



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA – UEPB
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO**

MAYARA KÍCIA GOMES RUFINO

**(RE) CONHECENDO GRUPOS FUNCIONAIS NA VEGETAÇÃO DO SEMIÁRIDO
BRASILEIRO**

**CAMPINA GRANDE
2019**

**(RE) CONHECENDO GRUPOS FUNCIONAIS NA VEGETAÇÃO DO SEMIÁRIDO
BRASILEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Estadual da Paraíba como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Área de concentração: Ecofisiologia Vegetal

Orientador: Dilma Maria de Brito M. Trovão
Co orientador: Carlos Henrique B. de Assis Prado

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

R926r Rufino, Mayara Kicia Gomes.
(Re) conhecendo grupos funcionais na vegetação do semiárido brasileiro [manuscrito] / Mayara Kicia Gomes Rufino. - 2019.
61 p.
Digitado.
Dissertação (Mestrado em Pós Graduação em Ecologia e Conservação) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa , 2019.
"Orientação : Profa. Dra. Dilma Maria de Brito Melo Trovão , Coordenação de Curso de Biologia - CCBS."
"Coorientação: Prof. Dr. Carlos Henrique Britto de Assis Prado , Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa"
1. Caatinga. 2. Ecologia funcional. 3. Estratégia de plantas.
4. lenhosas. I. Título
21. ed. CDD 583.95

MAYARA KICIA GOMES RUFINO

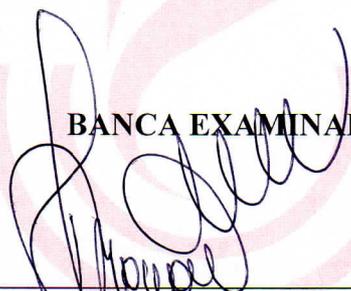
**(RE) CONHECENDO GRUPOS FUNCIONAIS NA VEGETAÇÃO DO SEMIÁRIDO
BRASILEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Área de concentração: Ecofisiologia Vegetal.

Aprovada em: **27 de fevereiro de 2018.**

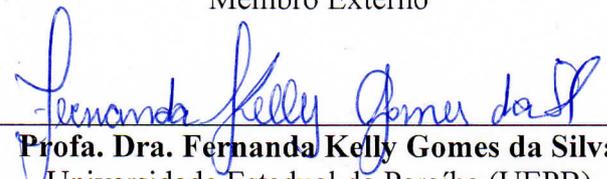
BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Dilma Maria de Brito Melo Trovão
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)
Presidente/Orientadora



Prof. Dr. Rivete Silva de Lima
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
Membro Externo



Profa. Dra. Fernanda Kelly Gomes da Silva
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)
Membro Externo

Aos meus amados pais, dedico.

AGRADECIMENTOS

Sou grata a todos que contribuíram de maneira direta ou indireta para a concretização desse trabalho. Agradeço:

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba (FAPESQ), pelo apoio financeiro a partir da concessão da bolsa de mestrado.

À orientadora Dra. Dilma Trovão e ao co-orientador Dr. Carlos Henrique Prado, pela orientação, oportunidade, apoio e incentivo.

Aos examinadores da defesa Dr. Rivete Silva de Lima e Dra. Fernanda Kelly Gomes da Silva, pelas contribuições.

Ao Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação (PPGEC), docentes e funcionários, por colaborarem com a minha formação.

Aos colegas de mestrado Evelyen, Nathália, Diego, D'ávilla, Mário, Railla e Ignácio, companheiros de diversos trabalhos em disciplinas, conversas e risadas. Também agradeço aos colegas de laboratório Gilbevan, Aryadne, Marcelo, Gabriela e Marta. Trabalhar ao lado de vocês sempre me ofereceu muito conforto.

Por fim, agradeço aos meus pais, a quem devo tudo. Eles foram meus provedores em todos os sentidos, material e emocional, além de serem meus maiores exemplos de vida e terem oferecido à minha criação o melhor que eles puderam dar e fazer. Agradeço também ao meu noivo amado, André, pela companhia de todas as horas e por todo o apoio.

RESUMO

A classificação funcional de plantas tem sido a mais promissora estratégia em estudos ecológicos para entender os padrões estruturais e funcionais das comunidades vegetais. Mensurações de caracteres anatômicos, morfológicos, fisiológicos e fenológicos revelam os mecanismos de ajustes das plantas aos filtros existentes. A Caatinga, vegetação dominante da região semiárida brasileira, apresenta uma dinâmica funcional peculiar, dadas as condições climáticas, de solos e de arranjo das espécies absolutamente específicos, o que configura um contexto ecológico único. Considerando estudos anteriores e também novas abordagens para essa vegetação, propomos nesse trabalho a análise traços essenciais e suas possíveis inter-relações em espécies lenhosas da Caatinga que revelem competências para a superação do acentuado estresse hídrico. Buscamos identificar diferentes estratégias adaptativas dessas espécies com base nos traços que compõem os eixos do esquema de estratégia ecológica vegetal *LHS* (*leaf-height-seed*), testado com eficácia em diferentes tipos de vegetação, associados a densidade de madeira, considerada um traço-chave para definição de estratégias de planta em vegetações sazonalmente secas.

Palavras-chave: Caatinga; ecologia funcional; estratégia de plantas; lenhosas

ABSTRACT

Functional classification of plants has been the most promising strategy in ecological studies to understand the structural and functional patterns of plant communities. Measurements of anatomical, morphological, physiological and phenological characteristics reveal the mechanisms of plant adjustment to existing filters. The Caatinga, dominant vegetation of the Brazilian semiarid region, presents a peculiar functional dynamic, given the climatic conditions, of soils and arrangement of the absolutely specific species, which configures a unique ecological context. Considering previous studies and also new approaches to this vegetation, we propose in this work the analysis of the essential traits and their possible interrelationships in woody species of the Caatinga, that reveal competences to overcome the hydric stress. We sought to identify different adaptive strategies of these species based on the traits that make up the axes of the *LHS* (*leaf-height-seed*) plant ecological strategy scheme, effectively tested on different types of vegetation, associated with wood density, considered a key trait to define plant strategies in seasonally dry vegetation.

Keywords: Caatinga; functional ecology; plant strategy; woody plants

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Mapa esquemático da área de estudo com destaque para os pontos de coleta de dados inseridos no Semiárido Brasileiro, Fazenda Vereda Grande e Fazenda Pocinho, Barra de Santana, Paraíba, Brasil. Dados obtidos no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, www.ibge.gov.br). Elaborado por F.K.G.Silva42
- Figura 2 - Análise de cluster (em dendograma) com distância euclidiana e agrupamento de Ward. O ponto de corte conforme a linha pontilhada foi em 2.043
- Figura 3 - Distribuição das espécies lenhosas de Caatinga amostradas nesse estudo em função das características: área foliar específica (AFE), densidade de madeira (DM), altura máxima de plantas (ALT) e massa de sementes (MS) a partir de análise de componentes principais (PCA). 91% da variação dos dados foi explicada pelo primeiro eixo (PC1) e aproximadamente 7,2% pelo segundo eixo (PC2). Os círculos pretos representam espécies decíduas e os brancos as sempre verdes. Os círculos pretos e brancos também indicam as duas estratégias ecológicas identificadas43
- Figura 4 – Escalonamento multidimensional não-métrico (nMDS) das espécies lenhosas de Caatinga amostradas nesse estudo a partir do coeficiente de similaridade de Bray-curtis. **a** Conjuntos separados nos eixos multidimensionais sendo o valor do stress em 2D igual a 0,048, valor este considerado como bom estimador dos pontos, uma vez que é menor que 0,2. Valores superiores a 0,2 indicam que há uma grande interferência de fatores aleatórios no gráfico, sendo a disposição dos pontos arbitrária (Clarke 1993). ● = *Aspidosperma pyrifolium*, ● = *Commiphora leptophloeos*, ○ = *Cynophalla flexuosa*, ■ = *Jatropha molíssima*, □ = *Monteverdia rígida*, x = *Cenostigma pyramidale*, ◇ = *Pseudobobax marginatum*, ▲ = *Ziphus joazeiro*. **b** Gráfico de Shepard com os eixos de posição dos pontos. Posição esperada versus obtida44

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Lista das espécies amostradas nas áreas de estudo, incluindo a fenologia foliar e os valores médios de todos os traços funcionais mensurados40
- Tabela 2 - Valor funcional dos traços mensurados nesse estudo, incluindo unidade e referência41
- Tabela 3 - Correlações entre os traços funcionais do esquema LHS: AFE (área foliar específica), ALT (altura), MS (massa de sementes), e DM (densidade da madeira) das espécies lenhosas amostradas nas áreas de estudo.....41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AF	Área foliar
AFE	Área foliar específica
ALT	Altura
DE	Decídua
DM	Densidade de madeira
EEEV	Esquema de estratégia ecológica vegetal
EF	Espessura foliar
LHS	Leaf-height-seed = Folha-altura-semente
MS	Massa de sementes
MSF	Massa seca foliar
nMDS	Escalonamento Multidimensional não-métrico
PCA	Análise de Componentes Principais

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
°C	Graus celsius
\leq	Menor ou igual que
\geq	Maior ou igual que
cm ²	Centímetro quadrado
cm ³	Centímetro cúbico
g	grama
m	metro
mg	miligrama
mm	milímetro
mm ²	Milímetro quadrado

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	13
PERGUNTAS.....	17
HIPÓTESE	17
OBJETIVOS	17
ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	18
REFERÊNCIAS	19
CAPÍTULO 1 – O esquema de estratégia ecológica LHS e densidade de madeira definem grupos funcionais de lenhosas no semiárido brasileiro	22
Introdução	24
Materiais e Métodos	26
Clima, relevo e solo da área de estudo	26
Espécies e número de indivíduos.....	27
Determinação dos traços do esquema LHS e Densidade de Madeira (DM)	27
Análises estatísticas	28
Resultados.....	28
Discussão.....	29
Contribuição dos Autores	34
Agradecimentos	34
Referências	34
Lista de Tabelas	42
Lista de Figuras	42
ANEXOS	45

INTRODUÇÃO GERAL

Desde o surgimento da ecologia como ciência diversas abordagens são utilizadas para compreensão dos padrões estruturais e funcionais das comunidades vegetais. No início desse século a ecologia funcional se estabeleceu usando traços funcionais para explicar efeitos e respostas de grupos de espécies frente às alterações ambientais (HOOPER et al., 2005; SHIPLEY et al., 2006; SUDING et al., 2008; BARATOLO et al., 2010; PEREZ-CAMACHO et al., 2012; ROSADO et al., 2013). Conhecer esses traços possibilita entender o papel das espécies na comunidade (DIAZ et al., 2016).

Um traço pode ser definido como qualquer característica morfológica, fisiológica ou fenológica mensurável a nível individual, desde o nível celular até o organismo completo (VIOLLE et al., 2007). São características significativas para o estabelecimento, sobrevivência e reprodução de uma espécie em seu ambiente natural (REICH et al., 2003).

O mérito da classificação baseada em traços funcionais é que os modelos quantitativos usados são baseados em traços e não em espécies, visto que modelos baseados na taxonomia de espécies têm capacidade de generalização limitada devido ao elevado número de espécies no planeta (KEDDY, 1992).

De acordo com Reich et al. (2003) os traços funcionais apresentados pelas espécies vegetais podem estar correlacionados de modo a estabelecerem *síndromes*. Uma *síndrome* representa uma dimensão da estratégia ecológica de plantas e refere-se ao conjunto de inter-relações que potencializam a planta a superar as pressões ambientais formando um acervo de diversas competências (estratégias adaptativas) (WESTOBY, 2002). Conjuntos diferentes de traços irão compor *síndromes* distintas, que por sua vez irão determinar distintas estratégias adaptativas para obter sucesso no ambiente, as mesmas estratégias adaptativas podem estar presentes em um grupo de plantas sem relações taxonômicas, formando um grupo funcional (BORGES; PRADO, 2014).

Segundo Weiher et al. (1999), Diaz e Cabido (2001), Violle et al. (2007), Kraft e Ackerly (2010) a escolha dos traços para a discriminação de grupos funcionais deve levar em conta os principais estresses ambientais a que as plantas estão submetidas uma vez que a variação nos traços é uma resposta à disponibilidade e uso de recursos ou aos fatores de estresse ambiental.

Weiher et al. (1999) ainda destacam outro método para a escolha de traços, que parte da teoria de estratégias de planta (WESTOBY, 1998) e baseia-se na grande quantidade de

correlações entre caracteres de plantas, como por exemplo, a área foliar específica que se correlaciona com crescimento da planta, taxa fotossintética, longevidade foliar, entre outras. Segundo Westoby et al., (2002), a existência destas correlações podem ser o resultado adaptativo da seleção natural, favorecendo combinações particulares de características em detrimento de outras, descrevendo uma dimensão estratégica nessa faixa de características. A posição de uma espécie ao longo de uma determinada dimensão estratégica está relacionada ao seu ótimo desempenho e vigor competitivo (WESTOBY et al. 2002).

Para Westoby (1998) as estratégias de plantas podem ser definidas a partir de esquemas de estratégias ecológicas vegetal (EEEV), que classificam as espécies em categorias ou ao longo de espectros, segundo seus atributos ecológicos (traços funcionais). Um EEEV tem como objetivo o entendimento das forças seletivas que moldam a ecologia das plantas e a descrição dos princípios gerais da relação entre as plantas e o ambiente, sem necessidade de detalhamento taxonômico, a fim de que se construa uma linguagem comum para a comparação de espécies e tipos vegetacionais em escala mundial (WESTOBY, 1998).

Esse mesmo autor propôs um EEEV simples para espécies arbustivo-arbóreas conhecido como *LHS* (*leaf-height-seed*), que significa folha-altura-semente e é constituído por três eixos: 1) área foliar específica (área foliar por unidade de massa seca), que representa a variação ao longo do espectro econômico da folha e é indicativa da capacidade de uma espécie responder às oportunidades de crescimento rápido. 2) altura da copa da espécie na maturidade, que condiciona como as plantas sobrevivem, de maneiras diferentes dependendo da dinâmica da vegetação. 3) massa (seca) da semente, que expressa a partir de suas variações a chance de uma espécie dispersar e se estabelecer com sucesso em determinado ambiente.

Essas três características, estão correlacionadas com várias outras e representam compromettimentos fundamentais que controlam as diferentes estratégias ecológicas das plantas pois, uma espécie não pode simultaneamente desenvolver uma grande área foliar específica e também construir folhas fortemente reforçadas e longevas, não pode suportar uma copa alta sem investir num caule forte, não é possível produzir sementes grandes e com muita reserva sem limitar o número delas por esforço reprodutivo (WESTOBY, 1998).

Cornellissen et al. (2003) ressaltam que área foliar específica, a altura e a massa da semente fazem parte de uma lista resumida de características vegetais sobre as quais devem se basear as classificações funcionais das plantas, porque apresentam um forte poder previsor em relação às respostas das comunidades frente às mudanças ambientais ou possuem elas mesmas um forte impacto sobre os processos da comunidade.

Uma das maiores vantagens do EEEV *LHS* é o protocolo simples, com dimensões prontamente mensuráveis (WESTOBY et al. 2002), e a possibilidade de realizar análises de um grande número de informações, incluindo dados ecofisiológicos e dinâmica de vegetação, visto que há uma grande quantidade de informações ecofisiológicas e experimentos de campo no nível de espécie, o que abre caminho para comparações em escala mundial e meta-análise (WESTOBY, 1998). No Brasil, os estudos mais significativos, que analisaram a aplicabilidade desse esquema de estratégia ecológica como forma de prever funcionamento de comunidades (JARDIM; BATALHA, 2008; ABE et al., 2018), estão restritos a vegetação do Cerrado. Os resultados desses estudos, mostram correlações importantes e confirmam que esses traços influenciam a dinâmica da vegetação nessas áreas.

Florestas tropicais sazonalmente secas, são biomas de grande relevância global, além de ocuparem cerca de 40% da massa terrestre tropical, são muito mais ameaçadas pelo desmatamento do que as florestas tropicais, (OLIVARES; MEDINA, 1992; HAYDEN; GREENE, 2009) entretanto, são muito menos estudadas (HOLBROOK et al. 1995). Modelos globais de biogeografia, vegetação e balanço de carbono consideram espécies decíduas e perenes como as únicas duas categorias funcionais para essa vegetação (BONAN et al. 2003; REICH et al. 2007). No entanto, este padrão não tem sido consistentemente observado em alguns estudos realizados nesses ambientes (DAMESIN et al., 1998; BUCCI et al., 2005; HASSELQUIST et al., 2010). Talvez porque a variação temporal e espacial na disponibilidade de água nestas florestas, apontem respostas fisiológicas e fenológicas muito complexas e variadas.

A Caatinga vegetação tropical sazonalmente seca que recobre a maior parte do semiárido brasileiro, apresenta uma fisionomia predominantemente arbustiva-arbórea, que apresenta acentuada queda foliar durante a estação seca (SAMPAIO, 1995; RODAL; SAMPAIO, 2002). As plantas nessa vegetação estão sujeitas a um déficit hídrico acentuado relacionado não só a forte sazonalidade de chuvas (precipitação média anual variando de 300 a 1000 mm) concentrada num curto período do ano (3-5 meses) e bastante irregular (LIMA, 2010), como também a outros fatores característicos da região, como altas temperaturas associadas a alta intensidade luminosa, que provocam uma demanda evaporativa alta e consequente dessecação do solo (TROVÃO et al., 2007).

Os estudos dos grupos funcionais na Caatinga estão em desenvolvimento, e até então tem se restringido a análise dos traços de densidade da madeira, atributos foliares e do comportamento fenológico das espécies (SILVA et al., 2004; LIMA; RODAL, 2010; LIMA et al., 2012; SILVA et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2015; SOUSA et al., 2015).

De fato, espécies lenhosas de florestas tropicais sazonalmente secas exibem uma estreita relação entre densidade de madeira, potencial hídrico e fenologia (BORCHERT, 1994). Holbrook et al. (1995) afirmam que as respostas das plantas a mudanças bruscas na disponibilidade de água, podem ser avaliadas a partir da análise de características que envolvam propriedades hidráulicas do caule e características foliares que abrangem os padrões de uso da água e trocas gasosas e que considera o padrão sazonal da atividade do meristema.

Lima e Rodal (2010) confirmaram essa relação em seus estudos com Caatinga no sertão de Pernambuco, assim como Silva et al. (2014) que consideraram a deciduidade foliar como uma importante resposta à seca e utilizaram traços foliares e de densidade de madeira associando-os a fenologia foliar na Caatinga.

Esses estudos, como a maioria dos trabalhos já realizados na Caatinga, demonstram que a densidade de madeira e o hábito foliar são muito relevantes para a compreensão do armazenamento e uso eficiente da água nessa vegetação. No entanto, não estão definidas nesses estudos quais as relações entre os traços do lenho e da folha que formam síndromes e discriminam um grupo funcional de arbóreas da Caatinga. Também não estão claro quais são as estratégias adaptativas que definem esses grupos funcionais, ou seja, quais são as competências que emergem das relações dos traços para alcançar o sucesso em uma região semiárida tropical. Não está bem estabelecido se os grupos funcionais de arbóreas na Caatinga coincidem com a fenologia foliar e qual o significado da relação entre a permanência da folhagem com os traços do lenho e da folha na perspectiva de um modelo discriminatório. O que revela uma lacuna na observação de importantes informações presentes na vegetação.

Com base nos argumentos apresentados, realizamos esse trabalho com o objetivo de compreender melhor a formação de grupos funcionais na Caatinga a partir da identificação de *síndromes* que possam definir diferentes estratégias de plantas lenhosas nessa vegetação. Para isso utilizamos uma abordagem diferente da utilizada em outros estudos desenvolvidos nessa vegetação. Buscamos definir essas estratégias a partir do EVVE *LHS* proposto por Westoby, e associamos a esse modelo a densidade de madeira, que tem sido considerada uma característica importante na identificação de estratégias de plantas em vegetações sazonalmente secas visto que, de uma forma geral, esse traço está relacionado com o potencial hídrico e com a fenologia de plantas lenhosas (BORCHERT, 1994; ACKERLY, 2004; BUCCI et al., 2004).

PERGUNTAS

- Traços funcionais que compõem os eixos do esquema *LHS* em conjunto com características de densidade de madeira são eficientes para identificar síndromes, capazes de apontar de forma consistente a formação de grupos funcionais na Caatinga?
- Os grupos funcionais de lenhosas identificados na Caatinga se relacionam com a fenologia foliar dessas plantas?

HIPÓTESE

Os traços que compõem os eixos do esquema *LHS* em associação com a densidade de madeira podem correlacionar-se de diferentes formas compondo um modelo eficaz para identificação de diferentes estratégias de planta na vegetação lenhosa do semiárido brasileiro e essas estratégias se relacionam com o hábito foliar das plantas dessa vegetação.

OBJETIVOS

Geral: Compreender melhor a formação de grupos funcionais na Caatinga, com base na análise de um conjunto de traços funcionais morfológicos que compõem o esquema de estratégia ecológica vegetal *LHS* associados à densidade de madeira.

Específicos:

- Evidenciar a formação de síndromes que representem diferentes estratégias de plantas na Caatinga a partir da correlação entre os traços mensurados;
- Verificar se as síndromes identificadas apontam estratégias semelhantes em grupos de plantas com o mesmo padrão de fenologia foliar.

ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Os problemas de pesquisa propostos foram abordados e discutidos em um único capítulo, que se refere ao manuscrito intitulado: *O esquema LHS e densidade de madeira definem grupos funcionais de lenhosas no semiárido brasileiro.*

REFERÊNCIAS

- ABE, N.; MIATTO, R. C.; BATALHA, M. A. Relationships among functional traits define primary strategies in woody species of the Brazilian “cerrado”. **Brazilian Journal of Botany**, v. 41, n. 2, p. 351-360, 2018.
- ACKERLY, D.D. Functional strategies of chaparral shrubs in relation to seasonal water deficit and disturbance. **Ecological Monographs**, v. 74, n. 1, p. 25-44, 2004.
- BARALOTO, C. et al. Decoupled leaf and stem economics in rain forest trees. **Ecology letters**, v. 13, n. 11, p. 1338-1347, 2010.
- BONAN, G. B. et al. A dynamic global vegetation model for use with climate models: concepts and description of simulated vegetation dynamics. **Global Change Biology**, v. 9, n. 11, p. 1543-1566, 2003.
- BORCHERT, R. Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forest trees. **Ecology**, v. 75, n. 5, p. 1437-1449, 1994.
- BORGES, M. P.; PRADO, C. H. B. A. Relationships between leaf deciduousness and flowering traits of woody species in the Brazilian neotropical savanna. **Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 209, n. 1, p. 73-80, 2014.
- BUCCI, S. J. et al. Functional convergence in hydraulic architecture and water relations of tropical savanna trees: from leaf to whole plant. **Tree physiology**, v. 24, n. 8, p. 891-899, 2004.
- BUCCI, S. J. et al. Mechanisms contributing to seasonal homeostasis of minimum leaf water potential and predawn disequilibrium between soil and plant water potential in Neotropical savanna trees. **Trees**, v. 19, n. 3, p. 296-304, 2005.
- CORNELISSEN, J. H. C. et al. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. **Australian journal of Botany**, v. 51, n. 4, p. 335-380, 2003.
- DAMESIN, C.; RAMBAL, S.; JOFFRE, R. Co-occurrence of trees with different leaf habit: a functional approach on Mediterranean oaks. **Acta Oecologica**, v. 19, n. 3, p. 195-204, 1998.
- DIAZ, S.; CABIDO, M. Vive la difference: plant functional diversity matters to ecosystem processes. **Trends in ecology & evolution**, v. 16, n. 11, p. 646-655, 2001.
- DÍAZ, Sandra et al. The global spectrum of plant form and function. **Nature**, v. 529, n. 7585, p. 167, 2016.
- HASSELQUIST, N. J.; ALLEN, M. F.; SANTIAGO, L. S. Water relations of evergreen and drought-deciduous trees along a seasonally dry tropical forest chronosequence. **Oecologia**, v. 164, n. 4, p. 881-890, 2010.
- HAYDEN, B.; GREENE, D. Tropical dry forest structure, distribution and dynamics. **Tropical Biology and Conservation Management-Volume V: Ecology**, p. 101, 2009.

HOLBROOK, N. M. et al. **Drought responses of neotropical dry forest trees** *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge University Press, 1995.

HOOPER, D. U. et al. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. **Ecological monographs**, v. 75, n. 1, p. 3-35, 2005.

JARDIM, A. V. F.; BATALHA, M. A. Can we predict dispersal guilds based on the leaf-height-seed scheme in a disjunct cerrado woodland?. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, n. 3, p. 553-559, 2008.

KEDDY, Paul A. Assembly and response rules: two goals for predictive community ecology. **Journal of Vegetation Science**, v. 3, n. 2, p. 157-164, 1992.

KRAFT, N. J. B.; ACKERLY, D. D. Functional trait and phylogenetic tests of community assembly across spatial scales in an Amazonian forest. **Ecological Monographs**, v. 80, n. 3, p. 401-422, 2010.

LIMA, A. L. A. **Tipos funcionais fenológicos em espécies lenhosas da caatinga, Nordeste do Brasil**. 2010. 117 f. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.

LIMA, A. L. A.; RODAL, M. J. N. Phenology and wood density of plants growing in the semi-arid region of northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 74, n. 11, p. 1363-1373, 2010.

LIMA, A. L. A. et al. Do the phenology and functional stem attributes of woody species allow for the identification of functional groups in the semiarid region of Brazil?. **Trees**, v. 26, n. 5, p. 1605-1616, 2012.

OLIVARES, E.; MEDINA, E. Water and nutrient relations of woody perennials from tropical dry forests. **Journal of Vegetation Science**, v. 3, n. 3, p. 383-392, 1992.

OLIVEIRA, C. C. et al. Functional groups of woody species in semi-arid regions at low latitudes. **Austral Ecology**, v. 40, n. 1, p. 40-49, 2015.

PÉREZ-CAMACHO, L. et al. Plant functional trait responses to interannual rainfall variability, summer drought and seasonal grazing in Mediterranean herbaceous communities. **Functional Ecology**, v. 26, n. 3, p. 740-749, 2012.

REICH, P. B. et al. The evolution of plant functional variation: traits, spectra, and strategies. **International Journal of Plant Sciences**, v. 164, n. S3, p. S143-S164, 2003.

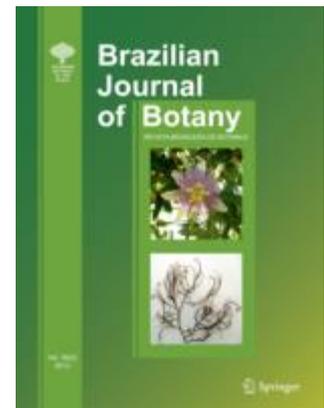
REICH, P. B.; WRIGHT, I. J.; LUSK, C. H. Predicting leaf physiology from simple plant and climate attributes: a global GLOPNET analysis. **Ecological Applications**, v. 17, n. 7, p. 1982-1988, 2007.

RODAL, M.J.N.; SAMPAIO, E.V.S.B. A Vegetação do Bioma Caatinga. In: Sampaio, E.V.S.B.; Giuliatti, A.M.; Virginio, J.; Camarra-Rojas, C.F.L. (eds.). **Vegetação e flora da caatinga**. Recife: Associação de Plantas do Nordeste e Centro Nordestino de Informações sobre Plantas. p. 11-24, 2002.

- ROSADO, B. H. P.; DIAS, A. T. C.; MATTOS, E. A. Going back to basics: importance of ecophysiology when choosing functional traits for studying communities and ecosystems. **Natureza & Conservação**, v. 11, n. 1, p. 15-22, 2013.
- SAMPAIO, E. V. S. B. Overview of the Brazilian Caatinga. In.: Bullock, S.H.; Mooney, H.A Medina, E. (eds.). **Seasonally dry tropical forests**. Cambridge, University Press. p. 35-63, 1995.
- SHIPLEY, B.; VILE, D.; GARNIER, É.. From plant traits to plant communities: a statistical mechanistic approach to biodiversity. **science**, v. 314, n. 5800, p. 812-814, 2006.
- SILVA, E. C. et al. Aspectos ecofisiológicos de dez espécies em uma área de caatinga no município de Cabaceiras, Paraíba, Brasil. **Iheringia. Série Botânica.**, v. 59, n. 2, p. 201-206, 2004.
- SILVA, A. M. L. et al. Plant functional groups of species in semiarid ecosystems in Brazil: wood basic density and SLA as an ecological indicator. **Brazilian Journal of Botany**, v. 37, n. 3, p. 229-237, 2014.
- SOUZA, B. C. et al. Divergências funcionais e estratégias de resistência à seca entre espécies decíduas e sempre verdes tropicais. **Rodriguésia-Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, v. 66, n. 1, p. 021-032, 2015.
- SUDING, K. N.; GOLDSTEIN, L. J. Testing the Holy Grail framework: using functional traits to predict ecosystem change. **New Phytologist**, v. 180, n. 3, p. 559-562, 2008.
- TROVÃO, D. M. B. M. et al. Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 307-311, 2007.
- VIOLLE, C. et al. Let the concept of trait be functional!. **Oikos**, v. 116, n. 5, p. 882-892, 2007.
- WEIHER, E. et al. Challenging Theophrastus: a common core list of plant traits for functional ecology. **Journal of vegetation science**, v. 10, n. 5, p. 609-620, 1999.
- WESTOBY, M. A leaf-height-seed (LHS) plant ecology strategy scheme. **Plant and soil**, v. 199, n. 2, p. 213-227, 1998.
- WESTOBY, M. et al. Plant ecological strategies: some leading dimensions of variation between species. **Annual review of ecology and systematics**, v. 33, n. 1, p. 125-159, 2002.

Capítulo 1

Manuscrito a ser enviado ao periódico: Brazilian Journal of Botany



Mayara Kícia G. Rufino^{1*}, Carlos Henrique B. de Assis Prado², Dilma M. de Brito Melo
Trovão³

O ESQUEMA LHS E DENSIDADE DE MADEIRA DEFINEM GRUPOS FUNCIONAIS DE LENHOSAS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

^{1,3}Universidade Estadual da Paraíba, Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação. Rua Baraúnas, 351 - Bairro Universitário - Campina Grande - PB, CEP 58429-500

²Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais/Departamento de Botânica. Rodovia Washington Luiz, São Carlos - São Paulo, CEP 13565-905

*mayara.botanica@gmail.com/ (83) 9 99074723

Resumo: Buscando preencher lacunas a respeito dos grupos funcionais na vegetação de Caatinga, analisamos um conjunto específico de traços que compõem o esquema de estratégia ecológica vegetal LHS (leaf-height-seed). O esquema LHS captura o nicho funcional das plantas usando os traços funcionais: área foliar específica (AFE), altura (ALT) e massa (seca) de sementes (MS). Associamos a esse esquema a densidade da madeira (DM) por ser esse traço considerado como traço-chave na identificação de estratégias funcionais em vegetações sazonalmente secas como a Caatinga. Mensuramos essas características em oito espécies, classificadas de acordo com sua fenologia foliar em decíduas e sempre verdes. Utilizando análises de agrupamento, de componentes principais (PCA) e correlação de Pearson, encontramos relações significativas entre os traços AFE e MS, e ALT e DM. A AFE foi apontada como o principal preditor da estratégia de plantas na Caatinga, e de acordo com essa característica identificamos dois grupos funcionais: espécies com baixa AFE e espécies com alta AFE. Também reconhecemos diferenças entre as espécies decíduas e sempre verdes com base na mesma característica. Os traços mensurados, que representam os eixos do esquema de estratégia ecológica vegetal LHS e densidade de madeira, foram eficientes na discriminação de grupos funcionais no semiárido brasileiro, estando esses grupos relacionados com a fenologia foliar de lenhosas nessa vegetação.

Palavras-chave: Estratégia ecológica, fenologia, traços funcionais, vegetação sazonalmente secas

Introdução

Conhecer padrões de estrutura e funcionamento da comunidade vegetal é fundamental para prever a resposta, a resistência e a resiliência às crescentes intervenções antrópicas (Chazdon 2014). A abordagem com foco em diversidade de traços funcionais revela esses padrões (Westoby et al. 2002; Wright e Westoby 2002; Bucci et al. 2004; Fine et al. 2006; Kooyman et al. 2010; Souza et al. 2015). Traços funcionais podem ser definidos como características significativas para o estabelecimento, sobrevivência e reprodução de uma espécie em seu ambiente natural. A correlação entre esses traços compõe síndromes que determinam distintas estratégias em espécies vegetais, independentemente de sua proximidade filogenética, compondo um grupo funcional (Reich et al. 2003; Borges e Prado 2014).

A escolha dos traços para a discriminação de grupos funcionais deve levar em conta os principais estresses ambientais a que as plantas estão submetidas (Weiher et al. 1999; Diaz e Cabido 2001; Kraft e Ackerly 2010; Rosado et al. 2013), pois a variação nos traços é uma resposta à disponibilidade e uso de recursos ou aos fatores de estresse ambiental (Violle et al. 2007). Em ambientes sazonalmente secos, por exemplo, a disponibilidade hídrica pode ser considerada o principal filtro, afetando os processos de crescimento e reprodução das plantas (Krammer e Boyer 1995). Nesses ambientes, a variação temporal e espacial na disponibilidade de água condiciona respostas fisiológicas e fenológicas ainda pouco conhecidas (Lima e Rodal 2010).

Estudos realizados na Caatinga (Silva et al. 2004; Trovão et al. 2007; Lima e Rodal 2010; Lima et al. 2012; Silva et al. 2014; Souza et al. 2015), vegetação sazonalmente seca que recobre a maior parte do semiárido brasileiro, mostram que a fenologia foliar está associada ao estresse hídrico acentuado e que a co-ocorrência de lenhosas com fenologia foliar distinta, o que indica fortemente diferentes estratégias do uso da água (Markestijn e Poorter 2009).

Silva et al. (2014) consideraram a deciduidade foliar como uma importante resposta à seca e utilizaram traços foliares e de densidade de madeira associando-os ao hábito foliar na Caatinga. No entanto, ainda não foi estabelecido quais as relações entre os traços do lenho e da folha que formam síndromes e discriminam grupo funcional de lenhosas na Caatinga. Também não está claro quais são as estratégias adaptativas que definem esses grupos funcionais, ou seja, quais são as competências que emergem das relações dos traços para alcançar o sucesso em uma região semiárida tropical. Não foi definido se os grupos funcionais de arbóreas na Caatinga coincidem com a fenologia foliar e qual o significado da relação entre a permanência da folhagem com os traços do lenho e da folha na perspectiva de um modelo discriminatório (Souza et al. 2015).

Buscando preencher essas lacunas, Partimos de uma abordagem diferente da utilizada em outros estudos desenvolvidos nessa vegetação e analisamos neste estudo um conjunto específico de traços que compõem um modelo de identificação de estratégias adaptativas, conhecido como Esquema de Estratégia Ecológica vegetal LHS (leaf-height-seed), proposto por Westoby (1998), testado com eficácia em diferentes tipos de vegetação (Diaz et al. 2004; Wright et al. 2007; Abe et al. 2018). Esse esquema propõe uma descrição do nicho funcional das plantas, usando três eixos fundamentais e independentes: 1) área foliar específica, 2) altura da copa da planta na maturidade, 3) massa (seca) de sementes. Essas três características apresentam um forte poder previsor em relação às respostas das comunidades frente às mudanças ambientais ou possuem elas mesmas um forte impacto sobre os processos da comunidade (Westoby 1998; Cornellissen et al. 2003).

Associamos aos traços do esquema LHS, o traço densidade da madeira. Essa característica tem sido considerada como um traço-chave na identificação de estratégias de plantas em vegetações sazonalmente secas (Lima e Rodal 2010; Silva et al. 2014). De forma

geral, verifica-se que esse traço está negativamente relacionado com o potencial hídrico em plantas lenhosas submetidas ao estresse hídrico (Ackerly 2004; Bucci et al. 2004).

A aquisição do espaço aéreo e dos recursos, principalmente água, seu uso e o estoque desses são operações que exigem um conjunto de competências que definem estratégias de sobrevivência em vegetações sazonalmente secas. Dessa forma, acreditamos que as relações de dependência entre a altura, a estrutura e a fisiologia foliar, a massa de sementes e densidade da madeira, podem compor síndromes ou dimensões principais das estratégias ecológicas (Westoby et al. 2002; Wright et al. 2007) em plantas lenhosas na vegetação da Caatinga, fornecendo explicações mais amplas acerca da delimitação de grupos funcionais nesses ambientes.

Materiais e Métodos

Clima, relevo e solo da área de estudo

Os estudos foram desenvolvidos entre dezembro de 2017 e novembro de 2018. A coleta de dados foi conduzida nas Fazendas Vereda Grande (7° 31,613' S, 36° 2,991' W) e Pocinho (07° 29,929' S, 35° 58,237' W) a 514 e 391 m de altitude, respectivamente, situadas no município de Barra de Santana, estado da Paraíba, Brasil. As áreas estão inseridas na microrregião do Cariri Oriental, mesorregião da Borborema (Aesa 2017).

De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger atualizada por Peel et al. (2007), a região apresenta clima do tipo BSw^h, semiárido quente, com estação seca entre 9-10 meses e precipitação média anual de 450 mm. As variações de temperatura mensais mínimas e máximas estão, respectivamente, entre 18-22 °C nos meses de julho e agosto e entre 28-30 °C nos meses de novembro e dezembro. O valor médio mensal da umidade relativa do ar está entre 60-75%, com valor máximo no mês de junho e mínimo em dezembro (Bioclim 2017). Ambas as áreas de coleta estão situadas na escarpa sudoeste do Planalto da

Borborema, com relevo ondulado e altitude variando de 400 a 650 m (Fig. 1). Nas áreas de estudo ocorrem solos solonetz solodizados e solos litólicos (Santos et al. 2013).

Espécies e número de indivíduos

Selecionamos oito espécies lenhosas e dez indivíduos por espécie. Essas, foram escolhidas de acordo com sua disponibilidade e abundância nos locais de coleta (Tabela 1) considerando estudos prévios na área (Silva et al. 2014). Todos os indivíduos elencados eram adultos apresentando diâmetro ao nível do solo ≥ 3 cm, e altura ≥ 1 m, conforme a metodologia proposta por Rodal et al. (2013). Classificamos cada uma das espécies amostradas de acordo com sua fenologia foliar, em decíduas (com duração foliar de seis a nove meses) e sempre verdes (com duração foliar 12-14 meses) (Marín e Medina 1981; Barbosa et al. 2003).

Determinação dos traços do esquema LHS e Densidade de Madeira (DM)

Medimos os traços funcionais foliares, de altura de planta e massa de semente seguindo o protocolo de Cornelissen et al. (2003) e Pérez-Harguindeguy et al. (2013). Para a mensuração dos traços foliares, coletamos dez folhas expandidas e sem marcas de qualquer tipo de senescência ou injúria em cada um dos dez indivíduos por espécie utilizados.

Determinamos a espessura foliar (EF), área foliar (AF), massa seca foliar (MSF), e área foliar específica (AFE). A espessura das folhas (mm) foi mensurada com um paquímetro digital (Lotus Plus). As folhas foram digitalizadas em um scanner digital (Epson L355) e a AF (mm^2) medida com o auxílio do software ImageJ 1.x (Schneider et al. 2012). Para a obtenção da MSF, as amostras foram colocadas em estufa (FANEM/320), à 70° C durante 72 horas e em seguida pesadas em uma balança semianalítica (KN300/3). A AFE foi calculada pela razão $\text{AF} (\text{mm}^2)/\text{MSF} (\text{mg})$, expressa em $\text{mm}^2.\text{mg}^{-1}$.

A altura da planta em metros (ALT) foi definida como a distância entre o limite superior dos tecidos fotossintéticos principais da planta e o nível do solo. Medimos a altura de dez indivíduos por espécie, amostrados aleatoriamente, com o auxílio de uma vara graduada. Determinamos a MS das sementes por meio de 150 unidades provenientes de três indivíduos de cada espécie. As sementes foram pesadas após secagem em estufa a 70 °C por 72 h. Após a secagem as sementes dos três indivíduos foram misturadas e 10 sementes por espécie foram tomadas aleatoriamente para pesagem e realização das análises estatísticas.

Para a determinação da densidade da madeira (DM) selecionamos cinco indivíduos por espécie. Deles foi extraída uma seção terminal do ramo de cada indivíduo, com aproximadamente 2 cm de diâmetro e 10 cm de comprimento (Silva et al. 2014). O volume da amostra (cm³) foi medido pelo deslocamento da água em um recipiente graduado seguindo o método de Chave et al. (2006). Para obter a massa seca as amostras foram depositadas em estufa (FANEM/320) a 103 °C até obtenção de peso constante conforme Trugilho et al. (1990). Pela média das cinco seções para cada espécie foi obtida a densidade da madeira: DM= massa/volume (Borchert 1994; Wright et al. 2010; Lima et al. 2012).

Os valores médios de cada característica funcional para cada espécie e informações sobre a funcionalidade dos traços analisados são o apresentados nas Tabela 1 e 2, respectivamente.

Análises estatísticas

Os dados foram transformados (raiz quadrada) para atender aos pressupostos de normalidade e homocedasticidade e reduzir o efeito de *outliers*. Em seguida, fizemos um Cluster utilizando a distância euclidiana com o método de Ward para verificar como as espécies estavam agrupadas. Após os grupos serem formados, realizamos uma PCA com distância euclidiana para detectar quais variáveis foram as mais importantes na distinção entre eles (Gotelli e Ellison 2010; Hammer et al. 2001) e também uma análise de correlação de Pearson (Zar 2010) para verificar as relações entre os traços funcionais das lenhosas da

Caatinga e quão significativas eram essas relações. Para uma melhor visualização dos grupos os dados foram analisados pelo Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (nMDS). Todas as análises foram realizadas por meio do software (PAST 3.2) (Hammer et al. 2001).

Resultados

Encontramos duas correlações significativas a partir da análise dos traços: AFE, ALT, MS e DM. MS exibiu uma forte relação positiva com a AFE (0,859). DM e ALT também apresentaram correlação positiva (0,709). Não houve relações importantes entre as outras características funcionais. Esses resultados podem ser vistos na Tabela 3.

A análise de Cluster com distância Euclidiana pelo método de Ward (Fig. 2), evidenciou a formação de dois grupos: (1) espécies com AFE baixa com alta DM e fenologia foliar sempre verde; (2) espécies com AFE elevada com fenologia foliar decídua. Dentro do segundo grupo foram identificados subconjuntos e essa diferenciação pode ser atribuída às variações de ALT e DM. As diferentes estratégias foram evidenciadas pela análise de componentes principais (PCA) (Fig. 3). No primeiro eixo da PCA o auto vetor correspondente que a AFE, explica 91% da variação dos dados, esse eixo se relaciona positivamente com AFE e MS. No eixo 2 da PCA, 7,7% da variação dos dados pode ser explicada pelo auto vetor ALT. Na ordenação por nMDS (Fig. 4), os mesmos conjuntos foram separados nos eixos multidimensionais sendo o valor do stress em 2D igual a 0,049, valor este considerado como bom estimador dos pontos (Clarke 1993). Tal relação entre posição estimada dos pontos e a posição medida pode ser visualizada pelo Gráfico de Sheppard (Fig. 4).

Discussão

A AFE e MS das lenhosas amostradas se correlacionaram significativamente. De maneira geral as espécies da Caatinga tendem a apresentar sementes pequenas (Barbosa 2003) e isso provavelmente está relacionado à disponibilidade hídrica. Sementes pequenas têm maior

facilidade em obter água para germinação devido à maior razão superfície/volume, além de germinarem mais rapidamente e poderem se dispersar mais facilmente com o vento (Harper et al. 1970; Barbosa 2003). Considerando o tamanho reduzido das sementes das espécies da Caatinga foi possível a separação das espécies sempre verdes (*Cynophalla flexuosa* e *Monteverdia rígida*) em relação as decíduas. As sempre verdes apresentaram frutos menores e sementes com menor massa quando comparadas as decíduas e também apresentaram folhas com AFE significativamente mais baixa (Tabela 1). Pequenos frutos com pequenas sementes e pequenas folhas em plantas adultas são características típicas de plantas com crescimento lento, que ocorrem em habitats estressados e com baixa disponibilidade de nutrientes (Cornellissen et al. 1999).

Em grande parte das espécies decíduas, com AFE elevada, a MS também foi maior. Também encontramos plantas com AFE elevada e um fruto grande, em comparação com os frutos das demais espécies, com um grande número de sementes pequenas (*Pseudobombax marginatum*). Essas características, referentes a uma grande área de absorção e sementes e frutos maiores podem representar plantas que se estabelecem bem em solos rudimentares relativamente nus, com plântulas de crescimento rápido, escapistas (Cornellissen et al. 1999). Uma explicação para o fato de na Caatinga, espécies decíduas serem mais abundantes (Barbosa 2003).

ALT e DM também foram traços funcionais significativamente correlacionados nas espécies analisadas. A altura está relacionada com a fecundidade, duração do período de crescimento entre distúrbios e tolerância ou evite aos estresses. Espécies com diferentes alturas operam em diferentes rendimentos de luz, temperatura, velocidades de vento, umidade e, portanto, com diferentes custos para sustentar a folhagem e elevar água (Givnish 1995). Na Caatinga é certo que as espécies não atingem grandes alturas, trabalhos de cunho fitossociológico revelaram que nessa vegetação a altura média das espécies vegetais varia de 5

a 15 metros (Araújo et al. 1995; Ferraz et al. 1998; Amorim et al. 2006; Sampaio 2010; Pereira Júnior et al. 2012). Provavelmente, o tamanho das plantas lenhosas de ambientes sujeitos a longos períodos de seca é acrescido de forma a não elevar tanto a altura da planta o que poderia propiciar falhas hidráulicas, principalmente naquelas espécies que apresentam baixa DM, mais sujeitas a cavitação (Swenson e Enquist 2007; Chave et al. 2009). Oslon et al (2018) chegaram à conclusão que espécies mais altas tem vasos com maiores diâmetros, significando uma maior tensão no xilema para elevar a coluna de água e, portanto, maior vulnerabilidade hídrica.

Nas espécies amostradas, registramos maiores valores de ALT naquelas que também apresentavam altos valores de DM (Tabela 1) demonstrando uma necessidade de elevação da DM para atingir maiores alturas. Poorter et al. (2008) dizem que plantas que alcançam maiores alturas necessitam investir em caules fortes, de alta densidade, para suportar a planta como um todo, além de resistir aos riscos ambientais, uma vez que, essas plantas apresentam um crescimento mais lento. A densidade da madeira varia dentre outros fatores como idade e resistência a cavitação, em função da altura ou dimensão da planta (Chave et al. 2009). Espécies com madeira mais densa geralmente são mais resistentes a patógenos e danos mecânicos (Turner 2001), e apresentam menor diâmetro do caule (Enquist et al. 1999), para armazenar menos água na madeira (Stratton et al. 2000) e para ser mais resistente à cavitação do xilema (Hacke et al. 2005).

De acordo com Wright et al. (2004), as plantas são posicionadas ao longo de um espectro de economia foliar, que apresentam um eixo único de variação do traço foliar e isso descreve a tendência universal para espécies de ter um rápido ou lento retorno de nutrientes e massa seca investida em folhas. A AFE representa um dos traços funcionais que descrevem o espectro foliar e a importância desse traço em estudos ecológicos têm sido destaque há bastante tempo (Grubb 2002), uma vez que essa característica se relaciona com várias outras

da folha e da planta (Wright et al. 2002). Neste estudo a AFE das espécies da Caatinga se apresentou como sendo um importante preditor da estratégia de plantas. No Cerrado, savana brasileira, este também foi o traço determinante para reconhecer de distintas estratégias de plantas lenhosas (Abe et al., 2018). No entanto, diferentemente do que foi observado por esses autores, na Caatinga observamos que há diferenças entre espécies decíduas e sempre verdes em relação à AFE.

O comportamento fenológico das espécies em vegetações sazonalmente secas, está diretamente associado ao tipo de estratégia em resposta a forma de utilização da água (Souza et al. 2015). Em estudos realizados em regiões semiáridas (Ackerly 2004; Franco et al. 2005; Fu et al. 2012; Sousa et al. 2015) os resultados são consistentes com os encontrados nesse estudo, onde espécies decíduas apresentaram AFE mais elevada do que em espécies sempre verdes. Isso identifica duas estratégias ecológicas, onde as espécies sempre verdes tolerantes à seca são mais conservativas no uso da água e exibem maior sensibilidade estomática aos efeitos da seca do que espécies decíduas que evitam à seca (Mediavilla e Escudero 2003).

Plantas com baixa AFE tendem a conservar o recurso nas folhas e geralmente, apresentam folhas com características mais escleromorfas e longevas (Marin e Medina 1981; Wright et al. 2001; Wright et al. 2002; Ishida et al. 2008). A longevidade foliar é um traço funcional que indica divergências no ganho de carbono e taxa de crescimento entre os grupos de espécies decíduas e sempre verdes (Kikuzawa 1991; Williams-Linera 2000; Ishida et al. 2010). De maneira geral esse traço se associa positivamente com a massa foliar e negativamente com a capacidade fotossintética e o conteúdo foliar de nitrogênio e fósforo (Reich et al. 1992; Williams-Linera 2000; Cordell et al. 2001; Wright et al. 2004). Assim, as decíduas de AFE elevada e, possivelmente, com menor longevidade apresentam menor massa foliar específica e maior taxa fotossintética por unidade de massa se comparadas com espécies sempre verdes que, com baixa AFE e expectativa de longevidade maior, apresentam elevada

massa foliar, pois investem grande parte do carbono assimilado na construção das folhas (Wilson et al. 1999). Esse alto investimento em estrutura foliar deve reduzir a capacidade fotossintética devido as sempre verdes aumentarem a resistência à difusão do CO₂ (Ishida et al. 2008).

Os resultados desse trabalho confirmam a hipótese levantada que as relações de dependência entre a altura, a estrutura e a fisiologia foliar, a massa de sementes e densidade da madeira, podem compor síndromes ou dimensões principais das estratégias ecológicas na vegetação lenhosa do semiárido brasileiro. Encontramos duas correlações importantes, que indicam diferentes competências para obtenção de sucesso no ambiente. Mesmo que a AFE, por si só, seja um excelente preditor de estratégias de plantas na Caatinga, não podemos desconsiderar a importância dos outros traços analisados e a formação das síndromes para definição dos agrupamentos observados. Quando analisados em conjunto, os traços mensurados, que representam os eixos do esquema de estratégia ecológica LHS e DM, definiram síndromes diferentes que separaram as espécies em grupos relacionados com a fenologia foliar das mesmas (decíduas e sempre verde). Também foram observadas diferentes variações e dependências dentro do grupo de espécies decíduas, exibindo subgrupos de plantas com diferentes estratégias para obtenção de sucesso no ambiente dentro de um mesmo grupo fenológico. As análises estatísticas mostraram que a correlação entre espécies lenhosas da Caatinga, em alguns aspectos, se relaciona com as dimensões ecológicas de plantas lenhosas de outras vegetações, principalmente de zonas áridas e habitats estressados.

Contribuição dos autores

M. K. G. Rufino: Concepção e desenho da pesquisa, obtenção, análise e interpretação dos dados, análises estatísticas e redação do manuscrito.

C. H. B. A. Prado e D. M. B. M. Trovão: Concepção e desenho da pesquisa, supervisão e revisão crítica do manuscrito.

Agradecimentos

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba (FAPESQ), pela concessão da bolsa de estudos a mestranda Mayara Kícia G. Rufino. Aos colegas Aryadne Vilar, Gilbevan A. Ramos, Marcelo C. Patrício e Marta Cardoso, pela ajuda nos trabalhos de campo.

Referências

- Abe N, Miatto RC, Batalha MA (2018) Relationships among functional traits define primary strategies in woody species of the Brazilian “cerrado”. *Brazilian Journal of Botany* 41: 351-360
- Agência executiva de gestão das águas do estado da paraíba (2017). <http://www.aesa.pb.gov.br/>. acessado em 3 de maio de 2017
- Ackerly DD (2004) Estratégias funcionais de arbustos chaparrais em relação ao déficit hídrico sazonal e perturbação. *Monografias ecológicas* 74: 25-44
- Amorim IL, Sampaio EVSB, Araújo EL (2005) Flora e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea de uma área de caatinga do Seridó, RN, Brasil. *Acta Botânica Brasilica* 19: 615-623
- Araújo EL, Sampaio EVSB, Rodal MJN (1995) Composição florística e fitossociológica de três áreas de caatinga de Pernambuco. *Revista Brasileira de Biologia* 55: 595-607
- Barbosa DCA, Barbosa, MCA, Lima LCM (2003) Estratégias de germinação e crescimento de espécies lenhosas da caatinga com germinação rápida. In: Leal IR, Tabarelli M, Silva JMC (eds) *Ecologia e conservação da Caatinga*. Editora Universitária UFPE, Recife, pp 657-693
- Barbosa DCA (2003) Fenologia de espécies lenhosas da caatinga. In: Leal IR, Tabarelli M, Silva JMC (eds) *Ecologia e conservação da Caatinga*. Editora Universitária UFPE, Recife, pp 625-656
- Bioclim (2017) Bioclimatic variables. <http://geospatialdatawiki.wikidot.com/bioclim-datasets>. Acessado em 10 de maio 2017
- Borchert, R (1994) Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forest trees. *Ecology* 75: 1437-1449

- Borges MP, Prado CHBA (2014) Relationships between leaf deciduousness and flowering traits of woody species in the Brazilian neotropical savanna. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 209: 73-80
- Bucci SJ, Goldstein G, Meinzer FC, Scholz FG, Franco AC, Bustamante M (2004) Functional convergence in hydraulic architecture and water relations of tropical savanna trees: from leaf to whole plant. *Tree physiology* 24: 891-899
- Chave J, Muller-Landau HC, Baker TR et al (2006). Variação regional e filogenética da densidade de madeira em 2456 espécies arbóreas neotropicais. *Aplicações ecológicas* 16: 2356-2367
- Chave J, Coomes D, Jansen S et al (2009) Towards a worldwide wood economics spectrum. *Ecology letters* 12: 351-366
- Chazdon RL (2014) *Second growth: the promise of tropical forest regeneration in an age of deforestation*. University of Chicago Press, Chicago
- Clarke KR (1993) Análises multivariadas não paramétricas de mudanças na estrutura da comunidade. *Revista australiana de ecologia* 18: 117-143
- Cordell S, Goldstein G, Meinzer FC, Vitousek PM (2001) Regulation of leaf life-span and nutrient use efficiency of *Metrosideros polymorpha* trees at two extremes of a long chronosequence in Hawaii. *Oecologia* 127: 198-206
- Cornelissen JHC (1999) A triangular relationship between leaf size and seed size among woody species: allometry, ontogeny, ecology and taxonomy. *Oecologia* 118: 248–255
- Cornelissen JHC, Lavorel S, Garnier E et al (2003) A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian journal of Botany* 51: 335-380
- Díaz S, Cabido M (2001) Vive la difference: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in ecology & evolution* 16: 646-655
- Díaz S, Hodgson JG, Thompson K et al (2004) The plant traits that drive ecosystems: evidence from three continents. *Journal of vegetation science*. 15:295-304
- Enquist BJ, West GB, Charnov EL, Brown JH (1999) Allometric scaling of production and life history variation in vascular plants. *Nature* 401: 907–911
- Ferraz EMN, Rodal MJN, Sampaio EV, Pereira RDCA (1998) Composição florística em trechos de vegetação de caatinga e brejo de altitude na região do Vale do Pajeú, Pernambuco. *Brazilian Journal of Botany* 21: 7-15
- Fine PVA et al (2006) The growth–defense trade-off and habitat specialization by plants in Amazonian forests. *Ecology* 87:150-S162
- Franco AC, Bustamante M, Caldas LS et al (2005) Leaf functional traits of Neotropical savanna trees in relation to seasonal water deficit. *Trees* 19: 326-335

- Fu, P.L.; Jiang, Y.J.; Wang, A.Y et al (2012) Stem hydraulic traits and leaf water-stress tolerance are co-ordinated with the leaf phenology of angiosperm trees in an Asian tropical dry karst forest. *Annals of Botany* 110: 189-199.
- Givnish TJ (1995) Plant stems: biomechanical adaptation for energy capture and influence on species distributions. In: Gartner BL (ed) *Plant stems: physiology and functional morphology*, Elsevier/Academic Press, San Diego, pp 3-49
- Gotelli NJE, Ellison AM (2010) *Princípios de estatística em ecologia*: Artmed editora, Porto Alegre
- Grubb PJ (2002) Leaf form and function – towards a radical new approach. *New Phytologist* 155: 317-320
- Hacke UG, Sperry JS, P (2005) Efficiency versus safety tradeoffs for water conduction in angiosperm vessels versus gymnosperm tracheids. In: Holbrook NM, Zwieniecki MA (eds) *Vascular transport in plants*, Elsevier/Academic Press, Oxford, pp 333–353
- Hammer Ø, DAT, Ryan PD (2001) Paleontological statistics software: package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*
- Harper JL, Lovell PH, Moore KG (1970). The shapes and sizes of seeds. *Annual review of ecology and systematics* 1: 327-356
- Ishida A, Nakano T, Yazaki K, Matsuki S et al (2008) Coordination between leaf and stem traits related to leaf carbon gain and hydraulics across 32 drought-tolerant angiosperms. *Oecologia* 156: 193-202
- Ishida A, Harayama H, Yazaki K et al (2010) Seasonal variations of gas exchange and water relations in deciduous and evergreen trees in monsoonal dry forests of Thailand. *Tree Physiology* 30: 935-945
- Kikuzawa K (1991) A cost-benefit analysis of leaf habit and leaf longevity of trees and their geographical pattern. *The American Naturalist* 138: 1250-1263
- Kooyman, R, C Will, Westoby M (2010) Plant functional traits in Australian subtropical rain forest: partitioning within-community from cross-landscape variation. *Journal of Ecology* 98: 517-525
- Kraft, NJB, Ackerly DD (2010) Functional trait and phylogenetic tests of community assembly across spatial scales in an Amazonian forest. *Ecological Monographs* 80: 401-422
- Kramer, PJ, Boyer JS (1995) *Water relations of plants and soils*. Academic press, New York
- Lima ALA., Rodal MJN (2010) Phenology and wood density of plants growing in the semi-arid region of northeastern Brazil. *Journal of Arid Environments* 74: 1363-1373

- Lima ALA, Sampaio EVDSB, Castro CC et al (2012) Do the phenology and functional stem attributes of woody species allow for the identification of functional groups in the semiarid region of Brazil? *Trees* 26: 1605-1616.
- Marin D, Medina E (1981) Duracion foliar, contenido de nutrientes y esclerofilia en arboles de un bosque muy seco tropical. *Acta cientifica venezolana* 32:508-514
- Markesteyn L, Poorter L (2009) Seedling root morphology and biomass allocation of 62 tropical tree species in relation to drought-and shade-tolerance. *Journal of Ecology* 97: 311-325
- Mediavilla S, Escudero A (2003) Stomatal responses to drought at a Mediterranean site: a comparative study of co-occurring woody species differing in leaf longevity. *Tree Physiology* 23: 987-996
- Olson, ME, Soriano D, Rosell, JA et al (2018). Plant height and hydraulic vulnerability to drought and cold. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115: 7551-7556
- Peel MC, Finlayson BL, McMahon TA (2007) Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and earth system sciences discussions* 4: 439-473
- Peirez-Harguindeguy N et al (2013) New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Aust. J. Bot* 61: 167-234
- Pereira Júnior LR, Andrade AP, Araújo KD (2012) Composição florística e fitosociológica de um fragmento de caatinga em Monte-ro, PB. *Holos* 6: 73-87
- Poorter L, Wright SJ, Paz H et al (2008) Are functional traits good predictors of demographic rates? Evidence from five neotropical forests. *Ecology* 89: 1908-1920
- Reich PB, Walters MB, Ellsworth DS (1992) Leaf lifespan in relation to leaf, plant and stand characteristics among diverse ecosystems. *Ecological Monographs* 62: 365- 392
- Reich PB, Wright IJ, Cavender-Bares J et al (2003) The evolution of plant functional variation: traits, spectra, and strategies. *International Journal of Plant Sciences* 164: S143-S164
- Rodal, MJN, Sampaio EVSB, Figueiredo MA (2013) Manual sobre métodos de estudo florístico e fitossociológico – ecossistema caatinga. Sociedade de Botânica, Brasília
- Rosado BH, Dias AT, Mattos, EA(2013). Going back to basics: importance of ecophysiology when choosing functional traits for studying communities and ecosystems. *Natureza e Conservação* 11: 15-22
- Sampaio EVSB (2010) Caracterização do bioma caatinga. In: Gariglio, MA, Sampaio EVSB, Cestaro LA Kageyama, PY (Eds) *Uso sustentável e Conservação dos recursos florestais da caatinga*. Serviço Florestal Brasileiro, Brasília, pp 27-48
- Santos HG, Jacomine PKT, Dos Anjos LHC et al (2013) Sistema brasileiro de classificação de solos. Embrapa, Brasília

- Schneider, CA; Rasband, WS & Eliceiri, KW (2012), " NIH Imagem para ImageJ: 25 anos de análise de imagem ". *Nature methods* 9: 671-675
- Silva EC, Nogueira RJMC, Azevedo Neto AD et al (2004). Aspectos ecofisiológicos de dez espécies em uma área de caatinga no município de Cabaceiras, Paraíba, Brasil. *Iheringia Série Botânica* 59: 201-206
- Silva AML, de Faria Lopes S, Vitorio LAP et al (2014) Plant functional groups of species in semiarid ecosystems in Brazil: wood basic density and SLA as an ecological indicator. *Brazilian Journal of Botany* 37: 229-237
- Souza BC, Oliveira RS, Araújo FS et al (2015) Divergências funcionais e estratégias de resistência à seca entre espécies decíduas e sempre verdes tropicais. *Rodriguésia-Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro* 66: 021-032
- Stratton L, Goldstein G, Meinzer FC (2000) Stem water storage capacity and efficiency of water transport: their functional significance in a Hawaiian dry forest. *Plant, Cell and Environment*, 23: 99-106
- Swenson, NG, Enquist BJ (2007) Ecological and evolutionary determinants of a key plant functional trait: wood density and its community-wide variation across latitude and elevation. *American Journal of Botany* 94: 451-459
- Trovão DMBM, Fernandes PD, Andrade LA, Neto JD (2007) Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental* 11: 307-311
- Trugilho PF, Silva DAD, Frazão FJL, Matos JLMD (1990) Comparação de métodos de determinação da densidade básica em madeira. *Acta amazônica* 20: 307-319
- Turner IM (2001) *The ecology of trees in the tropical rain forest*. Cambridge University, Cambridge
- Violle C, Navas ML, Vile D et al (2007) Let the concept of trait be functional!. *Oikos* 116: 882-892
- Weiher E, van der Werf A, Thompson K et al (1999) Challenging Theophrastus: a common core list of plant traits for functional ecology. *Journal of vegetation science* 10: 609-620
- Westoby M (1998) A leaf-height-seed (LHS) plant ecology strategy scheme. *Plant and soil* 199: 213-227
- Westoby M, Falster DS, Moles AT et al (2002) Plant ecological strategies: some leading dimensions of variation between species. *Annual review of ecology and systematics* 33: 125-159
- Wilson PJ, Thompson K, Hodgson JG (1999) Specific leaf area and leaf dry matter content as alternative predictors of plant strategies. *New Phytol* 143:155–162

- Williams-Linera G (2000) Demografia foliar e características foliares de árvores temperadas decíduas e tropicais evergreen-broadleaved em uma floresta de nuvens montanas mexicanas. *Plant Ecology* 149: 233-244
- Wright IJ, Reich PB, Westoby M (2001) Strategy shifts in leaf physiology, structure and nutrient content between species of high-and low-rainfall and high-and low-nutrient habitats. *Functional Ecology* 15: 423-434
- Wright IJ, Westoby M, Reich PB (2002) Convergence towards higher leaf mass per area in dry and nutrient-poor habitats has different consequences for leaf life span. *Journal of Ecology* 90: 534-543
- Wright IJ, Westoby M (2002) Leaves at low versus high rainfall: coordination of structure, lifespan and physiology. *New Phytologist* 155: 403-416
- Wright IJ, Reich PB, Westoby M et al (2004) The worldwide leaf economics spectrum. *Nature* 428:821–827
- Wright IJ, Ackerly DD., Bongers F et al (2007) Relationships among ecologically important dimensions of plant trait variation in seven Neotropical forests. *Annals of Botany* 99: 1003-1015
- Wright SJ, Kitajima K, Kraft NJ et al (2010) Functional traits and the growth–mortality trade-off in tropical trees.. *Ecology* 91: 3664-3674
- Zar JH (2010) *Biostatistical analysis*. Pearson Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey

Lista de Tabelas

Tabela 1 Lista das espécies amostradas nas áreas de estudo, incluindo a fenologia foliar e os valores médios de todos os traços funcionais mensurados.

ESPÉCIE	FENOLOGIA	AF (cm ²)	AFE (mm ² .mg ⁻¹)	EF (mm ²)	ALT (m)	DM (g.cm ⁻³)	MS (g)
<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart. & Zucc	DE	38,3	24,3	0,3	5,4	0,6	0,12
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B.Gillett	DE	41,2	16,8	0,2	4,7	0,3	0,10
<i>Cynophalla flexuosa</i> (L.) J.Presl	SV	29,2	6,8	0,6	6,1	0,6	0,15
<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.	DE	244,8	20,9	0,3	3,2	0,3	0,22
<i>Monteverdia rigida</i> (Mart.) Biral	SV	7,1	4,7	0,5	7,1	0,8	0,03
<i>Cenostigma pyramidale</i> (Tul.) Gagnon & GPLewis	DE	100,9	17,9	0,2	4,8	0,7	0,13
<i>Pseudobombax marginatum</i> (A.St.-Hil.) A. Robyns	DE	435,9	13,5	0,4	5,4	0,5	0,04
<i>Zizyphus joazeiro</i> Mart.	DE	40,6	27,8	0,1	6,1	0,7	0,45

FEN. = fenologia foliar, AF = área foliar, AFE = área foliar específica, EF = espessura foliar, ALT = altura máxima da planta DM = densidade de madeira, MS = massa de sementes.

Tabela 2 valor funcional dos traços mensurados nesse estudo, incluindo unidade e referência.

TRAÇOS (unidade)	FUNÇÃO	REFERÊNCIA
Altura (m)	Força competitiva e tolerância ao estresse.	Pérez-Harguindeguy et al., 2013
Área foliar (mm ²)	Energia e absorção de água.	Pérez-Harguindeguy et al., 2013
Área foliar específica (mm ² .mg ⁻¹)	Taxa fotossintética e longevidade foliar	Pérez-Harguindeguy et al., 2013
Densidade da madeira (g.cm ⁻³)	Força mecânica, condução hidráulica e crescimento da planta.	Wright et al., 2010
Espessura foliar (mm)	Força física foliar, longevidade foliar e taxa fotossintética por unidade de área foliar.	Pérez-Harguindeguy et al., 2013
Massa de sementes mg)	Esforço reprodutivo e probabilidade da espécie dispersar com sucesso	Westoby 1998

Tabela 3 Correlações entre os traços funcionais do esquema LHS: AFE (área foliar específica), ALT (altura), MS (massa de sementes), e DM (densidade da madeira) das espécies lenhosas amostradas nas áreas de estudo.

	AFE	ALT	MS	DM
AFE				
ALM	0.20589			
MS	0.85883*	0.07953		
DM	0.45686	0.70925*	0.28873	

. *Correlação de Pearson significativa no nível de significância de 5%.

Lista de Figuras

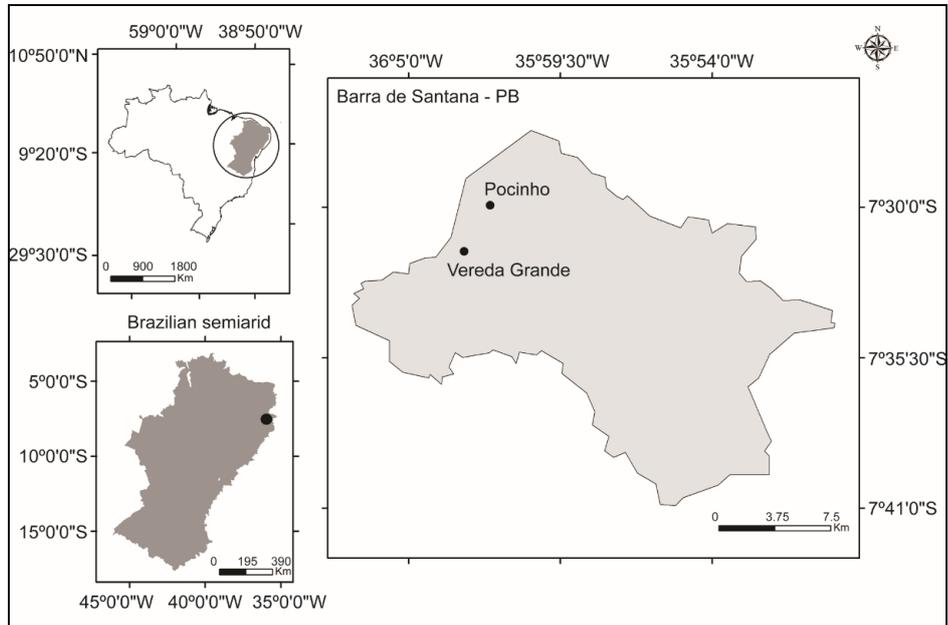


Fig. 1 Mapa esquemático da área de estudo com destaque para os pontos de coleta de ados inseridos no Semiárido Brasileiro, Fazenda Vereda Grande e Fazenda Pocinho, Barra de Santana, Paraíba, Brasil Dados obtidos no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, www.ibge.gov.br) elaborado por: F.K.G.Silva

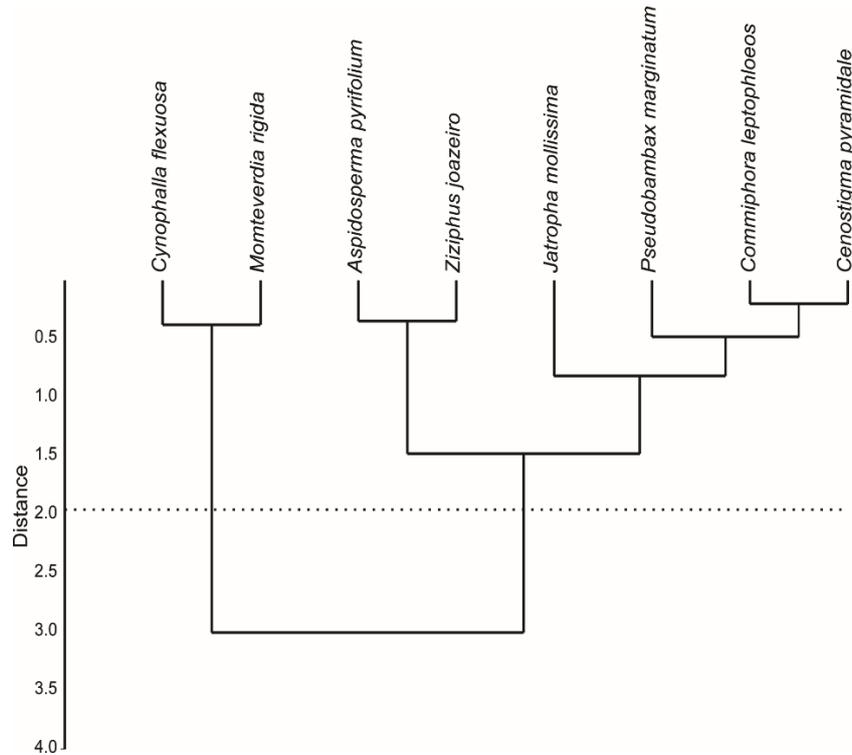


Fig. 2 Análise de cluster (em dendograma) com distância euclidiana e agrupamento de Ward. O ponto de corte conforme a linha pontilhada foi em 2

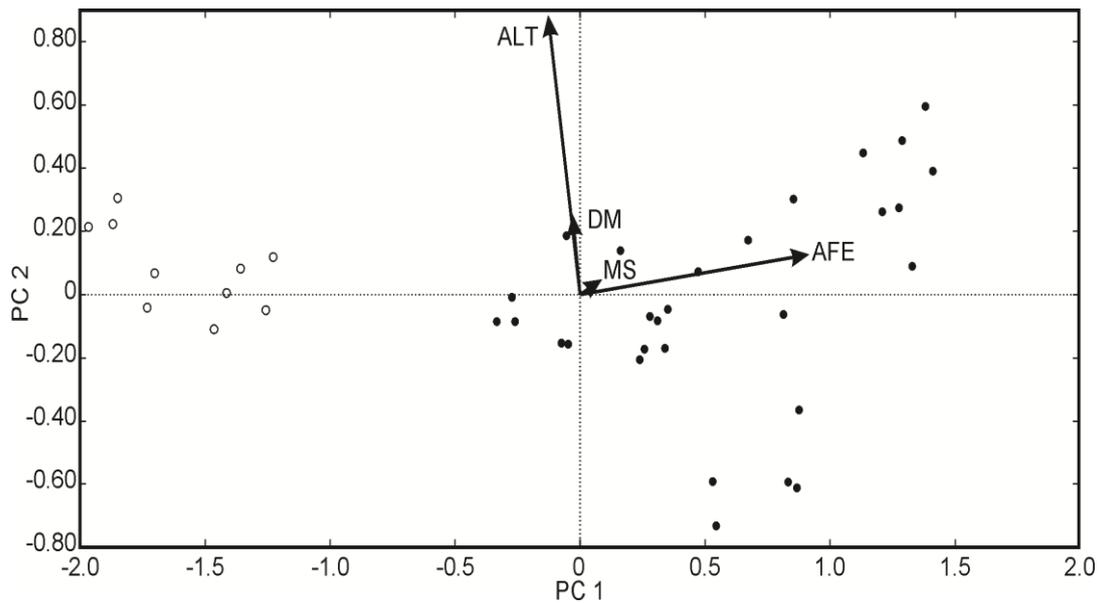


Fig. 3 Distribuição das espécies lenhosas de Caatinga amostradas nesse estudo em função das características: área foliar específica (AFE), densidade de madeira (DM), altura máxima de plantas (ALT) e massa de sementes (MS) a partir de análise de componentes principais (PCA). 91% da variação dos dados foi explicada pelo primeiro eixo (PC1) e aproximadamente 7,7% pelo segundo eixo (PC2). Os círculos pretos representam espécies decíduas e os brancos as sempre verdes. Os círculos pretos e brancos também indicam as duas estratégias ecológicas identificadas

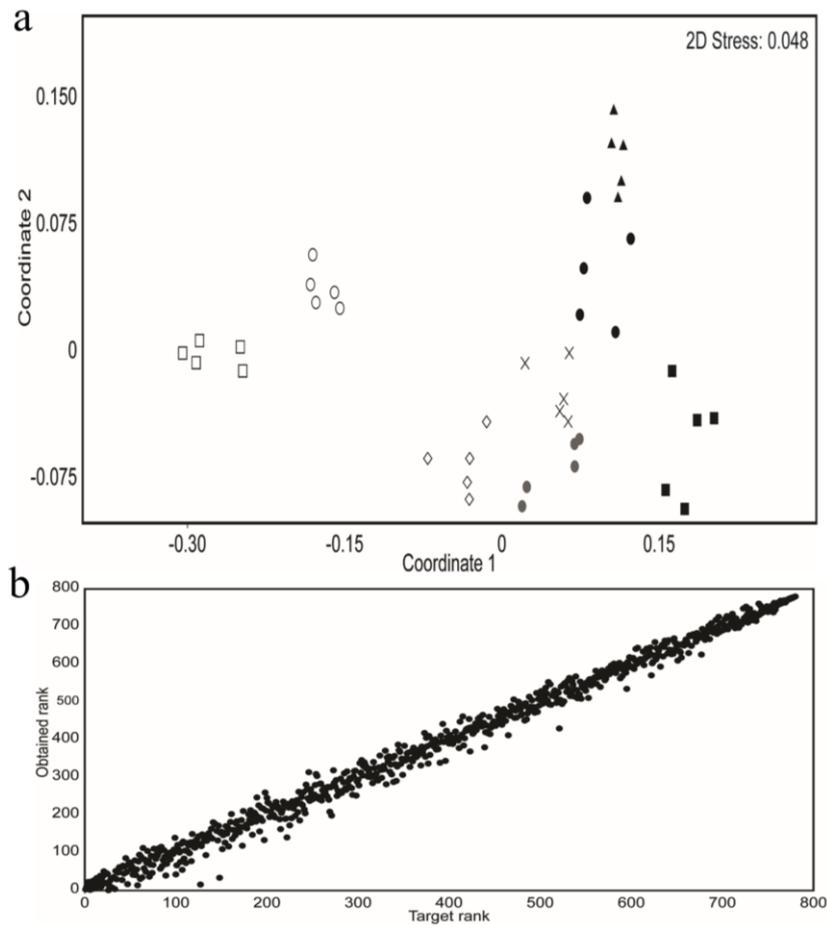


Fig. 4 Escalonamento multidimensional não-métrico (nMDS) das espécies lenhosas de Caatinga amostradas nesse estudo a partir do coeficiente de similaridade de Bray-curtis. **a** Conjuntos separados nos eixos multidimensionais sendo o valor do stress em 2D igual a 0,048, valor este considerado como bom estimador dos pontos, uma vez que é menor que 0,2. Valores superiores a 0,2 indicam que há uma grande interferência de fatores aleatórios no gráfico, sendo a disposição dos pontos arbitrária (Clarke 1993). ● = *Aspidosperma pyrifolium*, ● = *Commiphora leptophloeos*, ○ = *Cynophalla flexuosa*, ■ = *Jatropha molíssima*, □ = *Monteverdia rígida*, x = *Cenostigma pyramidale*, ◇ = *Pseudobobax marginatum*, ▲ = *Ziphus joazeiro*. **b** Gráfico de Shepard com os eixos de posição dos pontos. Posição esperada versus obtida.

ANEXOS

Brazilian Journal of Botany – Instructions for authors

This journal is a member of, and subscribes to the principles of COPE.

For more info: www.publicationethics.org

Last update: January 2019

Table of Contents

1. Article Types	2
2. Submission Fee	2
3. Manuscript Submission	2
4. Permissions	2
5. Online Submission	2
6. Title Page	3
7. Abstract	3
8. Keywords	3
9. Text Formatting	3
10. Headings	3
11. Abbreviations	3
12. Scientific Style	4
13. Citations	4
14. Author Contribution Statement	4
15. Acknowledgments	4
16. Reference List	4
17. Tables	6
18. Artwork and Illustrations Guidelines	6
19. Accessibility	9
20. Electronic Supplementary Material	9
21. Accessibility	11
22. After acceptance	11
23. Copyright transfer	11
24. Proof reading	11
25. Online First	11
26. Open Choice	11
27. Research data policy	12
28. Ethical responsibilities of authors	13
29. English language support	14

1. Article Types

The *Brazilian Journal of Botany* considers for publications original articles, short communications, and reviews.

Original articles should not exceed 30 doubled-spaced pages, including tables, figures, and references. Longer articles might be considered, provided they are concise and its length is needed to properly convey its results. The sections of original articles should be:

- Abstract
- Introduction
- Material and methods
- Results
- Discussion
- Authors' contributions
- Acknowledgements
- References

Short Communications are handled rather flexible. The average article in this category has 4-6 printed pages (including references) and the "Results" and "Discussion" section are usually combined.

Reviews should be submitted by invitation only.

2. Submission Fee

The submission fee is not applicable to members of São Paulo Botany Society. For non-members, a non-refundable fee is required for each manuscript submitted to the journal, as follows:

- BRL 75 for Brazilian authors
- USD 25 for foreign authors

To proceed with payment: <http://botanicasp.org/en/journal-submission>

3. Manuscript Submission

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

4. Permissions

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

5. Online Submission

Manuscripts should be submitted through the online submission system at <https://www.editorialmanager.com/BRJB>.

6. Title Page

The title page should include the following items (please do not include any text other than the ones described below):

- The name(s) of the author(s)
- A concise and informative title (in bold)
- The affiliation(s) and address(es) of the author(s)
- The e-mail address, and telephone number(s) of the corresponding author
- We highly encourage authors to provide the 16-digit ORCID number (www.orcid.org)

7. Abstract

Please provide an abstract of 150 to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

8. Keywords

Please provide 4 to 6 keywords for indexing purposes. These key-words should appear in alphabetic order. Please do not include words already used in the article title.

9. Text Formatting

Manuscripts should be submitted in Word

- Use a normal, plain font (e.g., 12-point Times Roman) and double line for text.
- Use the automatic page numbering function to number the pages (do not use line numbering function).
- Do not use field functions.
- Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.
- Use the table function, not spreadsheets, to make tables.
- Use the equation editor or MathType for equations.
- Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions).
- Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX ([LaTeX macro package \(zip, 182 kB\)](#))
- The use of footnotes is highly discouraged.
- Apply italic fonts only for scientific names, descriptions or diagnosis of new taxa, the names and numbers of collectors, and for genetic or statistical symbols.
- Numbers up to nine should be written in full, except if followed by units, or if indicating tables or figures (Examples: 21 L, 20.32 mg, Table 1);
- Separate units from values by placing a space (except for percentages, or geographical degrees, minutes and seconds). Use abbreviations whenever possible.

10. Headings

Headings should be numbered following the decimal system, a maximum of three levels is allowed (e.g. 1.1; 1.2; 1.2.1)

11. Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

12. Scientific Style

- Please always use internationally accepted signs and symbols for units (SI units).
- Genus and species names should be in italics.
- Taxonomic authorities should be cited for all taxon names at the species level rank and below at their first usage in the text.
- Please use the standard mathematical notation for formulae, symbols etc.
- For compound units, use exponentiation; do not slash. Example: mg day^{-1} instead of mg/day, $\mu\text{mol min}^{-1}$ instead of $\mu\text{mol}/\text{min}$)
- Use Italic for single letters that denote mathematical constants, variables, and unknown quantities
- Use roman/upright for numerals, operators, and punctuation, and commonly defined functions or abbreviations, e.g., cos, det, e or exp, lim, log, max, min, sin, tan, d (for derivative)
- Use bold for vectors, tensors, and matrices.
 - Manuscripts submitted to the journal are expected to adhere to internationally accepted nomenclature for receptors (www.guidetopharmacology.org) and enzymes ([International Union of Biochemistry and Molecular Biology](http://www.iubmb.org))

13. Citations

References within the main text should appear in parenthesis as in the examples below. For multiple citations, use ascending chronological order:

- Negotiation research spans many disciplines (Thompson 1990).
- This result was later contradicted by Becker and Seligman (1996).
- This effect has been widely studied (Abbott 1991; Barakat et al. 1995a, b; Kelso and Smith 1998; Medvec et al. 1999, 2000).

14. Author Contribution Statement

Authors must provide a short description of the contributions made by each listed author (please use initials). This will be published in a separate section before the Acknowledgments.

15. Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section before the reference list. The names of funding organizations should be written in full.

16. Reference List

For authors using EndNote, Springer provides an output style that supports the formatting of in-text citations and reference list: [EndNote style \(zip, 2 kB\)](#)

The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text. Do not use footnotes or endnotes as a substitute for a reference list. Entries should be alphabetized by the last names of the first author of each work. Order multi-author publications of the same first author alphabetically with respect to second, third, etc. author. Publications of exactly the same author(s) must be ordered chronologically.

Always use the standard abbreviation of a journal's name according to the ISSN List of Title Word Abbreviations, see ISSN LTWA. If you are unsure, please use the full journal title.

- **Journal Article**

Gamelin FX, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, Bosquet L (2009) Effect of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. *Eur J Appl Physiol* 105:731-738. doi: 10.1007/s00421-008-0955-8

Ideally, the names of all authors should be provided, but the usage of "et al" in long author lists will also be accepted:

Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al (1999) Future of health insurance. *N Engl J Med* 341:325-329

- **Article by DOI**

Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. *J Mol Med*. doi:10.1007/s001090000086

- **Book**

South J, Blass B (2001) *The future of modern genomics*. Blackwell, London

- **Book chapter**

Brown B, Aaron M (2001) The politics of nature. In: Smith J (ed) *The rise of modern genomics*, 3rd edn. Wiley, New York, pp 230-257

- **Online document**

Cartwright J (2007) Big stars have weather too. IOP Publishing PhysicsWeb. <http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1>. Accessed 26 June 2007

- **Dissertation**

Trent JW (1975) *Experimental acute renal failure*. Dissertation, University of California, Berkeley.

- **Personal communications and unpublished works** should only be mentioned in the text

Example: (SE Sanchez, unpublished data).

- **Events**

Döbereiner J. 1998. Função da fixação de nitrogênio em plantas não leguminosas e sua importância no ecossistema brasileiro. In: *Anais do IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros* (S Watanabe, coord.). Aciesp, São Paulo, v.3, pp.1-6

- **In taxonomic papers**, cite botanical material in detail in the following sequence: place and date of collection, collector's name and number, and herbarium abbreviation, according to

the samples below (except for historical collections in which location data is vague lacking):

BRAZIL. Mato Grosso: Xavantina, s.d., HS Irwin s.n. (HB3689). São Paulo: Amparo, 23-XII-1942, JR Kuhlmann & ER Menezes 290 (SP); Matão, BR 156, 8-VI-1961, G Eiten et al. 2215 (SP, US).

BRAZIL. São Paulo: São Paulo, Jardim Botânico, Lago das Ninféias, 23°38'20.5"S, 43°37'18"W, 23-XII-1942, FC Hoehne s.n. (SP)

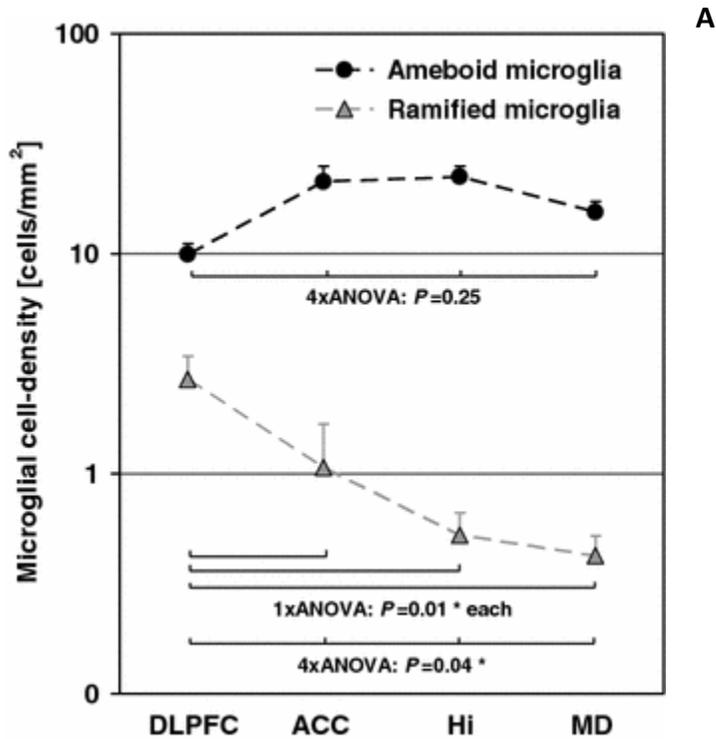
17. Tables

- Tables should be submitted separately from the text.
- All tables are to be numbered using Arabic numerals.
- Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.
- For each table, supply a table caption (title) explaining the components of the table.
- Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.
- Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.
- Avoid abbreviations (except for units).
- Do not insert vertical lines.
- Use horizontal lines only to stress the header and close the table.

18. Artwork and Illustrations Guidelines

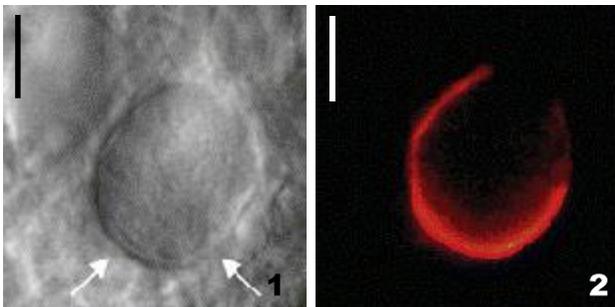
- Supply all figures electronically, saved as eps, tif, or similar format.
- Indicate what graphics program was used to create the artwork.
- For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MSOffice files are also acceptable.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.
- Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.
- Do not submit the figures saved as doc, ppt, pptx, bitmap format.
- Do not use letters that are used for internal legends of each image.
- Use bar scales to indicate size placed in the lower or upper left corner.

18.1. Line Art



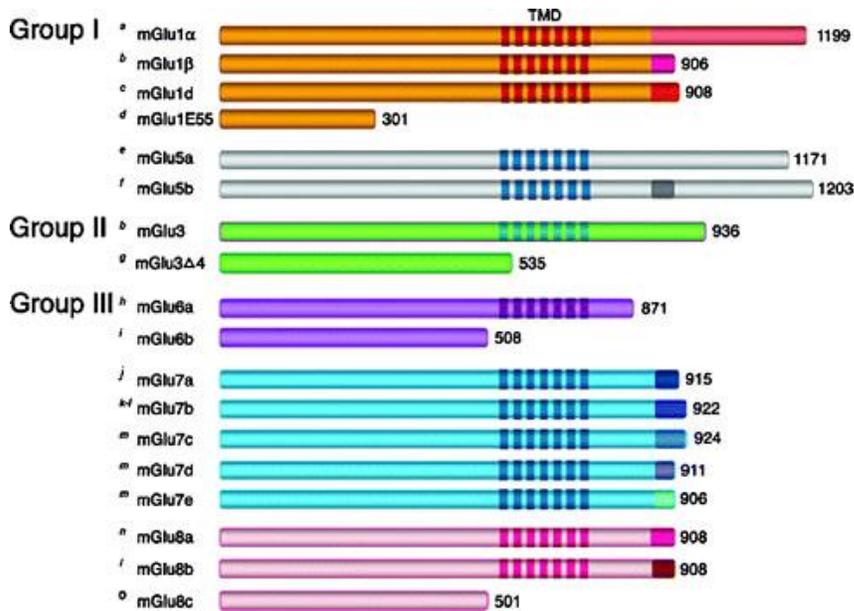
- Definition: black and white graphic with no shading.
- Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the figures are legible at final size.
- All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide.
- Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum resolution of 1200 dpi.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

18.2. Halftone Art



- Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading, etc.
- If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars within the figures themselves.
- Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.

18.3. Combination Art



- Definition: a combination of halftone and line art, e.g., halftones containing line drawing, extensive lettering, color diagrams, etc.
- Combination artwork should have a minimum resolution of 600 dpi.

18.4. Color Art

- Color art is free of charge for online publication.
- If black and white will be shown in the print version, make sure that the main information will still be visible.
- Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel).
- Do not include titles or captions within your illustrations.

18.5. Figure Numbering

- All figures are to be numbered using Arabic numerals.
- Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.
- Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).
- If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures, "A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices (Electronic Supplementary Material) should, however, be numbered separately.

18.6. Figure Lettering

- To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).
- Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).
- Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label.
- Avoid effects such as shading, outline letters, etc.

18.7. Figure Captions

- Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file.
- Figure captions begin with the term Fig. in bold type, followed by the figure number, also in bold type.
- No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption.
- Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.
- Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

18.8. Figure Placement and Size

- Figures should be submitted separately from the text
- When preparing your figures, size figures to fit in the column width.
- For most journals the figures should be 39 mm, 84 mm, 129 mm, or 174 mm wide and not higher than 234 mm.
- For books and book-sized journals, the figures should be 80 mm or 122 mm wide and not higher than 198 mm.

19. Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your figures, please make sure that

- All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech software or a text-to-Braille hardware)
- Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying information (colorblind users would then be able to distinguish the visual elements)
- Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1

20. Electronic Supplementary Material

Springer accepts electronic multimedia files (animations, movies, audio, etc.) and other supplementary files to be published online along with an article or a book chapter. This feature can add dimension to the author's article, as certain information cannot be printed or is more convenient in electronic form.

Before submitting research datasets as electronic supplementary material, authors should read the journal's Research data policy. We encourage research data to be archived in data repositories wherever possible.

20.1. Submission

- Supply all supplementary material in standard file formats.
- Please include in each file the following information: article title, journal name, author names; affiliation and e-mail address of the corresponding author.
- To accommodate user downloads, please keep in mind that larger-sized files may require very long download times and that some users may experience other problems during downloading.

20.2. Audio, Video, and Animations

- Aspect ratio: 16:9 or 4:3
- Maximum file size: 25 GB
- Minimum video duration: 1 sec
- Supported file formats: avi, wmv, mp4, mov, m2p, mp2, mpg, mpeg, flv, mxv, mts, m4v, 3gp

20.3. Text and Presentations

- Submit your material in PDF format; .doc or .ppt files are not suitable for long-term viability.
- A collection of figures may also be combined in a PDF file.

20.4. Spreadsheets

- Spreadsheets should be converted to PDF if no interaction with the data is intended.
- If the readers should be encouraged to make their own calculations, spreadsheets should be submitted as .xls files (MS Excel).

20.5. Specialized Formats

- Specialized format such as .pdb (chemical), .vrl (VRML), .nb (Mathematica notebook), and .tex can also be supplied.

20.6. Collecting Multiple Files

- It is possible to collect multiple files in a .zip or .gz file.

20.7. Numbering

- If supplying any supplementary material, the text must make specific mention of the material as a citation, similar to that of figures and tables.
- Refer to the supplementary files as “Online Resource”, e.g., “... as shown in the animation (Online Resource 3)”, “... additional data are given in Online Resource 4”.
- Name the files consecutively, e.g. “ESM_3.mpg”, “ESM_4.pdf”.

20.8. Captions

- For each supplementary material, please supply a concise caption describing the content of the file.

20.9. Processing of supplementary files

- Electronic supplementary material will be published as received from the author without any conversion, editing, or reformatting.

21. Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your supplementary files, please make sure that

- The manuscript contains a descriptive caption for each supplementary material
- Video files do not contain anything that flashes more than three times per second (so that users prone to seizures caused by such effects are not put at risk)

22. After acceptance

Upon acceptance of your article you will receive a link to the special Author Query Application at Springer's web page where you can sign the Copyright Transfer Statement online and indicate whether you wish to order OpenChoice, offprints, or printing of figures in color.

Once the Author Query Application has been completed, your article will be processed and you will receive the proofs.

23. Copyright transfer

Authors will be asked to transfer copyright of the article to the Publisher (or grant the Publisher exclusive publication and dissemination rights). This will ensure the widest possible protection and dissemination of information under copyright laws.

- [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](#)

24. Proof reading

The purpose of the proof is to check for typesetting or conversion errors and the completeness and accuracy of the text, tables and figures. Substantial changes in content, e.g., new results, corrected values, title and authorship, are not allowed without the approval of the Editor.

After online publication, further changes can only be made in the form of an Erratum, which will be hyperlinked to the article.

25. Online First

The article will be published online after receipt of the corrected proofs. This is the official first publication citable with the DOI. After release of the printed version, the paper can also be cited by issue and page numbers.

26. Open Choice

Open Choice allows you to publish open access in more than 1850 Springer Nature journals, making your research more visible and accessible immediately on publication. Benefits:

- Increased researcher engagement: Open Choice enables access by anyone with an internet connection, immediately on publication.
- Higher visibility and impact: In Springer hybrid journals, OA articles are accessed 4 times more often on average, and cited 1.7 more times on average*.

- Easy compliance with funder and institutional mandates: Many funders require open access publishing, and some take compliance into account when assessing future grant applications.

Article processing charge

Open access publishing is not without costs. **An article processing charge (APC) of 2690 USD/ 2040 EUR/ 1760 GBP (excl. VAT) will be charged from authors** who wish to make their articles open access in the journal.

The APC will be levied after article acceptance. If you are looking for funding support open access please see our funding and support page for more information:

<https://www.springer.com/gp/open-access/open-access-funding>

Copyright and license term – CC BY

Open Choice articles do not require transfer of copyright as the copyright remains with the author. In opting for open access, the author(s) agree to publish the article under the Creative Commons Attribution License.

Creative Commons Attribution License: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

27. Research data policy

The journal encourages authors, where possible and applicable, to deposit data that support the findings of their research in a public repository. Authors and editors who do not have a preferred repository should consult Springer Nature's list of repositories and research data policy.

- [List of Repositories](#)
- [Research Data Policy](#)

General repositories - for all types of research data - such as figshare and Dryad may be used where appropriate.

Datasets that are assigned digital object identifiers (DOIs) by a data repository may be cited in the reference list. Data citations should include the minimum information recommended by DataCite: authors, title, publisher (repository name), identifier.

- [DataCite](#)

Springer Nature provides a research data policy support service for authors and editors, which can be contacted at researchdata@springernature.com.

This service provides advice on research data policy compliance and on finding research data repositories. It is independent of journal, book and conference proceedings editorial offices and does not advise on specific manuscripts.

- [Helpdesk](#)

28. Ethical responsibilities of authors

This journal is committed to upholding the integrity of the scientific record. As a member of the Committee on Publication Ethics (COPE) the journal will follow the COPE guidelines on how to deal with potential acts of misconduct.

Authors should refrain from misrepresenting research results which could damage the trust in the journal, the professionalism of scientific authorship, and ultimately the entire scientific endeavor. Maintaining integrity of the research and its presentation can be achieved by following the rules of good scientific practice, which include:

- The manuscript has not been submitted to more than one journal for simultaneous consideration.
- The manuscript has not been published previously (partly or in full), unless the new work concerns an expansion of previous work (please provide transparency on the re-use of material to avoid the hint of text-recycling (“self-plagiarism”).
- A single study is not split up into several parts to increase the quantity of submissions and submitted to various journals or to one journal over time (e.g. “salami-publishing”).
- No data have been fabricated or manipulated (including images) to support your conclusions.
- No data, text, or theories by others are presented as if they were the author’s own (“plagiarism”). Proper acknowledgements to other works must be given (this includes material that is closely copied (near verbatim), summarized and/or paraphrased), quotation marks are used for verbatim copying of material, and permissions are secured for material that is copyrighted. Important note: the journal may use software to screen for plagiarism.
- Consent to submit has been received explicitly from all co-authors, as well as from the responsible authorities - tacitly or explicitly -at the institute/organization where the work has been carried out, before the work is submitted.
- Authors whose names appear on the submission have contributed sufficiently to the scientific work and therefore share collective responsibility and accountability for the results.
- Authors are strongly advised to ensure the correct author group, corresponding author, and order of authors at submission. Changes of authorship or in the order of authors are

not accepted **after** acceptance of a manuscript.

- Adding and/or deleting authors and/or changing the order of authors at revision stage may be justifiably warranted. A letter must accompany the revised manuscript to explain the reason for the change(s) and the contribution role(s) of the added and/or deleted author(s). Further documentation may be required to support your request.
- Requests for addition or removal of authors as a result of authorship disputes after acceptance are honored after formal notification by the institute or independent body and/or when there is agreement between all authors.
- Upon request authors should be prepared to send relevant documentation or data in order to verify the validity of the results. This could be in the form of raw data, samples, records, etc. Sensitive information in the form of confidential proprietary data is excluded.

If there is a suspicion of misconduct, the journal will carry out an investigation following the COPE guidelines. If, after investigation, the allegation seems to raise valid concerns, the accused author will be contacted and given an opportunity to address the issue. If misconduct has been established beyond reasonable doubt, this may result in the Editor-in-Chief's implementation of the following measures, including, but not limited to:

- If the article is still under consideration, it may be rejected and returned to the author.
- If the article has already been published online, depending on the nature and severity of the infraction, either an erratum will be placed with the article or in severe cases complete retraction of the article will occur. The reason must be given in the published erratum or retraction note. Please note that retraction means that the paper is maintained on the platform, watermarked "retracted" and explanation for the retraction is provided in a note linked to the watermarked article.
- The author's institution may be informed.

29. English language support

If you need help with writing in English you should consider using a professional language editing service where editors will improve the English to ensure that your meaning is clear and identify problems that require your review. Two such services are provided by our affiliates Nature Research Editing Service and American Journal Experts.

[Nature Research Editing Service](#)

[American Journal Experts](#)

Please note that the use of a language editing service is not a requirement for publication in this journal and does not imply or guarantee that the article will be selected for peer review or accepted.

For submission queries, please send a message to brazjbot@gmail.com

Brazilian Journal of Botany

Editor-in-Chief: Necchi Jr, O.; Nunes-Nesi, A.

ISSN: 0100-8404 (print version)

ISSN: 1806-9959 (electronic version)

Journal no. 40415