 43 famílias. Dessas, 61% são zoocóricas, 31% anemocóricas e 8% autocóricas. Quanto ao risco de extinção, 24 estão categorizadas sob algum grau de risco, conforme estabelece a lista vermelha do CNCFlora, 20 espécies são menos preocupantes, uma espécie quase ameaçada e uma outra espécie classificada como Dados insuficientes, segundo a lista do IUCN, uma espécie está classificada como vulnerável. A categoria “Menos preocupante” foi a que obteve maior número de espécies sendo necessário direcionar pesquisas, ações de conservação e monitoramento com o intuito de garantir seu estado de conservação.

Palavras-chave: Conservação, Levantamento Florístico, Savana.

■ INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul, ocupando uma área de 2.036.448 km², cerca de 22% do território nacional (MMA, 2016). Sua maior parte está localizada no Planalto Central Brasileiro (SANTOS, 2015). Possui cerca de 12.400 espécies conhecidas da sua flora (REFLORA - HERBÁRIO VIRTUAL, 2016), das quais, 645 espécies estão ameaçadas de extinção, o que representa mais de 30% das espécies presentes na lista vermelha do Brasil (MARTINELLI & MORAES, 2013).

Essa grande diversidade de espécies presentes no Cerrado, aliada aos altos níveis de endemismo e percentual elevado de perda de habitat, fizeram desse domínio um dos *hotspots* para conservação da biodiversidade no mundo (MITTERMEIER *et al.*, 2011).

A intensificação de atividades antrópicas no Cerrado vem gerando a perda expressiva da cobertura vegetal nativa do bioma e a fragmentação da maioria dos seus habitats naturais (MARTINELLI & MORAES, 2013). Estes impactos acarretam em elevadas perdas locais das matrizes produtoras de sementes, ocasionando a diminuição de fontes de dispersão e dificultando a manutenção dos ecossistemas e paisagens (ARROYO-RODRIGUEZ *et al.*, 2014).

O Tocantins é um dos Estados brasileiros com maior área coberta pelo Cerrado (182.640 km²) com cerca de 72% de cobertura com vegetação nativa, encontra-se preservada, constituindo um dos maiores remanescentes desse bioma (MMA, 2015). Todavia, apenas 0,93% da área de cobertura do bioma Cerrado no Estado estão protegidas por unidades de conservação na categoria Parques Estaduais (TOCANTINS, 2012).

Em relação a classificação da síndrome de dispersão das espécies, pode-se dividir em três grupos: anemocórica quando a espécie possui adaptações morfológicas para dispersão pelo vento (plumas; apêndices alados) ou quando os diásporos são pequenos, com a possibilidade de serem levados por brisas leves; autocóricas, quando a planta promove a própria dispersão e lança as sementes no ambiente por meio dos frutos balísticos que se abrem por deiscência explosiva; e zoocórica, quando a dispersão é realizada por animais e caracterizada por alguma estrutura atrativa e, ou, fonte alimentar (VENZKE *et al.*, 2014).

O estudo das síndromes de dispersão contribui para o entendimento da regeneração natural e reprodução das plantas, bem como as interações planta-animal e suas relações de simbiose, importante para a especificidade e complexidade dos ecossistemas (RUBIM *et al.*, 2010). Isso aliado ao conhecimento das espécies ameaçadas de extinção, pode respaldar o processo de estabelecimento de prioridades para futuras estratégias de conservação e planos de manejos de espécies botânicas (MARTINELLI & MORAES, 2013).

Diante do contexto, objetivou-se identificar as espécies arbustivo-arbóreas de uma área de cerrado *sensu stricto*, Gurupi – TO, com o intuito de diagnosticar as síndromes de

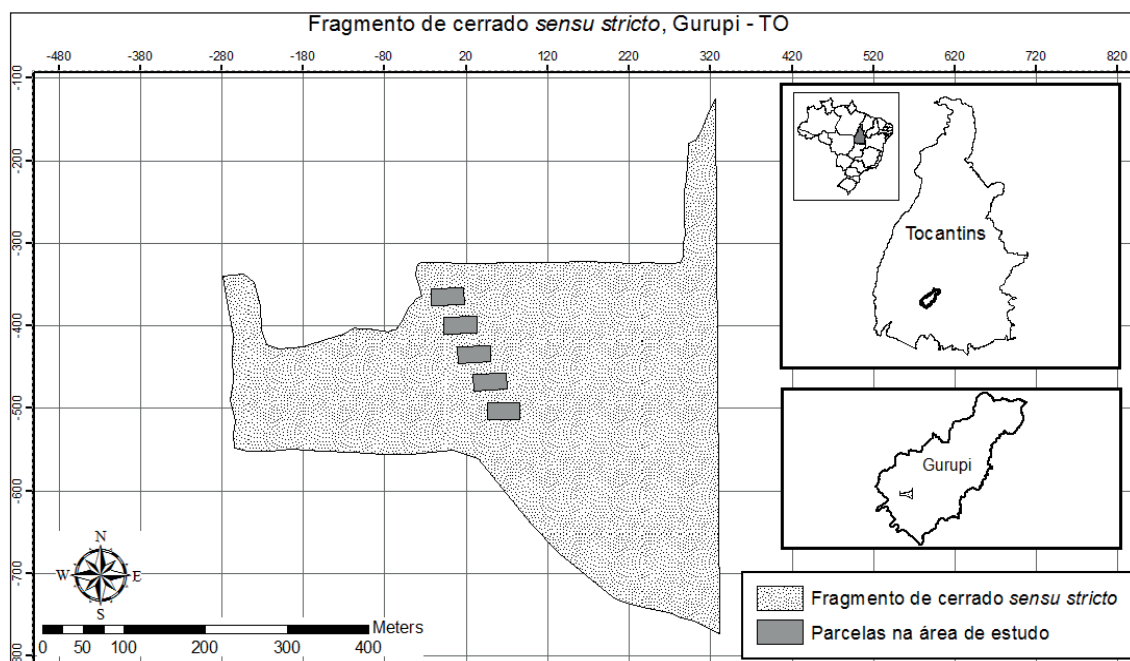
dispersão dos diásporos e confrontar com as listas oficiais de espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção.

■ MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

O trabalho foi desenvolvido em uma área de cerrado *sensu stricto* em processo de transição para Cerradão, inserido na Reserva Legal da Fazenda Experimental da UFT, *campus* de Gurupi - TO de aproximadamente 138 hectares, sob as coordenadas UTM 11°46'21.5"S 49°03'27.7"W (Figura 1).

Figura 1. Mapa do fragmento de cerrado *sensu stricto* e a área de estudo inserido na Reserva Legal da Fazenda Experimental da UFT, *campus* de Gurupi – TO.



Fonte: os autores.

O clima no Estado segundo Köppen, é do tipo AW, definido como tropical úmido, possuindo uma estação chuvosa no período de verão e uma seca no inverno. A precipitação varia entre 1.500 mm a 1.600 mm, enquanto que a temperatura média anual encontra-se entre 22°C e 28°C (SEPLAN, 2012). A altitude registrada na área avaliada está situada entre as cotas de 250 a 300 metros e o solo foi classificado como Plintossolo (EMBRAPA, 2013).

Coleta de dados

O levantamento florístico foi realizado entre agosto de 2015 e setembro de 2016 com coletas quinzenais. Utilizou-se o método de parcela, em que foram alocadas, sistematicamente,

cinco parcelas permanentes de 20x50m, ou seja, 1000 m² cada, sendo que as mesmas foram distanciadas 10 m entre si. No interior das parcelas, foram amostrados todos os indivíduos arbustivo-arbóreos, com circunferência a 1,30 m do solo (CAP) maior ou igual a 10 cm.

A identificação taxonômica das espécies foi realizada em campo ou o material botânico era coletado para posterior identificação com o auxílio de microscópio estereoscópio, bibliografia especializada, consulta a especialistas e comparações com materiais depositados no Herbário do Tocantins (HTO).

As espécies foram classificadas com base no sistema de classificação APG III (2009). A grafia e autoria dos binômios específicos e sinônimos foram confirmadas nas bases de dados “Lista de Espécies da Flora do Brasil” (REFLORA - HERBÁRIO VIRTUAL, 2016) e IPNI – “International Plant Names Index” (IPNI, 2016).

As espécies foram classificadas em zoocóricas (dispersas por animais), anemocóricas (dispersas pelo vento) e autocóricas (auto dispersão), de acordo com os critérios propostos por Van Der Pijl (1982), através de comparações com informações encontradas na literatura (NERI ET AL., 2005; LUZ ET AL., 2008; BARCARENA, 2009; JARDIM & BATALHA, 2009; RAMOS & SARTORI, 2013; PILON & DURIGAN, 2013).

Quanto à classificação das espécies em relação ao risco de extinção, realizou-se a comparação com informações encontradas na literatura: Lista da Flora Ameaçada de Extinção com ocorrência no Brasil – IUCN (BIODIVERSITAS, 2004); Livro Vermelho da Flora do Brasil (MARTINELLI & MORAES, 2013); Livro Vermelho da Flora do Brasil – Plantas Raras do Cerrado (MARTINELLI *et al.*, 2014); Flora ameaçada do Cerrado Mineiro (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

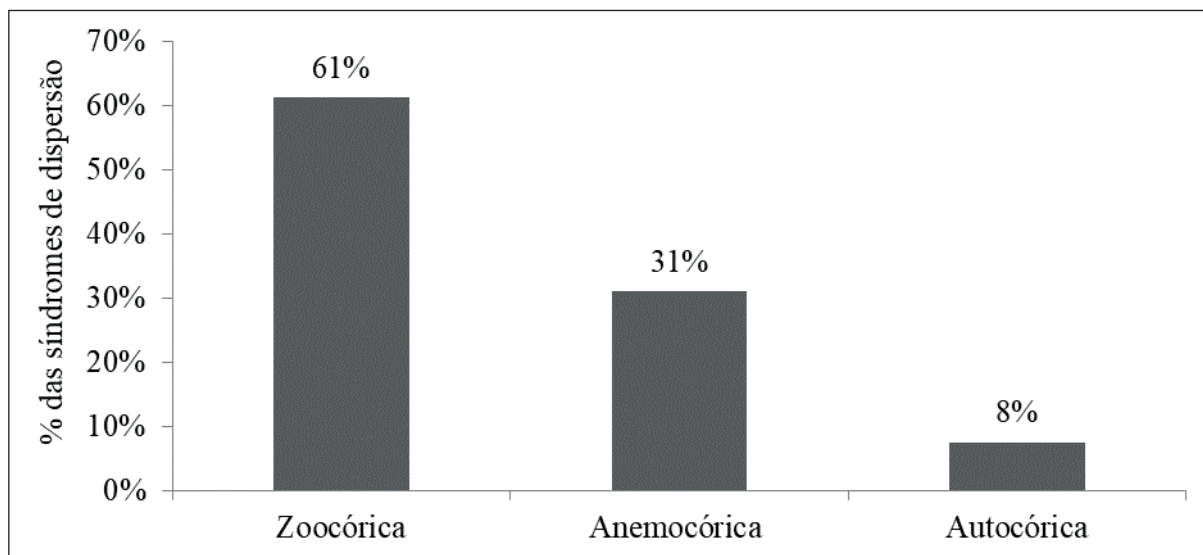
■ RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram amostrados um total de 106 espécies, incluídas em 82 gêneros, pertencentes a 43 famílias (Anexo 1). As famílias mais ricas em espécies foram Fabaceae (16), Malvaceae, Myrtaceae e Rubiaceae (7), Annonaceae (6), Chrysobalanaceae, Malpighiaceae e Vochysiaceae (5), Anacardiaceae (4), Bignoniaceae (3), Apocynaceae, Burseraceae, Calophyllaceae, Lythraceae, Nyctaginaceae, Salicaceae, Sapindaceae, Sapotaceae (2), as famílias restantes contribuíram com apenas uma espécie cada. Os resultados encontrados para as famílias mais ricas em espécies (Anexo 1) corroboram com (SANTOS & LÓLIS, 2007; CANSELLA & SILVA JÚNIOR, 2013; FINGER & FINGER, 2015), em que Fabaceae, Malvaceae, Myrtaceae e Rubiaceae foram as famílias de maior representatividade.

Os dados de dispersão encontrados de um total de 106 espécies amostradas no presente estudo foram de , 61% são zoocóricas, 31% anemocóricas e 8% autocóricas (Figura 2), Estes valores quando corroborados por Stefanello *et al.* (2009), em que foram amostradas 72

espécies, sendo que 55,6% eram zoocóricas, 43% anemocóricas e apenas 1,4% autocóricas. Reis *et al.* (2012), observaram dispersão zoocórica em 60,9% das espécies, anemocórica 39,1% e nenhuma espécie com dispersão autocórica. Silva *et al.* (2015) diagnosticaram que 68,7% das espécies amostradas são do tipo zoocórica, 25% anemocórica e 6,3% autocórica.

Figura 2. Porcentagem das espécies quanto às síndromes de dispersão (zoocórica, anemocórica e autocórica) amostradas em área de cerrado *sensu stricto* inserido na Reserva Legal da Fazenda Experimental da UFT, *campus* de Gurupi – TO.



Fonte: os autores.

A predominância da zoocoria tem sido relacionada como a principal síndrome de dispersão em florestas tropicais e nos Cerrados brasileiros (STEFANELLO *et al.*, 2009, 2010; SCARIOT & REIS, 2010; SILVA *et al.*, 2012). Essas formações permitem a manutenção da fauna que busca refúgio, alimento e água (MARINHO-FILHO & GASTAL, 2000), favorecendo a zoocoria nesses ambientes (STEFANELLO *et al.*, 2009).

Uma alta quantidade de espécies zoocóricas é um indicativo de comunidades vegetais em fases avançadas de sucessão ou que estão em bom estado de conservação (STEFANELLO *et al.*, 2010), visto que, tais áreas apresentam fluxos biológicos constantes, indicando uma homeostase do ambiente (SCARIOT & REIS, 2010).

Portanto, pode-se inferir que a área estudada está de acordo com os diversos estudos, onde abordam que áreas de florestas e Cerrados mais conservados apresentam taxa de zoocoria superior a 60% (STEFANELLO *et al.*, 2009; 2010; REIS *et al.*, 2012; Piña-RODRIGUES & AOKI, 2014; VENKER *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2015).

Uma das hipóteses para explicar as vantagens da dispersão por animais é a da colonização e dispersão dirigida, ou seja, a zoocoria permite a dispersão de sementes maiores e ao mesmo tempo é mais direcionada do que a anemocoria (STEFANELLO *et al.*, 2009).

A anemocoria possibilita deposição aleatória de grande quantidade de propágulos, envolvendo pouco investimento energético por parte da planta-mãe na formação de

novas plântulas, não dependendo, portanto, de animais dispersores (STEFANELLO *et al.*, 2009). No entanto, a anemocoria é comum em fases iniciais de sucessão vegetacional e menos frequente nas florestas conservadas/primárias e cerrados (VENKER *et al.*, 2014).

Segundo os mesmos autores, as espécies anemocóricas são beneficiadas em fisionomias abertas, em virtude de maior facilidade de dispersão pelo vento. Portanto, a síndrome de dispersão do tipo anemocórica com ocorrência em valores inferiores a 40%, pode ser empregada para avaliar o estágio de conservação de um fragmento vegetacional (PIÑA-RODRIGUES & AOKI, 2014).

No presente trabalho a autocoria apresentou frequência de 8% (Figura 2). De acordo com Reis *et al.* (2012), essa estratégia de dispersão é pouco encontrada no Cerrado. Outros estudos com comunidades lenhosas nessa fitofisionomia registraram baixa frequência ou nenhum indivíduo autocórico (REIS *et al.*, 2012 – 0%; Silva *et al.*, 2015 – 6,3%), corroborando com o presente estudo.

Uma explicação para isso é que autocoria parece ser uma estratégia pouco eficiente de dispersão em ecossistemas com solos pobres, como ocorre nas formações savânicas de Cerrado, isso pode estar relacionado ao fato da mesma favorecer a dispersão das sementes em curtas distâncias, aumentando a proporção de espécies próximas, conseqüentemente favorecendo a competição intraespecífica e reduzindo o sucesso da prole nesse ecossistema (REIS *et al.*, 2012; NEGRINI *et al.*, 2012).

Esse padrão de uma estrutura com alta proporção de zoocoria, proporções intermediárias de anemocoria e baixa ou nenhuma de autocoria, parece ser comum em regiões tropicais, ou seja, há convergência entre as áreas para que esse padrão ocorra (PINHEIRO & RIBEIRO, 2001).

Por outro lado, do total de espécies amostradas na área de cerrado *sensu stricto*, 24 estão categorizadas sob algum grau de risco de extinção, conforme estabelece a lista vermelha do CNCFlora (2013), 20 espécies foram categorizadas em Menos preocupante, uma Quase ameaçada e uma espécie classificada como Dados insuficientes, segundo a lista do IUCN (2004), uma espécie está classificada como vulnerável (Tabela 2).

Tabela 2. Espécies amostradas no levantamento florístico na área de cerrado *sensu stricto*, Gurupi - TO, categorizadas sob algum grau de risco de extinção, em que: LC = Menos Preocupante; NT = Quase ameaçada; VU = Vulnerável; DD = Dados insuficientes.

Espécies em risco de extinção	Categoria de Ameaça	Lista
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	LC	CNCFlora, 2013
<i>Andira vermifuga</i> (Mart.) Benth.	LC	CNCFlora, 2013
<i>Annona coriacea</i> Mart.	LC	CNCFlora, 2013
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	LC	CNCFlora, 2013
<i>Chrysophyllum splendens</i> Spreng.	NT	CNCFlora, 2013
<i>Coussarea hydrangeifolia</i> (Benth.) Müll.Arg.	LC	CNCFlora, 2013
<i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk.	LC	CNCFlora, 2013
<i>Diospyros hispida</i> A.DC.	LC	CNCFlora, 2013
<i>Dipteryx alata</i> Vogel	LC	CNCFlora, 2013
<i>Guatteria australis</i> A.St.-Hil.	LC	CNCFlora, 2013
<i>Guatteria sellowiana</i> Schlttdl.	LC	CNCFlora, 2013
<i>Guatteria villosissima</i> A.St.-Hil.	LC	CNCFlora, 2013
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	NT	CNCFlora, 2013
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	LC	CNCFlora, 2013
<i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.	LC	CNCFlora, 2013
<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	LC	CNCFlora 2013
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	LC	CNCFlora 2013
<i>Persea willdenovii</i> Kosterm.	LC	CNCFlora 2013
<i>Physocalymma scaberrimum</i> Pohl	LC	CNCFlora 2013
<i>Pimenta pseudocaryophyllus</i> (Gomes) Landrum	VU	IUCN, 2004
<i>Plathymentia reticulata</i> Benth.	LC	CNCFlora, 2013
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	DD	CNCFlora, 2013
<i>Terminalia argentea</i> Mart.	LC	CNCFlora, 2013
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	LC	CNCFlora, 2013

Fonte: os autores

Em relação as espécies categorizadas sob algum grau de risco de extinção (Tabela 2), a categoria “Menos preocupante” engloba espécies que não se qualificaram para as categorias “Criticamente em perigo”, “Em perigo”, “Vulnerável” e “Quase ameaçada”, pois incluem os táxons abundantes e de ampla distribuição geográfica (Martinelli & Moraes, 2013). Na área de estudo a categoria “menos preocupante” obteve maior número de espécies, 20 (Tabela 2). Portanto, é necessário direcionar pesquisas, ações de conservação e monitoramento a estas, com o intuito de garantir seu estado de conservação.

Um táxon está “Vulnerável” quando os melhores dados disponíveis indicam uma redução do tamanho da população, distribuição geográfica e uma análise quantitativa indica a probabilidade de extinção na natureza de pelo menos 10% em 100 anos (MARTINELLI & MORAES, 2013).

As espécies constantes na Lista Oficial da Flora Brasileira Ameaçada de Extinção classificadas na situação de vulnerável, conforme previsto no art. 2 da Portaria MMA nº. 443, de 17 de dezembro de 2014, ficam protegidas de modo integral, incluindo a proibição de coleta, corte, transporte, armazenamento, manejo, beneficiamento e comercialização

(BRASIL, 2014). A espécie *Pimenta pseudocaryophyllus*, amostrada no presente estudo, encontra-se nessa categoria (Tabela 2).

Uma espécie está “Quase ameaçada” quando foi avaliada de acordo com os critérios anteriormente citados e, embora ainda não os tenha preenchido, tudo indica que está prestes a fazê-lo ou apresenta fortes indícios de que o fará em um futuro próximo (MARTINELLI & MORAES, 2013). As espécies *Chrysophyllum splendens* e *Handroanthus impetiginosus*, amostradas no presente estudo, encontram-se nessa categoria (Tabela 2).

O táxon pode ser incluído na categoria “Dados insuficientes” quando as informações são insuficientes para que se faça uma avaliação direta ou indireta de seu risco de extinção, com base em sua distribuição e/ou seu estado populacional (MARTINELLI & MORAES, 2013).

Isso pode ocorrer devido às incertezas taxonômicas, sobre a distribuição de uma espécie, quando ocorrem poucos registros de coletas e esses são antigos, propiciando a classificação desse táxon na referida categoria (MARTINELLI & MORAES, 2013). Todavia, é importante ressaltar que essas espécies não estão fora de risco de extinção, portanto, pesquisas e novas coletas botânicas devem ser direcionadas para a espécie, afim de se obter maior conhecimento sobre a mesma. Na área de estudo a espécie *Protium heptaphyllum* encontra-se na referida categoria (Tabela 2).

Todos esses dados indicam uma área com elevada riqueza local e complexidade funcional, fatores que segundo Macedo *et al.* (2014) indicam que a conservação deve ser adotada como medida prioritária.

■ CONCLUSÃO

Em 0,5 ha de cerrado *sensu stricto* pode-se observar elevada riqueza local e complexidade funcional. Portanto, a conservação da área estudada deve ser adotada como medida prioritária.

O predomínio de espécies zoocóricas é um indicativo de comunidades vegetais em fases avançadas de sucessão ou que estão em bom estado de conservação.

A categoria “Menos preocupante” foi a que obteve maior número de espécies sendo necessário direcionar pesquisas, ações de conservação e monitoramento com o intuito de garantir seu estado de conservação.

ANEXO

Anexo 1. Famílias e espécies amostradas no levantamento florístico da área de cerrado *sensu stricto*, Gurupi - TO, ordenadas alfabeticamente por famílias, em que: Zoo = zoocoria, Ane = anemocoria e Aut = autocoria.

Famílias/ Espécies	Nome popular	Síndrome
Anacardiaceae		
<i>Anacardium occidentale</i> L.	caju	Zoo
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	gonçalo-alves	Ane
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	aroeira	Ane
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	pombeiro	Zoo
Annonaceae		
<i>Annona coriacea</i> Mart.	marolo-do-cerrado	Zoo
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	araticum	Zoo
<i>Guatteria australis</i> A.St.-Hil.	pindaíba-preta	Zoo
<i>Guatteria sellowiana</i> Schldtl.	embira-preta	Zoo
<i>Guatteria villosissima</i> A.St.-Hil.	falso-araçá	Zoo
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	pimenta-de-macaco	Zoo
Apocynaceae		
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	guatambu-do-cerrado	Ane
<i>Aspidosperma subincanum</i> Mart.	guatambu	Ane
Arecaceae		
<i>Syagrus oleracea</i> (Mart.) Becc.	guariroba	Zoo
Bignoniaceae		
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	ipê-roxo	Ane
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	ipê-amarelo	Ane
<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	ipê-branco	Ane
Boraginaceae		
<i>Cordia glabrata</i> (Mart.) A.DC.	louro-branco	Ane
Burseraceae		
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	almecegueira	Zoo
<i>Tetragastris balsamifera</i> (Swart) Kuntze	breu-manga	Zoo
Calophyllaceae		
<i>Kielmeyera speciosa</i> A.St.-Hil.	pau-santo	Ane
<i>Kielmeyera variabilis</i> Mart. & Zucc.	pau-santo	Ane
Celastraceae		
<i>Plenckia populnea</i> Reissek	marmeleiro-do-campo	Ane
Chrysobalanaceae		
<i>Hirtella ciliata</i> Mart. & Zucc.	pau-pombo	Zoo
<i>Hirtella glandulosa</i> Spreng.	vermelhão	Zoo
<i>Hirtella gracilipes</i> (Hook.f.) Prance	bosta-de-cabra	Zoo
<i>Hirtella hebeclada</i> Moric. ex DC.	ajururama	Zoo
<i>Hirtella martiana</i> Hook.f.	mucucurana	Zoo
Combretaceae		
<i>Terminalia argentea</i> Mart.	capitão-do-campo	Ane
Connaraceae		
<i>Connarus suberosus</i> Planch.	araruta-do-campo	Zoo
Dilleniaceae		
<i>Curatella americana</i> L.	sambaíba	Zoo

Famílias/ Espécies	Nome popular	Síndrome
Ebenaceae		
<i>Diospyros hispida</i> A.DC.	jilzeiro	Zoo
Erythroxylaceae		
<i>Erythroxylum daphnites</i> Mart.	fruta-de-pomba	Zoo
Euphorbiaceae		
<i>Alchornea discolor</i> Poepp.	tamanqueiro	Aut
Fabaceae		
<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.	angico-vermelho	Aut
<i>Andira vermifuga</i> (Mart.) Benth.	angelim-amargoso	Zoo
<i>Bauhinia longifolia</i> (Bong.) Steud.	pata-de-vaca	Ane
<i>Bauhinia rufa</i> (Bong.) Steud.	mororó	Aut
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	copaíba	Zoo
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	faveira	Zoo
<i>Dipteryx alata</i> Vogel	cumarú	Zoo
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	jatobá-da-mata	Zoo
<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	jacarandá-bico-de-pato	Ane
<i>Machaerium brasiliense</i> Vogel	pau-sangue	Ane
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	vinhático-do-campo	Aut
<i>Platypodium elegans</i> Vogel	amendoim-do-campo	Ane
<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	monjoleiro	Ane
<i>Swartzia multijuga</i> Vogel	banha-de-galinha	Zoo
<i>Tachigali aurea</i> Tul.	pau-bosta	Aut
<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	amargoso	Ane
Icacinaceae		
<i>Emmotum nitens</i> (Benth.) Miers	fruta-de-anta	Zoo
Lauraceae		
<i>Persea willdenovii</i> Kosterm.	abacateiro-da-mata	Zoo
Loganiaceae		
<i>Antonia ovata</i> Pohl	redondinha	Ane
Lythraceae		
<i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.	pacari	Ane
<i>Physocalymma scaberrimum</i> Pohl	cega-machado	Ane
Malpighiaceae		
<i>Byrsonima basiloba</i> A.Juss.	murici-do-campo	Zoo
<i>Byrsonima laxiflora</i> Griseb.	muricizinho	Zoo
<i>Byrsonima pachyphylla</i> A.Juss.	murici	Zoo
<i>Byrsonima stipulacea</i> A.Juss.	murici-da-mata	Zoo
<i>Heteropterys byrsonimifolia</i> A.Juss.	murici-macho	Ane
Malvaceae		
<i>Apeiba tibourbou</i> Aubl.	penete-de-macaco	Aut
<i>Eriotheca gracilipes</i> (K.Schum.) A.Robyns	paineira-do-campo	Ane
<i>Eriotheca pentaphylla</i> (Vell. & K.Schum.) A.Robyns	embiruçu	Ane
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	mutamba	Zoo
<i>Luehea grandiflora</i> Mart. & Zucc.	çoita-cavalo	Ane
<i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart. & Zucc.) A.Robyns	mamonarana	Ane
<i>Sterculia apetala</i> (Jacq.) H.Karst.	chichá	Zoo
Meliaceae		
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	canjerana	Zoo
Moraceae		
<i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber	leiteira	Zoo

Famílias/ Espécies	Nome popular	Síndrome
Myristicaceae		
<i>Virola sebifera</i> Aubl.	ucuúba-vermelha	Zoo
Myrtaceae		
<i>Calyptanthes clusiifolia</i> O.Berg	araçarana	Zoo
<i>Eugenia francavilleana</i> O.Berg	guamirim	Zoo
<i>Myrcia fenziiana</i> O.Berg	pimenteira	Zoo
<i>Myrcia laruotteana</i> Cambess.	araçá-do-brejo	Zoo
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	araçá-do-mato	Zoo
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	goiaba-brava	Zoo
<i>Pimenta pseudocaryophyllus</i> (Gomes) Landrum	louro-cravo	Zoo
Nyctaginaceae		
<i>Guapira graciliflora</i> (Mart. ex Schmidt) Lundell	maria-mole	Zoo
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	maria-mole	Zoo
Ochnaceae		
<i>Ouratea castaneifolia</i> (DC.) Engl.	folha-de-castanha	Zoo
Opiliaceae		
<i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & Hook.f.	cerveja-de-pobre	Zoo
Peraceae		
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	sapateiro	Aut
Polygonaceae		
<i>Coccoloba mollis</i> Casar.	folha-de-lobo	Zoo
Primulaceae		
<i>Myrsine parvifolia</i> A.DC.	capororoca	Zoo
Proteaceae		
<i>Roupala montana</i> Aubl.	carne-de-vaca	Aut
Rhamnaceae		
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i> Reissek	tarumá	Zoo
Rubiaceae		
<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.	marmelada-brava	Zoo
<i>Cordia sessilis</i> (Vell.) Kuntze	marmelinho-do-campo	Zoo
<i>Coussarea hydrangeifolia</i> (Benth.) Müll.Arg.	falsa-quina	Zoo
<i>Guettarda viburnoides</i> Cham. & Schltdl.	veludo-branco	Zoo
<i>Palicourea rigida</i> Kunth	bate-caixa	Zoo
<i>Psychotria carthagenensis</i> Jacq.	cafezinho	Zoo
<i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth.	congonha-do-gentio	Zoo
Rutaceae		
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	mamica-de-porca	Zoo
Salicaceae		
<i>Casearia rupestris</i> Eichler	pururuca	Zoo
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	cafezinho-do-mato	Zoo
Sapindaceae		
<i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk.	mulher-pobre	Ane
<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	tingui	Ane
Sapotaceae		
<i>Chrysophyllum splendens</i> Spreng.	língua-de-vaca	Zoo
<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	grão-de-galo	Zoo
Styracaceae		
<i>Styrax camporum</i> Pohl	benjoeiro	Zoo
Urticaceae		
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	embaúba	Zoo

Famílias/ Espécies	Nome popular	Síndrome
Vochysiaceae		
<i>Callisthene fasciculata</i> Mart.	carvão-branco	Ane
<i>Callisthene major</i> Mart.	pau-terra-do-mato	Ane
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	pau-terra-grande	Ane
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	pau-terra-liso	
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	pau-terra-roxo	

■ REFERÊNCIAS

1. APG - Angiosperm Phylogeny Group. Uma revisão da classificação do grupo filogenético de angiospermas para ordens e famílias de plantas com flor: APG III. **Revista Botanical Journal of the Linnean Society**, v.161, 2009.
2. ARROYO-RODRIGUEZ, V. et al. Plant β -diversity in fragmented rain forests: testing floristic homogenization and differentiation hypotheses. **Journal of Ecology**, v. 101, n. 6, p. 1449–1458, 2013.
3. BARCARENA, A. Apêndice: Checklist (759 espécies) da flora arbórea de remanescentes florestais da Grande Belém. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.**, v. 4, n. 3, p. 231-289, 2009.
4. BIODIVERSITAS. **Conservação das espécies/ Listas Vermelhas/ Flora brasileira. Lista da Flora Ameaçada de Extinção com ocorrência no Brasil (IUCN – 2004)**. Disponível em: <<http://www.biodiversitas.org.br/florabr/iucn.pdf>> Acesso em: 13 mar. 2022
5. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Portaria MMA N° 443, de 17 de dezembro de 2014. **Reconhece como espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção**. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, Seção 01, p. 110- 121, 18 dez. 2014
6. CANSELLA, F. M. & SILVA JÚNIOR, M. C. Florística, diversidade e estrutura da vegetação arbórea de cerrado sentido restrito e cerradão adjacentes, Parque Ecológico dos Pequizeiros, Distrito Federal. **Heringeriana**, v. 7, n. 2, p. 127-142, 2013.
7. EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisas de Solos. 3 ed., 2013, 353p.
8. FINGER, Z. & FINGER, F. A. Fitossociologia em comunidades arbóreas remanescentes de cerrado *sensu stricto* no brasil central. **Floresta**, v. 45, n. 4, p. 769-780, 2015.
9. IPNI - **The International Plant Names Index. Search the Data: Plant Names**. Disponível em: <<http://www.ipni.org/ipni/plantnamesearchpage.do>>. Acesso em: 13 mar. 2022
10. JARDIM, A. V. F. & BATALHA, M. A. Dispersal syndromes related to edge distance in cerrado *sensu stricto* fragments of central-western Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 52, n. 5, p. 1167-1177, 2009.
11. JORDANO, P. et al. **Ligando frugivoria e dispersão de sementes à biologia da conservação. Biologia da conservação: essências**. São Paulo, SP: Rima, 2006, 411-436 p.
12. LUZ, G. R. et al. Síndromes de dispersão de espécies arbustivo-arbóreas em diferentes fitofisionomias no norte de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO NACIONAL CERRADO, v. 9, 2008. Brasília, DF. **Anais...** Brasília, 2008.

13. MACEDO, H. R. et al. Composição florística em formações de Cerrado com ação antrópica. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v 9, n. 5, p. 76 - 83, 2014.
14. MARINHO-FILHO, J. & GASTAL, M. L. Mamíferos das matas ciliares do Brasil Central. In: Rodrigues, R. R. (Org.). **Matas ciliares: estado atual do conhecimento**. São Paulo, SP: FAPESP, 2000. p.209-221.
15. MARTINELLI, G. et al. **Livro vermelho da flora do Brasil – Plantas raras do Cerrado**. 1. ed. - Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro: CNCFlora, 2013.
16. MARTINELLI, G. & MORAES, M. A. **Livro Vermelho da Flora do Brasil - Plantas Raras do Cerrado**. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio: Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro: CNCFlora, p. 320, 2014.
17. MITTERMEIER, R. A. et al. Global Biodiversity Conservation: the Critical Role of Hotspots. In: Zachos, F.E. & Habel, J.C. (eds.) **Biodiversity Hotspots**. Heidelberg: Springer, 2011.
18. MMA - Ministério do Meio Ambiente. Bioma Cerrado. 2016. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>>. Acesso em: 13 mar. 2022.
19. MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Mapeamento do Uso e Cobertura do Cerrado: Projeto TerraClass Cerrado 2013**. Brasília: MMA, 2015, p.42-47. ISBN 978-85-7738-255-2.
20. NEGRINI, M. et al. Dispersion, spatial distribution and vertical stratification of the tree community in a forest fragment in “Planalto Catarinense” region. **Revista Árvore**, v.36, n.5, p.919-930, 2012.
21. NERI, A. V. et al. Regeneração de espécies nativas lenhosas sob plantio de Eucalyptus em área de Cerrado na Floresta Nacional de Paraopeba, MG, Brasil. **Acta botanica brasílica**, v. 19, n. 2, p. 369-376, 2005.
22. OLIVEIRA, J. A. et al. **Flora ameaçada do Cerrado mineiro – Guia de campo**. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio, 2015.
23. PILON, N. A. L. & DURIGAN, G. Critérios para indicação de espécies prioritárias para a restauração da vegetação de cerrado. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 99, p. 389-399, 2013.
24. PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. & AOKI, J. Chuva de sementes como indicadora do estágio de conservação de fragmentos florestais em Sorocaba-SP. **Revista Ciência Florestal**, v.24, n.4, p.911-923, 2014.
25. PINHEIRO, F. & RIBEIRO, J. R. Síndromes de dispersão de sementes em matas de galeria do Distrito Federal. In: Ribeiro, J. F.; Fonseca, C. E. L.; Sousa-Silva, J. C. (Eds.). **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria**. Brasília: Embrapa, 2001. p.335-361.
26. RAMOS, W. M. & SARTORI, A. L. B. Floristic analysis and dispersal syndromes of woody species of the Serra de Maracaju, Mato Grosso do Sul, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 73, n. 1, p. 67-78, 2013.
27. REFLORA - **Herbário Virtual. Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/herbarioVirtual>> Acesso em: 13 mar. 2022.

28. REIS, S. M. et al. Síndromes de polinização e dispersão de espécies lenhosas em um fragmento de Cerrado sentido restrito na transição Cerrado-Floresta Amazônica. **Heringeriana**, v. 6, n. 2, p. 28-41, 2012.
29. RUBIM, P. et al. Variações interanuais na fenologia de uma comunidade arbórea de floresta semidecídua no sudeste do Brasil. **Revista Acta botanica Brasilica**, v.24, n.3, p.756-764, 2010.
30. SANTOS, C. O espírito do capitalismo na ocupação dos cerrados brasileiros nos estados da Bahia e do Piauí. GOT, **Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, n. 8, p. 229-253, 2015.
31. SANTOS, E. R. & LÓLIS, S. F. Análise florística em comunidades florestais nos Municípios de Caseara, Marianópolis, e Pium, no estado do Tocantins. **Revista Carbono Social**, v.01, n.02, p. 24-31, 2007.
32. SCARIOT, E. C. & REIS, A. Riqueza e estrutura florística de corredores ciliares em regeneração natural no Planalto Norte Catarinense, Sul do Brasil. **Revista Perspectiva**. v.34, n.125, p. 53-65, 2010.
33. SEPLAN. Atlas do Tocantins: subsídios ao planejamento da gestão territorial, **Palmas - Atual**, v.6, 2012.
34. SILVA, M. A. M. et al. Composição florística e características eco de um cerradão em Nova Olinda, CE. **Cadernos de Cultura e Ciência**, v. 14, n. 1, p. 70-85, 2015.
35. SILVA, R. K. S. D. et al. Estrutura e síndromes de dispersão de espécies arbóreas em um trecho de mata ciliar, Sirinhaém, Pernambuco, Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 69, 2012.
36. STEFANELLO, D. et al. Síndromes de dispersão de sementes em três trechos de vegetação ciliar (nascente, meio e foz) ao longo do rio Pindaíba, MT. **Revista Árvore**, v. 33, n. 6, p. 1051-1061, 2009.
37. STEFANELLO, D. et al. Síndromes de dispersão de diásporos das espécies de trechos de vegetação ciliar do rio das Pacas, Querência–MT. **Acta Amazonica**, v. 40, n. 1, p. 141-150, 2010.
38. TOCANTINS. (Governo do Estado do Tocantins) – Secretaria do Planejamento e Meio Ambiente. **Cadastro Geral de Unidades de Conservação**. Palmas: SEPLAN, 2012.
39. VAN DER PIJL, L. **Principles of dispersal in higher plants**. 2. ed. Berlim: Springer-Verlag, 1982.
40. VENZKE, T. S. et al. Síndromes de dispersão de sementes em estágios sucessionais de mata ciliar, no extremo sul da Mata Atlântica, Arroio do Padre, RS, Brasil. **Revista Árvore**, v. 38, n. 3, p. 403-413, 2014.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Flora Magdaline Benitez Romero

Possui doutorado em Ciência Florestal (2018) pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Realizou o Doutorado Sanduíche no Laboratório de Biometria - Staudhammer Biometrics (2017), na University of Alabama (EUA), pesquisando Modelos estatísticos para estimar o estoque de carbono em florestas tropicais e Amazônia, utilizando linguagem de programação R e SAS. Com mestrado em Desenvolvimento Regional (2015) pela Universidade Federal do Acre e graduação em Engenharia Agroflorestal (2007) pela Universidad Amazónica de Pando. Atualmente é Professor Colaborador do Departamento de Ciências Florestais (UFAM) e realiza estágio pós-doutoral em conjunto no Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA) e no Departamento de Economia Rural (UFV) do Programa de Pós-graduação em Extensão Rural, sob a supervisão do professor Dr. Philip Martin Fearnside. Possui experiência em duas áreas: a) Recursos Florestais e Engenharia Florestal, com ênfase em manejo florestal, modelagem de florestas tropicais, dinâmica florestal, biometria florestal, inventário florestal, conservação e biodiversidade de recursos florestais, silvicultura tropical, biomassa e carbono florestal e políticas relacionadas às mudanças climáticas e b) Desenvolvimento regional e Agronomia, com ênfase em extensão rural, sociologia de desenvolvimento, sistemas agroflorestais, ordenamento territorial, avaliação de impacto ambiental e gestão ambiental.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7246800278204204>

Rosana Barbosa Castro

Possui graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Amazonas (2003), mestrado em Ciências Florestais e Ambientais pela Universidade Federal do Amazonas (2006) e doutorado pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (2012). Professora da Universidade Federal do Amazonas. Tem experiência na área de Recursos Florestais e Engenharia Florestal, com ênfase em Recursos Florestais e Engenharia Florestal, atuando principalmente nos seguintes temas: conservação ambiental, gestão ambiental, recursos naturais, desenvolvimento ambiental comunitário. Atualmente exerce o cargo de Chefe do Departamento de Ciências Florestais (DCF).

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7133099115834903>

Julio César Rodríguez Tello

Engenheiro Florestal pela Universidad Nacional de La Amazonía Peruana - UNAP (1976), Mestre Stricto Sensu em Manejo Florestal pela Universidade Federal do Paraná - UFPR (1980) e Doutor em Ciências Biológicas e Recursos Naturais pelo Convênio Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas - INPA/UFAM (1995). Atualmente é Professor Titular da UFAM. Coordenador, docente e pesquisador do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências Florestais e Ambientais - PPG-CIFA/UFAM e do Curso de Especialização Lato Sensu em Gestão Ambiental Empresarial. Coordenador do Grupo de Pesquisa Ecologia, Gestão Ambiental e Áreas Protegidas - ECOGAP. Tem experiência nas áreas de: biologia tropical, ecologia florestal, conservação da biodiversidade, gestão ambiental e áreas protegidas.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2365441375330268>

ÍNDICE REMISSIVO

A

Amazonia: 22, 67, 68, 84, 85, 132, 157, 158

Amazônia: 12, 21, 27, 43, 45, 46, 62, 63, 64, 84, 85, 89, 101, 114, 120, 121, 131, 133, 152, 153, 154, 156, 159

Amazônia Maranhense: 120

Amazonian: 22, 23, 47, 63, 64, 71, 81, 84, 85, 86, 158

Análise: 24, 25, 26, 27, 43, 44, 45, 91, 93, 94, 96, 173

Arteterapia: 175

B

Biometria: 10, 22

Buriti: 11

C

Câncer: 175

Conservação: 160, 171, 173

Cuidado: 175

Cuidados de Enfermagem: 175

Cuidados Paliativos: 175

D

Deciduidade: 152

Dispneia: 175

E

Equipe de Assistência ao Paciente: 175

Estresse Hídrico: 152

Eugenia: 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 75, 81, 116, 149, 170

F

Família: 175

Fisioterapia: 175

G

Growth Periodicity: 71, 86

I

Idosos: 175

Interdisciplinar: 175

L

Levantamento Florístico: 160

Luminosidade: 136, 141, 142

M

Micologia: 120

Microrganismos: 121, 133

Morfologia: 21

N

Neighbourhood Analysis: 47

P

Palhaço: 175

Paliativo: 175

Produção de Mudas: 115

Psicologia: 175

S

Salinidade: 115, 117

Savana: 160

Semente: 18, 21

Sombreamento: 116, 136

T

Tamarindeiro: 104

Terminalidade: 175

Transporte de Água: 152

V

Vessel Area: 69, 78



editora
científica digital



VENDA PROIBIDA - ACESSO LIVRE - OPEN ACCESS



www.editoracientifica.org | contato@editoracientifica.org