



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
UNIVERSIDADE REGIONAL DO CARIRI – URCA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE - CCBS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DIVERSIDADE BIOLÓGICA E RECURSOS
NATURAIS - PPGDR

CÍNTIA LARISSA PEREIRA DA SILVA

MORFOBIOMETRIA DE ESPÉCIES VEGETAIS OCORRENTES EM UM
FRAGMENTO DE CERRADO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

CRATO/CE

2024

CÍNTIA LARISSA PEREIRA DA SILVA

**MORFOBIOMETRIA DE ESPÉCIES VEGETAIS OCORRENTES EM UM
FRAGMENTO DE CERRADO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Diversidade Biológica e Recursos Naturais da Universidade
Regional do Cariri-URCA, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em Diversidade Biológica e
Recursos Naturais.

Orientadora: Profa. Dra. M^a. Iracema Bezerra Loiola

Coorientadora: Profa. Dra. M^a. Arlene Pessoa da Silva

CRATO/CE

2024

Eu, Cíntia Larissa Pereira da Silva, autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Ficha Catalográfica

Serviço de Biblioteca e Documentação da URCA/Campus Pimenta Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Recursos Naturais - PPGDR

Dados fornecidos pela autora.

Silva, Cíntia Larissa Pereira da

S586m MORFOBIOMETRIA DE ESPÉCIES VEGETAIS OCORRENTES EM UM FRAGMENTO DE CERRADO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO / Cíntia Larissa Pereira da Silva. Crato-CE, 2024.

104p.

Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Recursos Naturais da Universidade Regional do Cariri - URCA.

Orientador(a): Prof.^a Dr.^a Maria Iracema Bezerra Loiola

Coorientador(a): Prof.^a Dr.^a Maria Arlene Pessoa da Silva

1.Tipos morfofuncionais, 2.Tipo de germinação, 3.Savana,
4.Zoocoria,5.Anemocoria; I.Título.

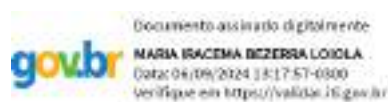
CDD: 577

CÍNTIA LARISSA PEREIRA DA SILVA

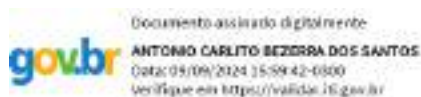
**MORFOBIOMETRIA DE ESPÉCIES VEGETAIS OCORRENTES EM UM
FRAGMENTO DE CERRADO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora em 29/ 07/ 2024

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Maria Iracema Bezerra Loiola
Orientadora
Universidade Federal do Ceará-UFC



Prof. Dr. Antonio Carlito Bezerra dos Santos
Membro Externo da Banca
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Prof. Dr. Luiz Marivando Barros
Membro Interno da Banca
Universidade Regional do Cariri (URCA)

DEDICATÓRIA

Dedico à Deus e à minha família por serem a minha base, meu apoio e minha fonte de amor incondicional. Em especial minha mãe Francisca Jordania e à minha avó Antonieta de Melo, minhas maiores incentivadoras e inspiração.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da minha vida, pela oportunidade que Ele me proporciona todos os dias de uma nova vida e pela esperança que se renova a cada dia.

À minha família, ao meus pais José Fernandes e Francisca Jordania por terem sido sinal de Deus na minha vida, assim como meus avós Antonieta de Melo e Francisco Cavalcante por me apoiarem em cada decisão na minha vida. Sou muito grata a Deus por ter me dado uma família tão maravilhosa. Grata pelo incentivo de sempre ser melhor, e por me ajudarem com tudo. Amo vocês.

À minha querida orientadora, Prof^a. Dra. Maria Iracema Bezerra Loiola, pelo acolhimento, onde tive a oportunidade de conhecer uma professora dedicada que és, sempre muito solícita, agradeço pelas contribuições e ensinamentos. Agradeço por acreditar em mim e por ser essa mulher inspiradora. Gratidão!

À minha coorientadora Prof^a. Dra. Maria Arlene Pessoa da Silva, que desde a graduação tem contribuído na minha formação, por todos os ensinamentos, não somente profissional, mas de vida também. Sou grata por cada correção, pelas lições e conhecimento repassados ao longo desses anos. Agradeço pela confiança e credibilidade. Obrigada por ser essa mulher e mãe inspiradora. Gratidão!

À minha Banca Examinadora, por aceitar participar para avaliar o meu trabalho e por todas as colaborações. Agradeço por todos os ensinamentos, bem como, as sugestões.

Aos membros LBA/HCDAL, Felipe Rufino, Bruno Melo, José Anderson, Jociany Carlos, Paulo José, Jhennifer, Leiliane, Cicerá Thainá, Marcos Aurélio, Valéria Sampaio, e Thiago Rodrigues. Obrigada por somarem na minha vida e na minha profissão.

Ao Felipe Rufino e Bruno Melo, sou muito grata a Deus por ter vocês na minha vida. Unidos desde a graduação e companheiros de pesquisas. Agradeço por todo apoio e companheirismo. Muito obrigada.

Ao meu melhor amigo e namorado Aloísio Sales por todo incentivo, por lembrar sempre que sou capaz, pelo apoio e conforto nos momentos difíceis e felizes. Gratidão.

Aos professores do programa PPGDR pela contribuição em minha formação enquanto profissional. À Universidade Regional do Cariri – URCA por permitir e somar na minha formação. À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico - FUNCAP, pelo apoio financeiro.

RESUMO

As estratégias adotadas nos estágios iniciais de crescimento são cruciais para o estabelecimento das espécies vegetais em seu ambiente natural e/ou em viveiros. Assim, objetivou-se com este estudo caracterizar a morfologia e biometria de frutos, sementes, plântulas e plantas jovens de espécies de Cerrado da Chapada do Araripe, semiárido brasileiro, além de analisar a síndrome de dispersão, germinação e crescimento inicial, como forma de auxiliar na identificação taxonômica e fornecer subsídios para estudos de regeneração e recuperação de áreas degradadas. Para as análises foram utilizadas para cada espécie 100 unidades de frutos e 100 unidades de sementes. As sementes foram distribuídas em caixas gerbox e acondicionadas em B.O.D. a 25 °C. Após esse período, as plântulas foram transferidas para bandejas, contendo areia e vermiculita e levadas para casa de vegetação. Um total de oito espécies foram estudadas, quatro espécies com frutos secos: *Jacaranda brasiliana* (Bignoniaceae), *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae), *Parkia platycephala* (Fabaceae) e *Roupala montana* (Proteaceae); e quatro espécies com frutos carnosos: *Hirtella racemosa* (Chrysobalanaceae), *Erythroxylum pyan* (Erythroxylaceae), *Eugenia puniceifolia* (Myrtaceae) e *Myrcia multiflora* (Myrtaceae). Todas as espécies analisadas demonstraram taxas elevadas de germinação (85,83%, 84,66%, 100%, 82,5% e 96,66%, 99,33%, 90%, 92%, respectivamente). Os frutos secos foram classificados em folículo, cápsula e legume e as síndromes de dispersão das sementes em anemocória e zoocórica. A maioria das espécies desse grupo apresentou germinação do tipo epígea, com dois tipos morfofuncionais: fanero-epígeo-armazenador e cripto-hipógeo-armazenador. Já os frutos carnosos observados foram drupa e bacóide. A dispersão predominante nas sementes foi a zoocórica, com germinação tanto do tipo epígea como hipógea. Os tipos morfofuncionais observados foram: fanero-epígeo-armazenador, fanero-epígeo-foliáceo e cripto-hipógeo-armazenador. As espécies com frutos secos desenvolveram folíolos compostos, enquanto espécies de frutos carnosos desenvolvem folíolos simples. O conjunto das características analisadas permitiu separar as espécies em grupos correspondentes ao tipo e dispersão dos frutos e das sementes e morfofuncionalidade das plântulas. Com base nessas informações, é possível concluir que as espécies estudadas desenvolvem diversas estratégias adaptativas para a reprodução e estabelecimento de novos indivíduos nas condições de áreas de Cerrado.

Palavras-chave: Tipos morfofuncionais; Tipo de germinação; Savana; Zoocoria; Anemocoria.

ABSTRACT

The strategies adopted during the initial growth stages are crucial for the establishment of plant species in their natural environment and/or in nurseries. Thus, this study aimed to characterize the morphology and biometry of fruits, seeds, seedlings, and young plants of Cerrado species from the Chapada do Araripe, in the Brazilian semi-arid region. Additionally, it sought to analyze dispersal syndromes, germination, and initial growth as a means to aid in taxonomic identification and to provide support for studies on regeneration and the restoration of degraded areas. For the analyses, 100 fruit units and 100 seed units were used for each species. The seeds were distributed in gerbox containers and placed in a B.O.D. chamber at 25°C. After this period, the seedlings were transferred to trays containing sand and vermiculite and moved to a greenhouse. A total of eight species were studied: four species with dry fruits: *Jacaranda brasiliana* (Bignoniaceae), *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae), *Parkia platycephala* (Fabaceae), and *Roupala montana* (Proteaceae); and four species with fleshy fruits: *Hirtella racemosa* (Chrysobalanaceae), *Erythroxylum pyan* (Erythroxylaceae), *Eugenia punicifolia* (Myrtaceae), and *Myrcia multiflora* (Myrtaceae). All the analyzed species demonstrated high germination rates (85.83%, 84.66%, 100%, 82.5%, 96.66%, 99.33%, 90%, and 92%, respectively). The dry fruits were classified as follicles, capsules, and legumes, and the seed dispersal syndromes as anemochory and zoochory. Most species in this group exhibited epigeal germination, with two morphofunctional types: phanero-epigeal-storage and crypto-hypogeal-storage. The fleshy fruits observed were drupes and berries. The predominant seed dispersal was zoochory, with both epigeal and hypogeal germination types. The observed morphofunctional types were: phanero-epigeal-storage, phanero-epigeal-leafy, and crypto-hypogeal-storage. Species with dry fruits developed compound leaflets, while species with fleshy fruits developed simple leaflets. The set of analyzed characteristics allowed for the separation of species into groups corresponding to the type and dispersal of fruits and seeds, as well as the morphofunctionality of seedlings. Based on this information, it is possible to conclude that the studied species develop various adaptive strategies for reproduction and the establishment of new individuals in Cerrado environments.

Keywords: Morphofunctional types; Germination type; Savanna; Zoochory; Anemochory.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT	vii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xii
INTRODUÇÃO	13
REVISÃO DE LITERATURA.....	16
1. Enclaves de Cerrado em meio a Caatinga no Estado do Ceará.....	16
2. Biometria de frutos e sementes e dispersão	17
3. Morfologia de plântula e planta jovem	19
REFERÊNCIAS.....	22
CAPÍTULO 1: Morphobiometric characterization of dry fruits, seeds, seedlings, and young plants from a Cerrado fragment in the Caatinga Domain, Brazilian semiarid	30
Introduction	31
Material and methods	33
Results.....	37
Discussion	52
Conclusions.....	54
Referências	55
CAPÍTULO 2: Caracterização morfológica e biométrica de frutos carnosos, sementes, plântulas e plantas jovens de espécies ocorrentes na Savana tropical do Cariri cearense, Nordeste do Brasil	59
Introdução	61
Material e Métodos.....	62
Resultados.....	67
Discussão.....	81
Conclusões	84
Referências	84
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	89
ANEXO.....	90

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1: Caracterização morfológica e biométrica de frutos, sementes, plântulas e plantas jovens de espécies ocorrentes no Cerrado da Chapada do Araripe, Nordeste do Brasil

FIGURE 1. Location map of the Chapada do Araripe, Northeast Brazil.....	33
FIGURE 2. Adult individuals of the species collected in Chapada do Araripe - CE, Brazil: (a) <i>Jacaranda brasiliana</i> (Lam.) Pers. (Bignoniaceae). (b) <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. (Fabaceae). (c) <i>Parkia platycephala</i> Benth. (Fabaceae). (d) <i>Roupala montana</i> Aubl. (Proteaceae).	39
FIGURE 3. Morphological aspects of the initial growth of <i>Jacaranda brasiliana</i> (Lam.) Pers. (Bignoniaceae).....	41
FIGURE 4. a) Germination, b) Germination speed index (GSI) of Cerrado species from Chapada do Araripe.	43
FIGURE 5. Root, hypocotyl, and epicotyl growth of a) <i>Jacaranda brasiliana</i> (Lam.) Pers. (Bignoniaceae); b) <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. (Fabaceae); c) <i>Parkia platycephala</i> Benth. (Fabaceae); d) <i>Roupala montana</i> Aubl. (Proteaceae), over four months	43
FIGURE 6. Morphological aspects of the initial growth of <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. (Fabaceae).....	45
FIGURE 7. Morphological aspects of the initial growth of <i>Parkia platycephala</i> Benth. (Fabaceae).....	48
FIGURE 8. Morphological aspects of the initial growth of <i>Roupala montana</i> Aubl. (Proteaceae)	50

CAPÍTULO 2: Caracterização morfológica e biométrica de frutos carnosos, sementes, plântulas e plantas jovens de espécies ocorrentes na Savana tropical do Cariri cearense, Nordeste do Brasil

FIGURA 1. Mapa de localização da Chapada do Araripe, Nordeste, Brasil.....	63
FIGURA 2. Indivíduos adultos das espécies coletadas na Chapada do Araripe - CE, Brasil: (a) <i>Hirtella racemosa</i> Lam. (Chrysobalanaceae). (b) <i>Erythroxylum pyan</i> Costa-Lima (Erythroxylaceae). (c) <i>Eugenia punicifolia</i> (Kunth) DC. (Myrtaceae). (d) <i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC. (Myrtaceae).	68
FIGURA 3. Aspectos morfológicos do crescimento inicial de <i>Hirtella racemosa</i> Lam. (Chrysobalanaceae)	69
FIGURA 4. a) Germinação, b) Índice de velocidade de germinação de espécies de Cerrado da Chapada do Araripe.	72

FIGURA 5. Crescimento das raízes, hipocótilo e epicótilo de: a) *Hirtella racemosa* Lam. (Chrysobalanaceae); b) *Erythroxylum pyan Costa-Lima* (Erythroxylaceae); c) *Eugenia punicifolia* (Kunth) DC. (Myrtaceae) d) *Myrcia multiflora* (Lam.) DC. (Myrtaceae), por um período de quatros meses.....72

FIGURA 6. Aspectos morfológicos do crescimento inicial de *Erythroxylum pyan Costa-Lima* (Erythroxylaceae)74

FIGURA 7. Aspectos morfológicos do crescimento inicial de *Eugenia punicifolia* (Kunth) DC. (Myrtaceae).....77

FIGURA 8. Aspectos morfológicos do crescimento inicial de *Myrcia multiflora* (Lam.) DC. (Myrtaceae).....79

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1: Caracterização morfológica e biométrica de frutos, sementes, plântulas e plantas jovens de espécies ocorrentes no Cerrado da Chapada do Araripe, Nordeste do Brasil

TABLE 1. Species occurring in the Cerrado areas of Chapada do Araripe, selected for the study.	34
TABLE 2. Pre-germinative treatments on the seeds of the studied species.	35
TABLE 3. Parameters of the fruits and seeds of <i>Jacaranda brasiliana</i> (Lam.) Pers. (Bignoniaceae), <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. (Fabaceae), <i>Parkia platycephala</i> Benth. (Fabaceae), <i>Roupala montana</i> Aubl. (Proteaceae).	42
TABLE 4. Morphological data of the fruits and seeds of four Cerrado species.	51

CAPÍTULO 2: Caracterização morfológica e biométrica de frutos carnosos, sementes, plântulas e plantas jovens de espécies ocorrentes na Savana tropical do Cariri cearense, Nordeste do Brasil

TABELA 1. Espécies ocorrentes no Cerrado da Chapada do Araripe (nordeste do Brasil) selecionadas para o estudo, com indicação da respectiva família, nome científico e voucher.	64
TABELA 2. Tratamentos pré-germinativos aplicados no beneficiamento das sementes das espécies estudadas.	65
TABELA 3. Parâmetros dos frutos e sementes de <i>Hirtella racemosa</i> Lam. (Chrysobalanaceae), <i>Erythroxylum pyan</i> Costa-Lima (Erythroxylaceae), <i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunth) DC. (Myrtaceae), <i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC. (Myrtaceae).	70
TABLE 4. Dados morfológicos dos frutos e sementes de quatro espécies de Cerrado.	81

LISTA DE ABREVIATURAS

BOD	Biochemical Oxygen Demand
CER	Criptocotiledonares, Epígeas de Reserva ou Absorção
CHR	Criptocotiledonares, Hipógeas de Reserva ou Absorção
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FLONA	Floresta Nacional
HCDAL	Herbário Caririense Dárdano de Andrade-Lima
IVG	Índice de Velocidade de Germinação
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PEF	Fanerocotiledonares, Epígeas Foliáceas
PER	Fanerocotiledonares, Epígeas de Reserva ou Absorção
PG	Porcentagem de Germinação
PHR	Fanerocotiledonares, Hipógeas de Reserva ou Absorção
SISBIO	Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade
URCA	Universidade Regional do Cariri

INTRODUÇÃO

A região Nordeste do Brasil é caracterizada por uma variedade de formas vegetacionais, comumente referida como Caatinga, cercada pela presença da Mata Úmida e do Cerrado, resultando em uma dinâmica vegetacional complexa (Oliveira *et al.*, 2012; Lima, 2021; Fernandes *et al.*, 2022).

O Cerrado com área core no Planalto Central é considerado o segundo maior bioma brasileiro, abrangendo 24% do território nacional (Klink; Machado, 2005; Costa-Coutinho *et al.*, 2019; EMBRAPA, 2024). Amplamente conhecido por sua alta biodiversidade, é um dos *hotspots* mundial para a prioridade de conservação da biodiversidade, devido à alta incidência de endemismo (Myers *et al.*, 2000; Strassburg *et al.*, 2017; Flora e Funga do Brasil, 2024).

A despeito de sua importância, encontra-se sob forte ameaça devido às ações antrópicas, envolvendo principalmente a inclusão de atividades agrícolas e agropecuárias, o que coloca muitas espécies da flora e fauna em risco de extinção (MMA, 2023). Em razão da abundância e diversificação biótica, o Cerrado é importante não só ambientalmente, mas também apresenta considerável valor para sociedade, pois muitas comunidades fazem uso dos seus recursos naturais para consumo próprio e como fonte de renda (MMA, 2023).

O Cerrado brasileiro estende-se como área contínua nos Estados de Goiás, Tocantins e o Distrito Federal, bem como, em parte dos Estados da Bahia, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Piauí, Rondônia e São Paulo e também ocorre em áreas disjuntas ao norte nos Estados do Amapá, Amazonas, Pará e Roraima, e ao sul, em pequenas “ilhas” no Paraná (Ribeiro; Walter, 2008). Caracterizado por um mosaico de tipologias vegetais que formam um gradiente estrutural que abrange campos (Campo limpo), savanas (Cerrado *sensu stricto*) e florestas (Cerradão) (Durigan; Ratter, 2016). Assim, as variações climáticas, juntamente com a ação do fogo e o tipo de solo promovem sua variedade fisionômica, tendo como resultado riqueza e diversidade da flora e da fauna (Eiten, 1972; Coutinho, 1976; Furley; Ratter, 1988).

No Ceará, o Cerrado cobre apenas uma pequena área do Estado (0,4%), sendo a Caatinga (semiárido brasileiro) o principal bioma abrangendo cerca de 88% da cobertura vegetal (Brasil, 2016; Calixto Júnior *et al.*, 2021). As manchas disjuntas de cerrado ocorrentes no Ceará estão principalmente associadas aos tabuleiros costeiros, à Chapada do Araripe, à Serra da Ibiapaba e a relevos residuais sedimentares menores encontrados no sul do Estado (Figueiredo e Fernandes, 1987; Moro *et al.*, 2011; Ribeiro-Silva *et al.*, 2012).

No entanto, o aumento da atividade agrícola nas últimas décadas tem acelerado a degradação da cobertura vegetal, resultando em uma significativa redução da biodiversidade (Oliveira *et al.*, 2020). Diante disso, a compreensão acerca da morfologia dos frutos e sementes e tipo de germinação das espécies nativas torna-se de suma importância para entender sua autoecologia (Cosmo *et al.*, 2010).

Assim, a caracterização e compreensão do processo de germinação e do desenvolvimento de plântulas possibilita um entendimento mais preciso sobre o comportamento de cada espécie e estabelecimento em seu *habitat* (Guerra; Medeiros Filho; Gallão, 2006). O conhecimento do conjunto das características morfológicas dos frutos, sementes e plântulas, não apenas pode facilitar a identificação de espécies no campo e a propagação das espécies, mas também contribui para um maior entendimento dos parâmetros filogenéticos e taxonômicos (Diniz *et al.*, 2015; Rios *et al.*, 2016; Vasconcelos, 2017), possibilitando diferenciar espécies, gêneros e famílias semelhantes entre si (Silva *et al.*, 2008; Bezerra *et al.*, 2014), além de serem fundamentais no aspecto ecológico, quanto ao fornecimento de informações para programas de reflorestamentos e recuperação de ambientes degradados (Ferreira; Barreto, 2015; Silva, 2020). Outros autores mencionaram a relevância da morfologia de plântulas e mudas como elemento essencial em estudos de sucessão e regeneração de ambientes naturais (Santana; Silva; Marangon, 2021; Rodrigues *et al.*, 2021).

Embora seja observado um avanço significativo nos estudos relacionados à morfologia vegetal, de um modo geral, é notável que ainda há uma elevada carência de conhecimentos acerca dos estágios iniciais de crescimento das espécies vegetais, dada a notável diversidade vegetal existente no Brasil (Araújo *et al.*, 2004; Lima *et al.*, 2022). Assim, torna-se evidente a necessidade de investigações quanto à morfologia de frutos, sementes, plântulas e mudas das espécies que compõem a flora brasileira (Ferreira; Barreto, 2015).

Tendo em vista que o Cerrado apresenta uma alta heterogeneidade biológica ainda não totalmente conhecida e em constante degradação (Araújo *et al.*, 2004) e considerando também a importância de um maior conhecimento sobre a morfologia de frutos, sementes, plântulas e plantas jovens de suas espécies com o intuito de auxiliar na identificação taxonômica, se faz necessário a intensificação de tais estudos de forma a se obter um conhecimento mais abrangente da flora de Cerrado (Araújo *et al.*, 2021; Hoffmann *et al.*, 2022). Aliado a isso, o conhecimento em relação à biologia das sementes é fundamental para uma maior compreensão da estrutura e da dinâmica das comunidades vegetais, principalmente quanto ao estabelecimento de plantas, sucessão e regeneração natural (Camara *et al.*, 2008).

Nesse contexto, dentre as informações possíveis de fornecer dados sobre espécies vegetais e contribuir na sua identificação e classificação, na produção de sementes, nos estudos

de sucessão ecológica e na regeneração dos ecossistemas florestais, destaca-se a caracterização morfobiométrica de frutos e sementes, o qual está associado, na maioria das vezes, a base da identificação das espécies (Soares *et al.*, 2017). Além disso, o estudo da morfobiometria dos frutos e sementes são de grande importância para fornecer dados relevantes sobre a variabilidade genética dentro de populações de uma mesma espécie e ainda dos fatores ambientais de uma determinada área (Gonçalves *et al.*, 2013).

A hipótese a ser testada é: embora habitem em área com as mesmas condições ambientais, as espécies com frutos secos e carnosos apresentam estratégias reprodutivas e síndromes de dispersão diferentes, pois dependem de características inerentes a cada espécie.

Considerando tais aspectos, objetivou-se com esse estudo caracterizar a morfologia e biometria de frutos, sementes, plântulas e plantas jovens de espécies de Cerrado da Chapada do Araripe, bem como analisar síndrome de dispersão, germinação e crescimento inicial, como forma de auxiliar na identificação e fornecer subsídios para estudos de regeneração e recuperação de áreas degradadas no referido ambiente.

O estudo foi organizado em dois capítulos: o primeiro intitulado “Caracterização morfológica e biométrica de frutos secos, sementes, plântulas e plantas jovens de espécies de um fragmento de Cerrado no bioma Caatinga, semiárido brasileiro” e o segundo intitulado “Caracterização morfológica e biométrica de frutos carnosos, sementes, plântulas e plantas jovens de espécies ocorrentes na Savana tropical do Cariri cearense, nordeste do Brasil”.

REVISÃO DE LITERATURA

1. Enclaves de Cerrado em meio a Caatinga no Estado do Ceará

No Ceará, o Cerrado cobre apenas uma pequena área do Estado (0,4%), sendo que o principal bioma desse território é a Caatinga (semiárido brasileiro) abrangendo cerca de 88% da cobertura vegetal (Brasil, 2016). A Teoria dos Refúgios pode explicar a presença desses enclaves de Cerrado em outros biomas, a qual relata que, durante o Período Quaternário, as rápidas variações climáticas provocaram eventos de expansão e retração das florestas e das regiões áridas, moldando a paisagem atual do território brasileiro (Ab'Saber, 1963; Cole, 1986; Prance, 1996; Rizzini, 1997; Benício *et al.*, 2023).

O Cerrado destaca-se por apresentar uma elevada diversidade de espécies vegetais e uma notável variabilidade espacial, fatores que o colocam como a Savana tropical mais rica em biodiversidade do mundo (Costa *et al.*, 2023). É, portanto, considerado um hotspot global para conservação, uma vez que apresenta 13.970 espécies, sendo 7.455 endêmicas (Flora e Funga do Brasil, 2024). Em termos de fitofisionomias, apresenta vegetação que compõe um mosaico de ambientes com diversos ecossistemas, que englobam formações florestais, savânicas e campestres (Ribeiro; Walter, 1998, 2008; EMBRAPA, 2024).

Trata-se de um bioma marcado por uma estação seca e outra chuvosa, nitidamente distintas (Nascimento; Novaes, 2020). Possui uma média anual de precipitação em torno de 1500 mm, com variação entre 750 e 2000 mm, com chuvas concentradas principalmente de outubro a março, configurando a estação chuvosa (Ribeiro; Walter, 1998).

Devido a ampla conversão de áreas para atividades agrícolas, elevada vulnerabilidade às mudanças climáticas, a alta taxa de degradação ocasionada pela ocupação desordenada e a expansão urbana, metade da sua cobertura original já foi degradada, posicionando o Cerrado como o bioma mais seriamente ameaçado no Brasil (Fiedler *et al.*, 2004; Strassburg *et al.*, 2017; Lopes; Lima; Reis, 2021).

Um dos enclaves ocorrentes no Sul do Ceará pode ser localizado no topo da Chapada do Araripe, a qual abriga a Floresta Nacional do Araripe - Apodi - FLONA Araripe, a primeira Floresta Nacional do Brasil (Costa; Araújo; Lima-Verde, 2004; Alves; Bezerra; Matias, 2011). A chapada está situada na parte central do Nordeste brasileiro, localizada entre 7° e 8° de latitude sul e 38°30' e 41°00' de longitude oeste. Ocupa uma área territorial de cerca de 180 km de comprimento e 70 km de largura (Silva Neto, 2013; Ferreira *et al.*, 2016), abrangendo os Estados do Ceará, Pernambuco e Piauí (Souza; Silva; Loiola, 2021).

Nessa área ocorrem diferentes tipos de vegetação como Carrasco, Cerrado, Cerradão e Mata Atlântica (Santos *et al.*, 2020). Apresenta-se como uma superfície estrutural tabular, com seu topo em um nível de 800-1000 m de altitude (Alencar; Silva; Barros, 2007). Parte do Cerrado da Chapada do Araripe está delimitado dentro área da FLONA Araripe, sendo a única área de Cerrado protegida no Estado do Ceará (Costa; Araújo, 2007).

O clima predominante na região é o tropical úmido, com precipitação média anual variando entre 700-1000 mm e temperaturas que variam entre 23° e 27 °C entre os meses de maio a agosto (Ferreira *et al.*, 2016). Os solos são constituídos por uma associação de latossolos vermelho-amarelo e vermelho-escuro, apresentando boa profundidade, com textura média e argilosa, boa drenagem, muito lixiviados e intemperizados em toda sua profundidade (Macêdo *et al.*, 2015).

A região da Chapada do Araripe apresenta uma flora rica e diversificada, se tornando uma área de interesse de estudo para pesquisadores do mundo todo, não só devido a sua vegetação, mas também por apresentar espécies raras, endêmicas e pelas suas ricas evidências fossilíferas conhecidas mundialmente (Siebra; Bezerra; Oliveira, 2011; Santos *et al.*, 2020).

2. Biometria de frutos e sementes e dispersão

A caracterização biométrica dos órgãos dispersores é um elemento fundamental a ser considerado, pois fornece informações essenciais para a taxonomia, a produção de sementes e a propagação eficaz, exercendo assim impacto significativo na semeadura e no desenvolvimento adequado das espécies (Sobrinho *et al.*, 2017). Além disso, a análise biométrica é um instrumento significativo na detecção da variabilidade genética dentro de populações da mesma espécie, estabelecendo conexões entre essa variabilidade e os fatores ambientais (Gonçalves *et al.*, 2013; Ferreira *et al.*, 2020).

Outro aspecto relevante da avaliação biométrica de frutos e sementes é a contribuição para pesquisas sobre germinação e produção de mudas para recomposição vegetal, assim como, fornecimento de dados acerca de características específicas que facilitam a identificação e diferenciação de espécies semelhantes no ambiente natural (Battilani; Santiago; Dias, 2011; Bezerra *et al.*, 2014).

A semente desempenha um papel fundamental na reprodução sendo o principal meio de multiplicação das espécies arbóreas (Roveri Neto; Paula, 2017). O conhecimento sobre a produção de sementes florestais é crucial para diversos aspectos, incluindo o manejo sustentável e conservação da biodiversidade das espécies (Bicalho *et al.*, 2020). A relevância da biometria

das sementes reside na sua associação com as características de dispersão, podendo ser aplicável para diferenciar espécies pioneiras das não pioneiras (Baskin; Baskin, 1998).

Dispersão refere-se à remoção ou liberação dos diásporos, que são as partes reprodutivas da planta (sementes, frutos ou propágulos), e ao seu deslocamento para outras áreas (Howe; Smallwood, 1982). Esse mecanismo contribui para aumentar as chances de sobrevivência de sementes e plântulas, podendo evitar condições frequentemente desfavoráveis nas proximidades da planta-mãe, tais como competição intensa entre plântulas, ataques de patógenos e predadores, como também amplia as oportunidades de habitar locais propícios para o estabelecimento de novos indivíduos (Ferreira; Borghetti, 2004).

Portanto, esse evento é considerado vantajoso para a propagação dos vegetais e para isso os diásporos apresentam estruturas adaptadas formadas por características morfológicas, como coloração, tamanho reduzido, presença de alas e plumas, deiscência de cápsula, assim como frutos e/ou sementes com polpas suculentas e/ou nutritivas (Willson; Traveset, 2000; Ferreira; Borghetti, 2004).

Com base nas características que os diásporos apresentam para interagir com vetores de dispersão, sejam eles bióticos ou abióticos do meio ambiente, frutos, sementes e esporos são agrupados em um tipo específico de síndrome (Venzke *et al.*, 2014). Dessa forma, a síndrome pode ser caracterizada como o conjunto de características do organismo vegetal relacionado ao(s) seu(s) agente(s) de dispersão (Ferreira; Borghetti, 2004).

Segundo Vidal, Vidal e Paula (2021), a dispersão de frutos e sementes pode ser mediada por fatores abióticos (vento, gravidade, água) e/ou bióticos (seres vivos). Ainda de acordo com esses autores, as síndromes de dispersão abióticas, podem ser divididas em: anemocórica – o agente dispersor é o vento, nesse caso as espécies apresentam diásporos leves e/ou pequenos, alados ou pelos; hidrocórica - o agente dispersor é a água, apresentando diásporos leves com pericarpo e ou tegumento impermeáveis, podendo apresentar também tecidos esponjosos ou saco aeríferos, permitindo a flutuação; barocórica – o agente dispersor é a gravidade, nesse caso os diásporos são pesados e/ou grandes; zoocórica – o agente dispersor são os animais, com os diásporos apresentando estruturas externas como excrescências comestíveis, substâncias oleosas, polpa carnosa, cores vivas, odor, arilos que são atrativas aos animais; autocórica – o agente dispersor é própria planta, onde os frutos se abrem pela ação de mecanismos explosivos fazendo com que as sementes sejam dispersadas longe.

Embora os estudos sobre biometria e dispersão de frutos e sementes sejam de grande importância, poucos trabalhos são específicos para espécies nativas. No estado do Ceará, por exemplo, apenas alguns autores realizaram pesquisas que fornecem informações abrangentes, como em Amaro *et al.* (2006), Abud *et al.* (2009), Guerra; Medeiros Filho; Gallão (2010), Silva

et al. (2013), Brito *et al.* (2014) e Sousa *et al.* (2024). Destes, somente dois estudos são voltados para região da Chapada do Araripe – CE (Amaro *et al.*, 2006 e Guerra; Medeiros Filho; Gallão, 2010).

3. Morfologia de plântula e planta jovem

A definição de plântula é variada, podendo ser considerada como tal, até o indivíduo depender das reservas da semente, ou enquanto uma parte da biomassa for proveniente dessas reservas, ou ainda quando apresentar alguma estrutura funcional derivada das reservas da semente (Melo *et al.*, 2004).

A análise morfológica dos estágios iniciais de crescimento de uma planta é essencial para o entendimento do processo reprodutivo das espécies vegetais, fornecendo subsídios para a produção de mudas, além de ser fundamental para uma compreensão mais aprofundada do processo de estabelecimento da planta no ambiente natural (Guerra; Medeiros Filho; Galhã, 2006).

A relevância do conhecimento morfológico das plântulas decorre, em grande parte, do fato de ser uma ferramenta importante para a identificação das espécies (Soares *et al.*, 2017). Além do conhecimento morfológico das estruturas vegetativas e reprodutivas comumente utilizadas na taxonomia, as particularidades das sementes e da fase que antecede a germinação até o crescimento da planta jovem são elementos que podem auxiliar na identificação mais precisa das espécies (Gurgel *et al.*, 2012).

Até recentemente, a taxonomia vegetal limitava-se ao uso exclusivo de características da planta adulta, com pouca ênfase nas características das plântulas (Barroso *et al.*, 1999). No entanto, a busca por guias de identificação de plântulas tem se intensificado, especialmente para propósitos de manejo e conservação e estudos taxonômicos (Paoli; Bianconi, 2008; Gurgel *et al.*, 2012). A análise morfológica das plântulas, durante sua fase inicial de crescimento possibilita a identificação de estruturas transitórias, tanto primitivas quanto derivadas que podem desaparecer à medida que a planta se desenvolve, porém, podem ser de grande importância para estabelecer relações de parentesco ou conexões filogenéticas com grupos cujos órgãos adultos exibam tais características (Ricardi *et al.*, 1977; Torres, 1985).

De acordo com Gurgel *et al.* (2012), o pioneiro no estudo das plântulas foi A.P. de Candolle (1825), um botânico que agregou as características das plântulas para definir tribos e gêneros na família Fabaceae, apontando uma distinção primária com base no tipo de cotilédones, classificando-os como foliares e de reserva. A partir de então, seguiram pesquisas utilizando as características das plântulas em estudos taxonômicos (Gurgel *et al.*, 2012).

Os principais estudos de classificação de plântulas foram realizados por Léonard (1957), Duke (1965), Ng (1975, 1978), Vogel (1980), Garwood (1983) e Miquel (1987), os quais fundamentaram suas definições principalmente na exposição, posição, textura e função dos cotilédones durante o processo de germinação e estabelecimento do novo indivíduo. Em pesquisas desenvolvidas na Bélgica, Léonard (1957) consolidou informações sobre as diversas posições dos cotilédones em relação ao nível do solo. Ele categorizou como emergência epígea - quando os cotilédones se elevam acima do solo e como hipógea - quando ocorre o alongamento do epicótilo acima da inserção do cotilédone, mantendo este último soterrado.

Duke (1965) ao estudar quatro tipos florestais em Porto Rico classificou as plântulas em dois grandes grupos de acordo com a exposição de seus cotilédones: criptocotiledonar (*crypto* = escondido) e fanerocotiledonar (*phanero* = evidente). O termo criptocotiledonar foi designado ao grupo de plântulas que, logo após a germinação, seus cotilédones apresentavam-se cobertos ou protegidos pela testa da semente e/ou pericarpo do fruto. Já o termo fanerocotiledonar referiu-se ao grupo de plântulas que após a germinação, expõe seus cotilédones, que se liberam da testa da semente e/ou pericarpo do fruto (Duke, 1965). Esse autor também desenvolveu uma chave de identificação morfológica de plântulas para cada uma das oito localidades estudadas.

Em estudos sobre espécies arbóreas nativas da Malásia, Ng (1975) observou que o comprimento do hipocótilo não está diretamente relacionado à exposição ou não dos cotilédones. O autor também reconheceu a necessidade de combinar os termos fanerocotiledonar e criptocotiledonar, propostos por Duke (1965), com os termos epígeo e hipógeo, os quais foram designados de acordo com o alongamento ou não do hipocótilo. Em seguida, Ng (1978) estudou 210 espécies lenhosas da floresta de Kepong na Malásia, analisando o índice de germinação, morfologia inicial e o tamanho das plântulas, o que levou a classificação das referidas espécies em três grupos considerando: germinação rápida, germinação intermediária e germinação prolongada.

Ao estudar plântulas de espécies ocorrentes em Bogor, na Indonésia, Vogel (1980) associou características morfológicas das sementes e inseriu os tipos de cotilédones, como foliáceos – frequentemente finos, verdes e capazes de realizar fotossíntese, ou carnudos – geralmente espessos, atuando como órgãos de reserva, com ou sem capacidade fotossintética. Esse autor considerou ainda as fases de repouso durante o crescimento da plântula e a filotaxia dos eófilos.

Estudando as espécies vegetais da ilha do Barro no Estado do Colorado - Panamá, Garwood (1983) determinou três tipos básicos de plântulas: plântulas com cotilédones foliáceos, epígeos e fanerocotiledonares; plântulas com cotilédones de reserva, epígeos e

fanerocotiledonares e plântulas com cotilédones de reserva, hipógeos, cripto ou fanerocotiledonares.

Os estudos desenvolvidos por Miquel (1987) no Gabão, África Central, consolidou os sistemas de classificação propostos por Ng (1978), Vogel (1980) e Garwood (1983), permitindo comparações entre as pesquisas sobre a ecologia morfofuncional de plântulas tropicais (Ressel *et al.*, 2004).

Posteriormente, Garwood (1996) classificou as plântulas em cinco grupos morfofuncionais de acordo com as características dos cotilédones: PEF – plântulas fanerocotiledonares, epigéias foliáceas; PER – plântulas fanerocotiledonares, epigéias de reserva ou absorção; PHR – plântulas fanerocotiledonares, hipogéias de reserva ou absorção; CHR – plântulas criptocotiledonares, hipogéias de reserva ou absorção; CER – plântulas criptocotiledonares, epigéias de reserva ou absorção. As associações dos distintos tipos de germinação com as diferenças morfológicas dos cotilédones, foliáceos fotossintetizantes ou de reserva das plântulas, podem suscitar em diversas estratégias para sobrevivência e estabelecimento da planta em condições naturais (Cosmo *et al.*, 2017; Silva, 2020).

No Brasil, alguns trabalhos sobre crescimento inicial de espécies nativas já vêm sendo desenvolvidos, com em Cunha e Ferreira, (2003), Silva; Bastos; Gurgel, (2009), Coutinho (2012), Ferreira *et al.* (2015), Duarte *et al.*, (2016), Fernandes; Oliveira; Fernandes, (2016), Matos e Landim (2016); Ferreira *et al.* (2020), Campos *et al.* (2023), Carvalho *et al.* (2023). No entanto, a maioria dos trabalhos são realizados com poucas espécies ou abordam poucas características morfológicas das plântulas e plantas jovens.

No estado do Ceará, poucas pesquisas nesse âmbito foram desenvolvidas, a exemplo, Amaro *et al.* (2006), Abud *et al.* (2009), Guerra; Medeiros Filho; Gallão (2006), Nogueira; Filho, Gallão (2010), Ferreira *et al.* (2012), Brito *et al.* (2014) e Moreira; Silva; Medeiros Filho (2016). Destes, somente três estudos são voltados para região da Chapada do Araripe – CE (Amaro *et al.*, 2006, Guerra; Medeiros Filho; Gallão, 2010 e Moreira; Silva; Medeiros Filho, 2016).

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. **Contribuição a Geomorfologia dos Cerrados**. In: FERRI, M. G. (Ed.). Simpósio sobre o cerrado. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, p. 117-124, 1963.
- ABUD, H. F.; REIS, R. G. E., TEÓFILO, E. M. Caracterização morfológica de frutos, sementes, plântulas e germinação de *Mucuna aterrima* Piper & Tracy. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 4, p. 563-569, 2009.
- ALENCAR, A. L.; SILVA, M. A. P.; BARROS, L. M. Florística e Fitossociologia de uma Área de Cerradão na Chapada do Araripe – Crato – CE. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 2, p.18-20, 2007.
- ALVES, C. C. E.; BEZERRA, L. M. A.; MATIAS, A. C. C. A importância da conservação/preservação ambiental da Floresta Nacional do Araripe para a Região do Cariri-Ceará/Brasil. **Revista Geográfica da América Central**, v. 2, p. 1-10, 2011.
- AMARO, M. S.; MEDEIROS FILHO, S.; GUIMARÃES, R. M.; REÓFILO, E. M. Morfologia de frutos, sementes e de plântulas de janaguba (*Himatanthus drasticus* (Mart.) Plumel. – Apocynaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 1, p. 63-71, 2006.
- ARAÚJO, E. C., MENDONÇA, A. V. R., BARROSO, D. G., LAMÔNICA, K. R., SILVA, R. F. Caracterização de frutos, sementes e plântulas de *Sesbania virgata*. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n. 1, p. 105-110, 2004.
- ARAÚJO, P. A. A.; SANTANA, G. A.; FAÇANHA, W. M.; SANTOS, Y. Y. N.; SILVA, B. M. S. Morfo-Anatomia do fruto, da semente e plântula de *Abrus precatorius* L. (Fabaceae). **Revista Ensaios e Ciência**, v. 25, n. 4, p. 462-467, 2021.
- BARROSO, G. M.; MORIM, M. P.; PEIXOTO, A. L.; ICHASO, C. L. F. **Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas**. Viçosa: Editora UFV, 443p, 1999.
- BASKIN, C. C., BASKIN, J. M. Ecology of seed dormancy and germination in greases. In: CHEPLICK, G.P. (Eds.). **Population biology of grasses**. Cambridge: Cambridge University Press. p. 30-83, 1998.
- BATTILANI, J. L., SANTIAGO, E. F., DIAS, E. S. Morfologia de frutos, sementes, plântulas e plantas jovens de *Guibourtia hymenifolia* (Moric.) J. Leonard (Fabaceae). **Revista Árvore**, v. 35, n. 5, p. 1089-1098, 2011.
- BENÍCIO, R. M. A.; NASCIMENTO, A. S.; MORAIS, S. C. O.; LISBOA, M. A. N.; SILVA, L. V. A.; CRUZ, G. V.; MORAIS, H. N.; ARAÚJO, I. F.; LINHARES, K. V.; SILVA, M. A. P.; ROCHA, L. S. G.; CALIXTO JÚNIOR, J. T. Um refúgio de Mata Úmida no interior do Nordeste brasileiro: estrutura e diversidades alfa e beta. **Ciência Florestal, Santa Maria**, v. 33, n. 3, p. 1-25, 2023.
- BEZERRA, F. T. C., ANDRADE, L. A., BEZERRA, M. A. F., SILVA, A. L. M., NUNES, R. C. R., COSTA, E. G. Biometria de frutos e sementes e tratamentos pré-germinativos em *Cassia fistula* L. (Fabaceae-Caesalpinioideae). **Revista Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p.2273-2286, 2014.
- BICALHO, T. F., BARBOSA, L. O., FERNANDES, T. O. M., MARTINS, E. R., KAZAMA, V.S., LONGHI, S. J. Biometric diversity of fruit and seeds of barbatimão [*Stryphnodendron*

adstringens (Mart.) Coville] in northern Minas Gerais. **Revista Floresta**, v. 50, n. 2, p.1239-1248, 2020.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente**. Ceará: inventário florestal nacional: principais resultados. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2016.

BRITO, S. F.; SOUSA, J. E. S.; BEZERRA, Morfometria de frutos e sementes e desenvolvimento pós-seminal de *Acnistus arborescens*. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 57, n. 4, p. 422-428, 2014.

CALIXTO JÚNIOR, J. T., MOURA, J. C., LISBOA, M. A. N., CRUZ, G. V., GONÇALVES, B. L. M., BARRETO, E. S. S. T., BARROS, L. M., DRUMOND, M. A., MENDONÇA, A. C. A. M., ROCHA, L. S. G., SILVA, M. A. P., CORDEIRO, L. S. Phytosociology, diversity and floristic similarity of a Cerrado fragment on Southern Ceará state. **Brazilian Semiarid. Scientia Forestalis**, v. 49, n. 130, 2021.

CAMARA, C. A.; ARAÚJO NETO, J. C. A.; FERREIRA, V. M.; ALVES, E. U.; MOURA, F. B. P. Caracterização morfológica de frutos e sementes e efeito da temperatura na germinação de *Parkia pendula* (Willd.) Benth. Ex Walp. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 3, p. 281-290, 2008.

CAMPOS, M. L.; DAVID, A. M. S. S.; PINTO, D. R.; ROCHA, R. V. S.; ALVES, F. R. P.; FIGUEIREDO, J. C.; PARAIZO, E. A. Morfobiometria de frutos, sementes e plântulas de *Khaya grandifoliola*. **Brazilian Journal of Forestry Research**, v. 43, p. 1-8, 2023.

CANDOLLE, A. P. The leguminous seed. **Phytomorphology**, v.1, p.117-150, 1825.

CARVALHO, M. S.; FREITAS, A. R. J.; PINHEIRO, D. T.; DIAS, D. C. F. S. Fruit and seed morphology, and germination of *Quesnelia quesneliana* (Brongniart) L.B. Smith. **Revista Caatinga**, v. 35, n. 1, p. 26 – 32, 2022.

COLE, M. M. The Savannas. Biogeography and Geobotany. **Academic Press**, Harcourt Brace Javanovich Publishers. London, UK. 1986.

COSMO, N. L.; NOGUEIRA, A. C.; LIMA, J. G.; KUNIYOSHI, Y. S. Morfologia de fruto, semente e plântula de *Sebastiania commersoniana*, Euphorbiaceae. **Revista Floresta**, v. 40, n. 2, p. 419-428.

COSMO, N. L.; GOGOSZ, A. M.; REGO, S. S.; NOGUEIRA, C. A.; KUNIYOSHI, Y. S. Morfologia de fruto, semente e plântula, e germinação de sementes de *Myrceugenia euosma* (O. Berg) D. Legrand (Myrtaceae). **Revista Floresta**, v. 47, n. 4, p. 479-488, 2017.

COSTA, I. R.; ARAÚJO, F. S. Organização comunitária de um enclave de cerrado sensu stricto no bioma Caatinga, chapada do Araripe, Barbalha, Ceará. **Revista Acta Botanica Brasilica**, v. 21, n. 2, p. 281-291, 2007.

COSTA, J. P.; SILVA, I. C.; COSTA, G. M.; BEOZINGA, A. W. Efeito do regime de fogo nas espécies arbóreas de cerrado sensu stricto. **Revista Gestão, Tecnologia e Ciências**, v. 12, n. 41, p. 61-69, 2023.

COSTA, I. R.; ARAÚJO, F. S.; LIMA-VERDE, L.W. Flora e aspectos auto-ecológicos de um enclave de cerrado na chapada do Araripe, Nordeste do Brasil. **Revista Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n. 4, p. 759-770, 2004.

COSTA-COUTINHO, J. M.; JARDIM, M. A. G.; CASTRO, A. A. J. F.; VIANA-JUNIOR, A. B. Conexões biogeográficas de savanas brasileiras: partição da diversidade marginal e disjunta

e conservação do trópico ecotonal setentrional em um *hotspot* de biodiversidade. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 7, p. 2406-2427, 2019.

COUTINHO, L. M. O conceito de Cerrado. *Rev. Bras. Bot.* 1, 1, 17-23, 1976.

COUTINHO, D. J. G. Dispersão de diásporos e ecologia morfofuncional de plântulas de espécies de um fragmento de Floresta Atlântica em Dois Irmãos, Recife-PE. **Revista do Instituto Florestal**, v. 24, n. 1, 85-97, 2012.

CUNHA, M. C. L.; FERREIRA, R. A. Aspectos morfológicos da semente e do desenvolvimento da planta jovem de *Amburana cearensis* (Arr. Cam.) A.C. Smith Cumaru - Leguminosae Papilionoideae. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 25, n. 2, p. 89-96, 2003.

DINIZ, F. O.; MEDEIROS FILHO, S.; BEZERRA, A. M. E.; MOREIRA, F. J. C. Biometria e morfologia da semente e plântula de oiticica. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 2, p. 183-187, 2015.

DUARTE, M. M.; MILANI, J. E. F.; BLUM, C. T.; NOGUEIRA, A. C. Germinação e morfologia de sementes e plântulas de *Albizia edwallii* (Hoehne) Barneby & J. W. Grimes. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 3, p. 166 – 173, 2015.

DUKE, J. A. Keys for the identification of seedlings of some prominent woody species in eight forest types in Puerto Rico. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 52, p. 314-350, 1965.

DURIGAN, G.; RATTER, J. A. The need for a consistent fire policy for Cerrado conservation. **Journal of Applied Ecology**, v. 53, p. 11–15, 2016.

EITEN, G. The cerrado vegetation of Brazil. **Botanical Review**, v. 38, n. 2, p. 201-341, 1972.

EMBRAPA. Agência de Informação Embrapa. **Bioma Cerrado**. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/contando-ciencia/bioma-cerrado>> Acesso em: 09.04.24.

FERNANDES, M. M.; OLIVEIRA, T. M.; FERNANDES, M. R. M. Regeneração natural de um fragmento florestal de caatinga na região semi-árida do Piauí. **Scientia Plena**, v.13, n. 02, p.1-7, 2016.

FERNANDES, M. F.; CARDOSO, D.; PENNINGTON, R. T.; QUEIROZ, L. P. The origins and historical assembly of the Brazilian Caatinga seasonally dry tropical forests. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 10, p. 1-13, 2022.

FERREIRA, W. N.; ZANDEVALLI, R. B.; BEZERRA, A. M. E.; MEDEIROS FILHO, S. Crescimento inicial de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke (Mimosaceae) e *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altshul (Mimosaceae) sob diferentes níveis de sombreamento. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 2, p. 408-414, 2012.

FERREIRA, J. C. V.; PRAXEDES, B. D. A. C.; CHAVES, M. S.; LIMA, Z. M. C. Atividade de Campo e o Ensino de Geografia Física: Uma Proposta de Roteiro Científico para a Chapada do Araripe, Ceará, NE do Brasil. **Revista Sociedade e Território**, v. 28, n. 1, p. 174-192, 2016.

FERREIRA, R. A.; BARRETTO, S. S. B. Caracterização morfológica de frutos, sementes, plântulas e mudas de pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lamarck). **Revista Árvore**, v. 39, n. 3, p. 505-512, 2015.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Editora Artmed, 323p. 2004.

- FERREIRA, V. S. G.; SOUTO, P. C.; BORGES, C. H. A.; FREITAS, A. L. F.; NAVAIS, D. B.; PINTO, M. G. C. Biometric aspects of fruit and seeds *Poincianella pluviosa* var. *peltophoroides* (Benth.) L.P. Queiroz. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 5, n. 2, p. 253-258, 2020.
- FIEDLER, N. C.; AZEVEDO, I. N. C.; REZENDE, A. V.; MEDEIROS, B. M., VENTUROILI, F. Efeito de incêndios florestais na estrutura e composição florística de uma área de cerrado sensu stricto na fazenda Água Limpa-DF. **Revista Árvore**, v. 28, n. 1, p. 129-138, 2004.
- FIGUEIREDO, M. A., FERNANDES, A. Encraves de Cerrado no interior do Ceará. **Ciência Agrônômica**, v. 18, n. 2, p. 103-106, 1987.
- FURLEY, P. A.; RATTER, J. A. Soil resources and plant communities of the central Brazilian cerrado and their development. **Journal of Biogeography**, 15, 1, 97-108, 1988.
- GARWOOD, N. C. Seed germination in a seasonal tropical forest in Panama: a community study. Source: **Ecological Monographs**, v. 53, n. 2, p. 159-181, 1983.
- GARWOOD, N. C. **Functional morphology of tropical tree seedlings**. In: Swaine, M. D. The ecology a tropical forest tree seedlings, Man & Biosphere. Series - Unesco, v. 17, p. 59-119, 1996.
- GONÇALVES, L. G. V.; ANDRADE, F. R.; JUNIOR, B. H. M.; SCHOSSLER, T. R.; LENZA, E.; MARIMON, B. S. Biometria de frutos e sementes de mangaba (*Hancronia speciosa* Gomes) em vegetação natural na região de Mato Grosso, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 31-40, 2013.
- GUERRA, M. E. C.; MEDEIROS FILHO, S.; GALHÃO, M. I. Morfologia de sementes, de plântulas e da germinação de *Copaifera langsdorfii* Desf. (Leguminosae – Caesalpinioideae). **Revista Cerne, Lavras**, v. 12, n. 4, p. 322-328, 2006.
- GURGEL, E. S. C.; SANTOS, J. U. M.; LUCAS, F. C. A.; BASTOS, M. N. C. Morfologia de plântulas de Leguminosae e o potencial sistemático. **Revista Rodriguésia**, v. 63, n. 1, p. 065-073, 2012.
- HOFFMANN, P. M.; SAMPAIO, A. C. F.; BORGO, M. G. J.; BLUM, C. T. Análise morfológica, biométrica e de fases de desenvolvimento: *Solanum diploconos*. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 15, n. 2, p. 423-438, 2022.
- HOWE, H.F.; SMALLWOOD, J. Ecology of seed dispersal. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 13, p. 201-228, 1982.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, 2005.
- LÉONARD, J. Genera des Cynometreae et des Amherstieae africaines (Leguminosae-Caesalpinioideae). Essai de blastogénie appliquée à la systématique. **Memoire couronné par la Classe des Sciences de l' Académie Royale de Belgique. Sciences**, v. 30, n. 312, 1957.
- LIMA, R. D. Birds of the Caatinga revisited: The problem of enclaves within, but not of, the Caatinga. **Journal of Arid Environments**, v. 191, 2021.
- LIMA, L. F.; LIMA, P. B.; SANTOS, R. S.; PIRES, C. S.; ZICKEL, C. S.; ALMEIDA J. R. E. B. *Himatanthus phagedaenicus* (Mart.) Woodson: germinação de sementes e morfologia da plântula. **Biosphere Comunicações Científicas**, v. 1, n. 2, p. 1-8, 2022.

- LOPES, G. R.; LIMA, M. G. B.; REIS, T. N. P. Maldevelopment revisited: Inclusiveness and social impacts of soy expansion over Brazil's Cerrado in Matopiba. **World Development**, v. 139, n. 105316, p. 1-17, 2021.
- MACÊDO, D. G.; RIBEIRO, D. A.; COUTINHO, H. C. M.; MENEZES, I. R. A.; SOUZA, M. M. A. Práticas terapêuticas tradicionais: Uso e conhecimento de plantas do cerrado no estado de Pernambuco (Nordeste do Brasil). **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromaticas**, v. 14, n. 6, p. 491–508, 2015.
- MATOS, I. S.; LANDIM, M. F. Ecologia morfofuncional de plântulas de 15 espécies da Floresta Atlântica Sergipana, Brasil. **Scientia Plena**, v. 12, n. 09, p. 1-15, 2016.
- MELO, F. P. L.; AGUIAR NETO, A. V. A. SIMABUKURO, E. A. TABARELLI, M. **Recrutamento de estabelecimento de plântulas**. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. Germinação: do básico ao aplicado. Ed. Artimed, 2004. 237-250p.
- MIQUEL, S. Morphologie fonctionnelle de plantules d'espèces forestières du Gabon. **Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle**, v. 9, n.1, p. 101-121, 1987.
- MMA. **Instrução Normativa nº 6 (de 23 de setembro de 2008)**. Ministério do Meio Ambiente. O Bioma Cerrado. 2023. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>> Acesso em: 02.012.2023.
- MOREIRA, F. J. C.; SILVA, M. A. P.; MEDEIROS FILHO, S. Germinação e crescimento inicial de cajuí (*Anacardium microcarpum* DUCKE) em função do tamanho das sementes e do tempo de embebição. **Caderno de Cultura e Ciência**, v.15, n.1, 2016.
- MORO, M. F.; CASTRO, A. S. F.; ARAÚJO, F. S. Composição florística e estrutura de um fragmento de vegetação savânica sobre os tabuleiros pré-litorâneos na zona urbana de Fortaleza, Ceará. **Rodriguésia**, v. 62, n. 2, p. 407-423, 2011.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.
- NASCIMENTO, D. T. F.; NOVAIS, G. T. Clima do Cerrado: dinâmica atmosférica e características, variabilidades e tipologias climáticas. **Revista de Geografia da UEG**, v. 9, n. 2, p. 1-39, 2020.
- NG, F. S. P. The fruits, seeds and seedlings of Malayan forest trees I-XI. **Malaysian Forester**, v. 38, p. 33-39, 1975.
- NG, F. S. P. **Strategies of establishment in Malayan forest trees**. In: Tomlinson, P.B.P. & Zimmermann, M. H. (eds.). **Tropical trees as living systems**. Cambridge University Press, London. Pp. 129-162, 1978.
- NOGUEIRA, F. C. B.; MEDEIROS FILHO, S.; GALLÃO, M. I. Caracterização da germinação e morfologia de frutos, sementes e plântulas de *Dalbergia cearensis* Ducke (pau-violeta) – Fabaceae. **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n. 4, p. 978-985, 2010.
- OLIVERIA, G.; ARAÚJO, M. B.; RANGEL, T. F.; ALAGADOR, D.; DINIZ-FILHO, J. A. F. Conserving the Brazilian semiarid (Caatinga) biome under climate change. **Biodiversity and Conservation**, v. 21, n. 11, p. 913–2926, 2012.
- OLIVEIRA, A. M. E.; WENDLING, B.; ERICSSON, D. B. C.; XAVIER, M. A. S.; XAVIER, A.R.E. O. Métodos de propagação e fatores que interferem na germinação das principais gramíneas nativas de Cerrado. **Revista Caderno de Ciências Agrárias**, v. 12, p. 01-08, 2020.

PAOLI, A. A. S.; BIANCONI, A. Caracterização morfológica de frutos, sementes e plântulas de *Pseudima frutescens* (Aubl.) Radlk. (Sapindaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 2, p. 146-155, 2008.

PRANCE, G.T. Island in Amazonia. Philos. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, v. 351, p. 823- 833, 1996.

REFLORA: **Flora e Funga do Brasil**. 2024. Disponível em: <<https://reflora.jbrj.gov.br/reflora/herbarioVirtual>>. Acesso em: 26/04/2024.

RESSEL, K.; GUILHERME, F. A. G.; SCHIAVINI, I.; OLIVEIRA, P. E. Ecologia morfofuncional de plântulas de espécies arbóreas da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. **Brazilian Journal of Botany**, 27, 311–323, 2004.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofitofisionomia do Bioma Cerrado. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. (Eds.) **Cerrado: ambiente e flora**. Brasília: Embrapa, 1998. p.89-166.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. **As principais fitofisionomias do bioma Cerrado**. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (ed.) **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: Embrapa, p. 151-222, 2008.

RIBEIRO-SILVA, S.; MEDEIROS, M. D.; GOMES, B. M.; SEIXAS, E. N. C.; SILVA, M.A.P. Angiosperms from the Araripe National Forest, Ceará, Brazil. Check List: **Journal of species lists and distribution**, v. 8, p. 744-751, 2012.

RICARDI, M.; TORRES, F., HERNÁNDEZ, C., QUINTERO, R. Morfologia de plantulas de *Arboles venezolanos*. I. **Revista Florestal Venezolana**, v. 27, p. 15-56, 1977.

RIOS, P. A. F.; ARAÚJO NETO, J. C. A.; FERREIRA, V. M.; NEVES, M. I. R. S. Seed morphometry and germination of *Aechmea costantinii* (Mez) L. B. Sm. (Bromeliaceae). **Revista Caatinga**, v. 29, n. 1, p. 85-93, 2016.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil – Aspectos ecológicos**. São Paulo: Hucitec, Edusp. 2º volume, 747p, 1997.

RODRIGUES, B. J. S.; TEIXEIRA, M. C. S. A.; MENDES, M. R. A.; LEMOS, J. R.; MAGALHÃES, P. S. C. Morfometria de frutos, sementes e plântulas e métodos para superação da dormência de sementes de *Guazuma ulmifolia* Lam. (Malvaceae). **Journal Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p.1-12, 2021.

ROVERI NETO, A. R.; PAULA, R. C. Variabilidade entre árvores matrizes de *Ceiba speciosa* St. Hil para características de frutos e sementes. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 2, p. 318-327, 2017.

SANTANA, B. J. G.; SILVA, J. P. G.; MARANGON, L. C. Morfologia externa de *Miconia prasina* (Sw.) DC. em estágio inicial de desenvolvimento. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 6, n. 4, p. 310–316, 2021.

SANTOS, J. E. G.; BENÍCIO, R. M. A.; SILVA, J. M.; BRITO, C. M.; RICARTE, M. C. C.; FIGUEIREDO, C. U. L. Fortalecendo o ensino de ciências através da pesquisa paleontológica na bacia sedimentar do araripe, Ceará – Brasil. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 28872–28885, 2020.

SIEBRA, F. S. F.; BEZERRA, L. M. A.; OLIVEIRA, M. L. T. A Influência Geoturística e ambiental do Geopark Araripe no Geossítio Colina do Horto, Ceará/Brasil. **Revista Geográfica de América Central**, v. 2, p. 1–14, 2011.

- SILVA, K. B.; ALVES, E. U.; BRUNO, R. L. A.; MATOS, V. P.; GONÇALVES, E. P. morfologia de frutos, sementes, plântulas e plantas de *Erythrina velutina* Willd., Leguminosae-Papilionideae. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 3, p. 104-114, 2008.
- SILVA, M. M. F.; BASTOS, M. N. C.; GURGEL, E. S. C. Aspectos taxonômicos e morfológicos do processo germinativo e da plântula de *Peltogyne venosa* subsp. *densiflora* (Spruce ex Benth.) M.F. Silva (Leguminosae – Caesalpinioideae). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais**, 4, n. 3, p. 291-302, 2009.
- SILVA, G. L.; MEDEIROS FILHO, S.; ZANDAVALLI, R. B.; PEREIRA, D. S.; SOUSA, G. G. Biometria e emergência de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith em função da coloração do fruto. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 4, p. 635-642, 2013.
- SILVA NETO, B. **Perda da vegetação natural na Chapada do Araripe (1975/2007) no estado do Ceará**. 2013. 186 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro - SP, 2013.
- SILVA, J. P. G. **Regeneração natural e morfologia de sementes e plântulas de espécies arbóreas em remanescente de floresta tropical úmida, Pernambuco, Brasil**. 2020. 155f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 2020.
- SOARES, I. D.; NOGUEIRA, A. C.; GRABIAS, J.; KUNIYOSHI, Y. S. Caracterização morfológica de fruto, semente e plântula de *Psidium rufum* DC. (Myrtaceae). **Revista Iheringia**, v. 72, n. 2, p. 221-227, 2017.
- SOBRINHO, S.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; LUZ, P. B.; CAMILI, E. C. Caracterização física de frutos e sementes de *Lafoensia pacari*, *Alibertia edulis* e *Genipa americana*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 2, p.382-389, 2017.
- SOUZA, F. G. L. S.; SILVA, M. A. P.; LOIOLA, M. I. B. Passifloraceae s.s. na Chapada do Araripe, nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 2, p. 770–783, 2021.
- SOUZA, A. S.; LOPES, A. F. A.; COSTA, S. F.; MOREIRA, F. J. C. Biometria, rendimento de polpa e qualidade fisiológica de sementes de insulina vegetal (*Cissus verticillata* L.) Vitaceae. **International Journal Semiarid**, v. 7, p. 406-420, 2024.
- STRASSBURG, B. B.; BROOKS, T.; FELTRAN-BARBIERI, R.; IRIBARREM, A.; CROUZEILLES, R.; LOYOLA, R.; LATAWIEC, A. E.; FILHO, F. J. B. O.; SCARAMUZZA, C. A. M.; SCARANO, F. R.; SOARES-FILHOS, B.; BALMFOR, A. Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Journal Nature, Ecology and Evolution**, v. 1, n. 4, 1 3, 2017.
- TORRES, E. B. Identificación de plantulas de algunas especies arboreas del bosque de Niebla. **Perez-Arbelaezia**, v. 1, n. 1, p. 39-95, 1985.
- VASCONCELOS, C. D. C. **Frutos, sementes e plântulas de espécies neotropicais de Chrysophylloideae (Sapotaceae)**. 2017. 157 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Amazonas - UFAM, Manaus, 2017.
- VENZKE, T. S.; MARTINS, S. V.; NERI, A. V.; KUNZ, S. H. Síndromes de dispersão de sementes em estágios sucessionais de mata ciliar, no extremo sul da Mata atlântica, Arroio do Padre, RS, Brasil. **Revista Árvore**, v. 38, n. 3, p. 403-413, 2014.

VIDAL, W. N., VIDAL, M. R. R., PAULA, C. C. **Botânica: organografia:** Quadros sinóticos ilustrados de fanerógamas. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa: Editora UFV. 5ª ed, 2021.

VOGEL, E. F. 1980. **Seedlings of dicotyledones.** Pudoc, Wageningen. 465p.

WILLSON, M. F.; TRAVESET, A. **The ecology of seed dispersal.** In: FENNER, M. Seeds: the ecology of regeneration in plant communities. 2ª ed. Wallingford: p. 85-110, 2000.

RESULTADOS

CAPÍTULO 1: Morphobiometric characterization of dry fruits, seeds, seedlings, and young plants from a Cerrado fragment in the Caatinga Domain, Brazilian semiarid

Manuscrito a ser submetido à Revista Phytotaxa (Qualis A4 na área de Biodiversidade e Fator de Impacto 1.1)

Morphobiometric characterization of dry fruits, seeds, seedlings, and young plants from a Cerrado fragment in the Caatinga Domain, Brazilian semiarid

CÍNTIA LARISSA PEREIRA DA SILVA^{1,4*}, FELIPE RUFINO DOS SANTOS^{1,5}, MARCOS AURÉLIO FIGUEIREDO DOS SANTOS^{2,6}, LUANA MATEUS DE SOUSA^{3,7}, MARIA ARLENE PESSOA DA SILVA^{1,8}, MARIA IRACEMA BEZERRA LOIOLA^{3,9}

¹ Universidade Regional do Cariri - URCA, Crato 63105-000, Ceará, Brasil

² Secretária Municipal de Educação do Juazeiro do Norte 63010-480, CE, Brasil

³ Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza 60440-900, Ceará, Brasil

⁴ larissacintia2109@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-8499-203X>

⁵ feliperufino516@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-7228-8662>

⁶ marcos.figueiredo@urca.br; <https://orcid.org/0000-0002-3409-5242>

⁷ luanamateus96@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-1415-3297>

⁸ arlene.pessoa@urca.br; <https://orcid.org/0000-0001-8148-5350>

⁹ iloiola@ufc.br; <https://orcid.org/0000-0003-3389-5560>

* **Corresponding author:** Cíntia Larissa Pereira da Silva, E-mail: larissacintia2109@gmail.com

Abstract

Knowledge about the morphology of fruits, seeds, and early growth enables a better understanding of the dynamics of plant communities. The objectives of this study were to characterize the morphology and biometrics of fruits and seeds, and to analyze germination and initial growth, and examine the dispersal syndrome of Cerrado species occurring in Chapada do Araripe. For fruit and seed description and biometrics, 100 samples of each species were used. Seeds were distributed in germination boxes and placed in a germination chamber. The seedlings were transferred to trays containing sand and vermiculite and moved to a greenhouse, where they were observed for four months. Four species with dry fruits were investigated: *Jacaranda brasiliiana* (Bignoniaceae), *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae), *Parkia platycephala* (Fabaceae), and *Roupala montana* (Proteaceae). All species showed high germination rates ((85.83%, 84.66%, 100%, and 82.5%, respectively), with three being epigeal and one hypogeal. Two morphofunctional types were observed: phanero-epigeal-reserve and crypto-hypogeal-reserve. Dispersal syndromes observed were zoochory and anemochory. We conclude that the morphometric characteristics of fruits and seeds of the studied species are essential for determining the best practices for germination and propagation practices and that the morphological data of seedlings and young plants are fundamental for understanding the structural changes that occur during growth, making this information of significant taxonomic and ecological importance. We recommend *J. brasiliiana* and *P. platycephala* as the most promising species for the recovery of degraded areas or reforestation, due to their high germination rates and rapid growth.

Keywords: Savanna, Morphofunctional types, Germination, Zoochory.

Introduction

The predominant vegetation in the semiarid part of the northeastern region of Brazilian is a set of different physiognomies, commonly known as Caatinga, in which remaining vegetation from the Atlantic Forest and Cerrado biomes occurs, establishing a complex vegetational dynamic (Lima 2021; Fernandes *et al.* 2022). In Ceará, the Caatinga is also the

predominant biome, covering about 88% of the vegetation, while the Cerrado occurs in small localized sites, covering only 0.4% of the state's area (Brasil 2016; Calixto Júnior *et al.* 2021).

The presence of these Cerrado enclaves in other biomes can be explained by the Refuge Theory, which emphasizes that during the Quaternary Period, the expansion and contraction events of forests and arid regions were caused by rapid climatic variations, shaping the current landscape of Brazilian territory (Ab'Saber 1963; Prance 1996; Rizzini 1997; Benício *et al.* 2023). However, agricultural intensification in recent decades across different Brazilian biomes has accelerated the degradation of vegetation cover and consequently reduced biodiversity (Oliveira *et al.* 2020). In this context, understanding the morphology of structures and the reproductive strategies of native species is of considerable importance for comprehending autecology, which refers to the study of the biological relationships of a particular species with its physical environment (Cosmo *et al.* 2010).

The morphological characteristics of fruits, seeds, and seedlings associated with dispersal syndromes play a significant role in the establishment and survival of species (Sobrinho *et al.* 2017). In this context, the analysis of the morphological characteristics of reproductive structures and seedlings is of great relevance in taxonomy, enriching the information available for species identification and contributing to the resolution of phylogenetic and ecological issues (Gurgel *et al.* 2012).

The seedling establishment phase is crucial for the survival of plant species, as they are more susceptible to environmental stressors during this stage, facing intense competition and predation risk (Fagundes *et al.* 2011). Therefore, the transition from seed to seedling represents the first and most critical challenge in the plant life cycle, playing a fundamental role in the success or failure of plant colonization (Donohue *et al.* 2010). Besides being a critical stage in the life cycle of many species, the seedling phase of most species is still poorly explored and understood. Thus, specific seedling characteristics, especially those related to cotyledons, such as size, function, position, and nutrient reserves, can play a crucial role in successful establishment and, consequently, in species propagation (Porto *et al.* 2021).

Despite its relevance to study areas such as taxonomy and ecology, there are still gaps to be filled regarding the morpho-functionality of seedlings of native species in Brazil (Santiago *et al.* 2021). Furthermore, given the increasing rates of vegetation and flora loss, morphofunctional investigation of seedlings becomes even more crucial, providing essential support for programs of natural recovery and vegetation management (Lima *et al.* 2022). Although they inhabit areas with the same environmental conditions, species with dry fruits exhibit different reproductive strategies and dispersal syndromes, as they rely on characteristics inherent to each species.

In light of this, the objective of this study were to characterize the morphology and biometrics of fruits, seeds, seedlings, and young plants of Cerrado species occurring in the Chapada do Araripe, in northeastern Brazil. Also to analyze germination and initial growth aiming to aid in taxonomic identification and provide support for studies on the regeneration and recovery of degraded areas, contributing to their conservation.

Material and methods

Description of the Study Area

The Chapada do Araripe is located in the central part of northeastern Brazil. It covers a territorial area of about 180 km in length and 70 km in width, encompassing 38 municipalities in the states of Ceará, Pernambuco, and Piauí (Souza *et al.* 2021). It is a flat-topped tabular plateau, with a summit at an altitude of 800-1000 meters, housing different types of vegetation such as Carrasco, Cerrado, Cerradão and Atlantic Forest (Alencar *et al.* 2007) (Figure 1).

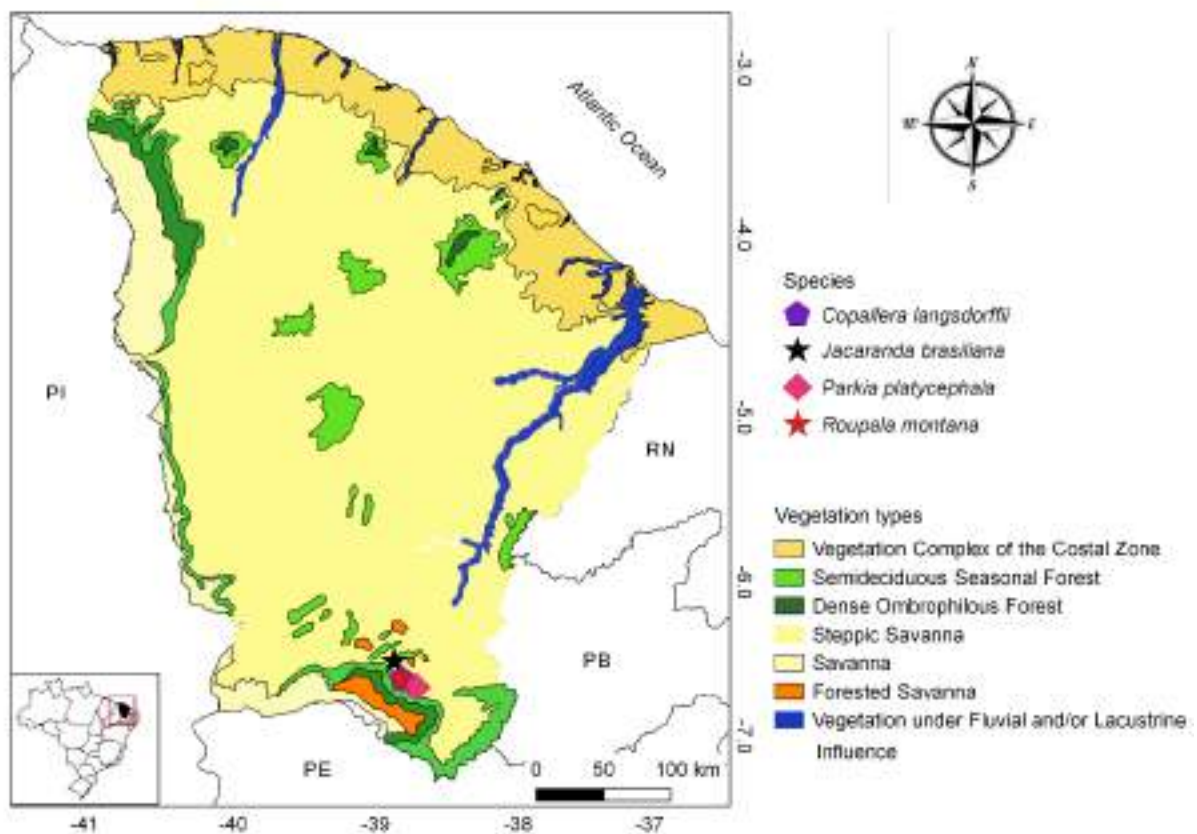


FIGURE 1. Location map of the Chapada do Araripe, Northeast Brazil.

The predominant climate in the region is humid tropical, with two well-defined seasons: a rainy season (December to April) and a dry season (May to November), according to the Köppen classification. The average annual precipitation varies between 700-1000 mm, and temperatures range from 23°C to 27°C (Álvares *et al.* 2013; FUNCEME 2024). The soils consist of a combination of red-yellow and dark red latosols, medium to clayey texture, deep

profile, good drainage, highly leached and weathered across the soil horizons (Macêdo *et al.* 2015).

The Chapada do Araripe hosts a diverse flora, attracting researchers globally due to its rich biodiversity. It is renowned not only for its vegetation but also for its unique assemblage of rare and endemic species, as well as its globally significant fossil deposits (Siebra *et al.* 2011).

Botanical material collection

Field expeditions for seed and fruit collection were performed between August/2022 and December/2023. Trails in Cerrado areas of the Chapada do Araripe region in the municipalities of Barbalha, Crato, Jardim, and Nova Olinda, Ceará (Figure 1) were traversed under authorization from the Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO) under the number 80398-1.

To standardize procedures, four native woody species occurring in Cerrado areas were selected for the study (Table 1). The criterion for species selection was the presence of satisfactory quantities of dry fruits and seeds for testing assembly.

TABLE 1. Species occurring in the Cerrado areas of Chapada do Araripe, selected for the study.

Family	Species	Sampling date	Registration number HCDAL
Bignoniaceae	<i>Jacaranda brasiliana</i> (Lam.) Pers.	September/2022	15.749
Fabaceae	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Juny/2023	16.363
Fabaceae	<i>Parkia platycephala</i> Benth.	February/2023	16.359
Proteaceae	<i>Roupala montana</i> Aubl.	September/2023	15.740

After collection, the seeds were taken to the Laboratory of Applied Botany (LBA) at Universidade Regional do Cariri (URCA) – Pimenta Campus, in the municipality of Crato, Ceará. There, they were dried at room temperature on plastic trays lined with paper. Following this drying period, they were stored in a freezer at 10°C in paper bags until just before germination tests were conducted.

Concurrently, samples of branches in the reproductive stage (with flowers and/or fruits) from the studied species were processed using standard herbarium techniques (IBGE 2012). Subsequently, these samples were identified and deposited at the Caririense Dárdano de Andrade-Lima Herbarium – HCDAL at URCA University (Table 1).

Biometry of fruits and seeds

For the description of fruit and seed morphology, 100 randomly selected samples were used. The methodology, parameters, and terminology employed for describing fruits and seeds were based on Silva (2003) and Vidal *et al.* (2021). The following aspects were examined for fruit description: type, color, dimensions, texture, dehiscence, and number of seeds. For seeds, the observed external morphological characteristics included: color, dimensions, texture, tegument consistency, as well as seed shape and margin. Length (distance from apex to base), width, and thickness measurements of fruits and seeds were determined using a digital caliper. Results were calculated based on original values and reported as mean, minimum, maximum, standard deviation, and standard error.

For the observation of initial growth, the methodology of Rodrigues *et al.* (2012) was employed. A total of 150 seeds were placed to germinate in gerbox containers, lined with two sheets of moistened filter paper with 5 ml of distilled water. The seeds were pretreated with 2.5% sodium hypochlorite for five minutes and rinsed with distilled water for the same period to prevent fungal proliferation. Each experiment consisted of 15 repetitions with 10 seeds evenly distributed in the gerbox containers. The test was conducted in a BOD (Biochemical Oxygen Demand) germination incubator at a constant temperature of 25°C with a 12-hour photoperiod. Various methods were used to break seed dormancy, aiming to optimize the germination of the different species used (Table 2).

TABLE 2. Pre-germinative treatments on the seeds of the studied species.

Species	Treatment	Period incubated B.D.O.	Period in Greenhouse
<i>Jacaranda brasiliiana</i> (Lam.) Pers.	Wings removal	10 days	Nov/22 to Mar/23
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	No treatment	31 days	July to Nov/23
<i>Parkia platycephala</i> Benth.	Scarification	5 days	Oct/23 to Feb/24
<i>Roupala montana</i> Aubl.	Immersion for 24 hours in distilled water	30 days	Dez/22 to Apr/23

Germination

The evaluation of germination percentage and speed was conducted daily by counting the emerged seedlings. Seeds were considered germinated if they exhibited a primary root at least 5 mm in length (Brazil 1992).

The germination percentage (GP) was obtained using the formula proposed by Vieira and Carvalho (1994):

$$G = (N/A).100$$

Where: G = germinability, N = number of germinated seeds, A = total number of seeds sown.

The Germination Speed Index (GSI) was calculated according to Maguire (1962) using the formula:

$$\text{GSI} = E1/N1 + E2/N2 + \dots + En/Nn$$

Where: E1, E2, En = number of seedlings counted on the first, second, and last count, respectively. N1, N2; Nn = number of days after sowing for the first, second, and last count, respectively

Initial Seedling Growth

After the required germination period for each species, the initial seedling growth was evaluated according to Rodrigues *et al.* (2012). The seedlings were removed from the gerbox containers and transferred to polyethylene trays filled with a substrate composed of sand and vermiculite mixed in a 2:1 ratio. The trays were filled with moistened substrate, and the seedlings were subsequently transplanted. After transplanting, the trays were placed in the greenhouse. Watering was performed as needed (Table 2).

The description of the growth process of the species was divided into three distinct phases, according to Cunha and Ferreira (2003). The first phase encompassed the characteristics of germination, from seed swelling to the emergence of the cotyledons, but without the formation of the protophylls (first leaves). The second phase, designated as the seedling phase, was considered the growth phase, during which the protophyll is fully formed. In the third phase, called the young plant phase, the established parameter was the emergence of the second protophyll. The methodology and parameters observed for the phase descriptions were based on the works of Kuniyoshi (1983) and Roderjan (1983). The terminology used for describing the general morphological characteristics of the seedlings followed the methodologies of Gonçalves and Lorenzi (2011), Souza *et al.* (2013), and Vidal *et al.* (2021).

Morphological Aspects of Seedlings and Young Plants

The morphological characterization of the seedlings was performed with the aid of a stereomicroscope QUIMIS (Modelo: Q740SZ-T). Measurements of the constituent organs of the seedlings were taken using graph paper, and the structures were photographed and described according to Ferreira *et al.* (2001). Every 30 days, about 20 young individuals of each species were analyzed to monitor growth and provide descriptions. This phase lasted for four months. The measurements were based on the original values and expressed as averages.

For morphofunctional characterization, it was adopted the Garwood classification (1996) considering the type of germination, exposure, position, and texture of cotyledons. According to the author, seedlings can be classified as: phanero-epigeal-foliaceous (PEF) – phanerocotyledonous, with foliaceous and epigeal cotyledons; phanero-epigeal-reserve (PER)

- phanerocotyledonous, with reserve cotyledons and epigeal; phanero-hypogeal-reserve (PHR)
- phanerocotyledonous, with reserve cotyledons and hypogeal; crypto-hypogeal-reserve (CHR)
- cryptocotyledonous, with reserve cotyledons and hypogeal; and crypto-epigeal-reserve (CER)
- cryptocotyledonous, with reserve cotyledons and epigeal.

According to Duke (1965), the term cryptocotyledonous was used for a group of seedlings whose cotyledons, shortly after germination, were covered or protected by the seed coat and/or fruit pericarp. In contrast, the term phanerocotyledonous refers to a group of seedlings that, after germination, expose their cotyledons, which detach from the seed coat and/or fruit pericarp. According to Vogel (1983), the term foliaceous was assigned to thin, green cotyledons capable of photosynthesis, while reserve/storage refers to thick cotyledons containing nutrient reserves.

Additionally, the following morphological structures were described for each seedling: root, hypocotyl, cotyledons, epicotyl, and first leaves (protophylls), following the definitions by Montoro (2008).

The photographic record was taken with a cell phone camera (iPhone 11) with the material placed against a black background and a millimeter ruler for dimension perception. All plates and photographs were edited with the help of Adobe Photoshop software and transformed into unique combined images for each species.

For the botanical collection of young plants from Cerrado species of Chapada do Araripe – CE, the 20 young (vegetative) specimens collected monthly for analysis were processed according to standard herbarium techniques (IBGE, 2012) and deposited in the Dárdano de Andrade-Lima Herbarium – HCDAL.

Data Analysis

The statistical analysis of the data included descriptive statistics (minimum, maximum, range, median, mean, standard deviation, standard error, coefficient of variation). The data were tested for normality: D'Agostino & Pearson, Shapiro-Wilk, and KS test. The Analysis of Variance (ANOVA) and comparison of means using Tukey's Test at a 5% probability level were performed using GraphPad Prism 6 software.

Results

Following are the morphological descriptions of the four species with dry fruits evaluated. For each taxon, the main characteristics that aided in the identification are provided.

***Jacaranda brasiliiana* (Lam.) Pers. (Bignoniaceae)**

“jacarandá, caroba”

Trees 6–9 m tall. Trunk reticulated, grayish. Leaves opposite, crossed, composite, bipinnate, paripinnate, petiolate, with 14–18 pairs of opposite leaflets, each leaflet with 17–22 alternate pinnules, narrowly elliptic, with an asymmetrical base, acute apex, chartaceous, prominent veins on the abaxial surface and impressed on the adaxial surface. Inflorescences in terminal panicles; flowers pentamerous; calyx campanulate, deeply 5-lobed; corolla tubular, purple; ovary superior. Fruits glabrous, dry, with loculicidal dehiscence, oblong, with a truncated base and obtuse apex (Figure 2a).

***Copaifera langsdorffi* Desf. (Fabaceae)**

“copaíba, pau-d’óleo, pau-doi, pau-de-óleo”

Trees 5–12 m tall. Slightly thick trunk, gray with horizontal white patches. Compound leaves with 3–5 pairs of alternate leaflets; oval or elliptical blade, with translucent dots, coriaceous, pubescent. Panicle inflorescences; tetramerous flowers, zygomorphic, bisexual flowers; sepals usually pubescent on the outer surface and hirsute on the inner surface; petals white or yellow. Dry and dehiscent fruits, slightly falcate, reddish when ripe, with a single seed and yellow, orange, or red aril (Figure 2b).

***Parkia platycephala* Benth. (Fabaceae)**

“visgueiro”

Trees 5–10 meters tall. Trunk rough, exfoliating bark, gray to blackish. Petiole with extrafloral nectary near the pulvinus. Leaves alternate, bipinnate, paripinnate, with 7–14 pairs of alternate pinnae. Peduncle 25–50 cm long. Inflorescences pendulous, terminal, globose, reddish; flowers 8–12 mm long, diclamydeous, pentamerous, actinomorphic, sessile, andromonoecious, with central flowers functionally male and nectar-producing, and peripheral flowers bisexual; calyx with unequal lobes; corolla tubular (Figure 2c).

***Roupala montana* Aubl. (Proteaceae)**

“carne de vaca, coronha, congonha”

Shrub 2,5–4 m tall. Stem dark gray with fissures, sinuous and discontinuous ridges. Branches, buds, inflorescences, and flowers covered with rusty to reddish indumentum. Leaves simple, alternate, spirally arranged; blade broadly elliptic to broadly ovate, acute or acuminate apex, cuneate to acute base, entire or dentate margins, coriaceous, prominent veins on both surfaces. Inflorescences axillary or terminal, peduncle, and rachis sparsely brownish to reddish-hairy indumentum.



FIGURE 2. Adult individuals of the species collected in Chapada do Araripe - CE, Brazil: (a) *Jacaranda brasiliana* (Lam.) Pers. (Bignoniaceae). (b) *Copaifera langsdorffii* Desf. (Fabaceae). (c) *Parkia platycephala* Benth. (Fabaceae). (d) *Roupala montana* Aubl. (Proteaceae).

Flowers about 15 mm long, tetramerous, tubular, petals with outward- curved tips, whitish-green to yellow or ochreous, subglabrous or densely to sparsely hairy tomentose; ovary silky, with rusty to reddish indumentum. Fruits dry, dehiscent, flattened, asymmetrical, elliptic to obovate, glabrous, with persistent style base at the apex and 1–2 seeds per fruit (Figure 2d).

The morphological and biometric characteristics of the fruits, seeds, seedlings, and young plants of the respective species are described below:

***Jacaranda brasiliiana* (Lam.) Pers. (Bignoniaceae)**

Morphobiometry of fruits and seeds: The fruits are glabrous, dry, dehiscent capsules, with loculicidal dehiscence, oblong, with a truncated base and obtuse apex. When mature, they have a brown epicarp, a dry and thin mesocarp, and a mottled endocarp (Figure 3a-b). They average 7.76 cm in length, 4.09 cm in width, and 1.46 cm in thickness, containing 15 to 62 seeds per fruit (Table 3).

The seeds are flat, heart-shaped to orbicular, membranous, brown with hyaline wings, bilaterally symmetrical, approximately 2.25 cm in length, 1.39 cm in width, and 0.12 cm in thickness (Table 3). They are arranged in layers on the central column and attached to the hilum. The dispersal is anemochoric (Figure 3c).

Characterization of Germination: The germination seed is hypogeal, beginning five days after sowing, with a germination percentage of 85.83% and a GSI equivalent to 2.62 (Figure 4). The radicle is glabrous, short, cylindrical, and slightly sinuous with a whitish coloration (Figure 3d) and as it grows, it starts to turn yellowish. The cotyledons are fleshy, and immediately after germination remain covered or protected by the seed coat, being classified as crypto-hypogeal-reserve (CHR). The growth of the seedlings is rapid, and four days after germination the radicle elongates with the emergence of the first secondary roots. The collar is barely visible, with a noticeable ring between the radicle and the hypocotyl. The hypocotyl is reduced, reaching 0.1 mm, with the cotyledons still covered by the seed coat. At this stage, the cylindrical and straight epicotyl begins to emerge, light green in color, from the lateral part of the seed, and the first pair of protophylls starts to grow (Figure 3e).

Seedling Morphology: On the ninth day after germination, the epicotyl elongated, changing to a whitish-green color near the cotyledons and light green as it approached the protophylls, which were fully formed and expanding, marking the beginning of the seedling phase.

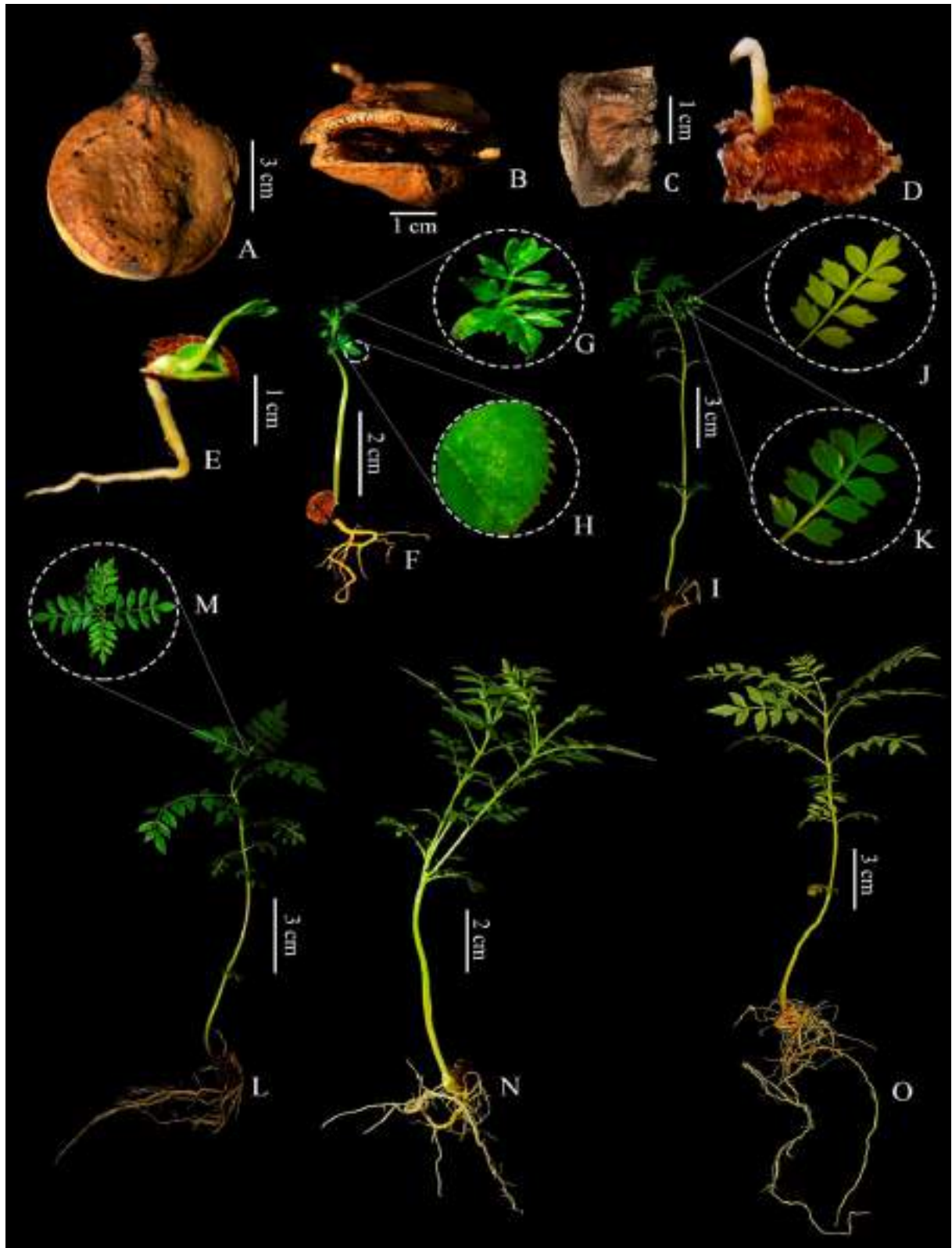


FIGURE 3. Morphological aspects of the initial growth of *Jacaranda brasiliiana* (Lam.) Pers. (Bignoniaceae): (a) fruit. (b) fruit opening. (c) seed. (d) germinated seed. (e) seedling at four days. (f) young plant at 13 days. (g) first pair of protophyll(h) trichomes on the leaf margin. (i) young plant at 30 days. (j) leaflet, abaxial surface. (k) leaflet, adaxial surface. (l) young plant at 60 days. (m) phyllotaxis. (n) young plant at 90 days. (o) young plant at 120 days.

TABLE 3. Parameters of the fruits and seeds of *Jacaranda brasiliana* (Lam.) Pers. (Bignoniaceae), *Copaifera langsdorffii* Desf. (Fabaceae), *Parkia platycephala* Benth. (Fabaceae), *Roupala montana* Aubl. (Proteaceae).

<i>Jacaranda brasiliana</i> (Lam.) Pers. (Bignoniaceae)								
Fruits parameters								
	Min	Max	Range	Md	Me	SD	SE	C.V
Length	6.6	8.3	1.7	7.80	7.76	0.48	0.04	6.28%
Width	3.9	4.4	0.5	4.10	4.09	0.13	0.01	3.34%
Thickness	1.1	1.7	0.6	1.50	1.46	0.18	0.01	0.13
Seed parameters								
	Min	Max	Range	Md	Me	SD	SE	C.V
Length	1.62	2.66	1.04	2.25	2.25	0.19	0.01	8.83%
Width	1.02	1.62	0.6	1.41	1.39	0.11	0.01	8.40%
Thickness	0.66	0.16	0.1	0.12	0.12	0.02	0.00	0.20
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. (Fabaceae)								
Fruits parameters								
	Min	Max	Range	Md	Me	SD	SE	CV
Length	2.00	3.74	1.74	2.50	2.54	0.27	0.02	10.80%
Width	1.51	2.27	0.76	1.79	1.80	0.13	0.01	7.65%
Thickness	0.51	1.63	1.12	1.43	1.37	0.21	0.02	15.72%
Seed parameters								
	Min	Max	Range	Md	Me	SD	SE	CV
Length	1.22	4.63	3.41	1.52	1.54	0.32	0.03	21.13%
Width	0.58	1.07	0.48	0.91	0.90	0.08	0.00	9.03%
Thickness	0.25	0.96	0.70	0.82	0.82	0.09	0.00	11.22%
<i>Parkia platycephala</i> Benth. (Fabaceae)								
Fruits parameters								
	Min	Max	Range	Md	Me	SD	SE	CV
Length	8.1	14.9	6.8	12.1	11.69	1.60	0.16	13.72%
Width	2.74	3.78	1.04	3.25	3.25	0.20	0.02	6.42%
Thickness	0.39	0.89	0.50	0.72	0.73	0.10	0.01	13.84%
Seed parameters								
	Min	Max	Range	Md	Me	SD	SE	CV
Length	0.82	1.11	0.28	0.99	0.99	0.04	0.00	4.99%
Width	0.46	0.71	0.25	0.62	0.61	0.04	0.00	7.31%
Thickness	0.30	0.62	0.31	0.36	0.36	0.03	0.00	10.06%
<i>Roupala montana</i> Aubl. (Proteaceae)								
Fruits parameters								
	Min	Max	Range	Md	Me	SD	SE	CV
Length	1.9	3.17	1.26	2.47	2.48	0.23	0.02	9.45%
Width	0.84	1.37	0.52	1.11	1.10	0.11	0.01	10.09%
Thickness	0.58	0.9	0.31	0.75	0.74	0.06	0.06	8.82%
Seed parameters								
	Min	Max	Range	Md	Me	SD	SE	CV
Length	1.53	2.41	0.87	1.95	1.96	0.15	0.01	7.78%
Width	0.73	1.11	0.37	0.95	0.95	0.07	0.00	7.48%
Thickness	0.01	0.09	0.08	0.05	0.04	0.16	0.00	33.98%

Minimum (Min); Maximum (Max); Range (Range); Median (Md); Mean (Me); Standard Deviation (SD); Standard Error (SE); Coefficient of Variation (CV).

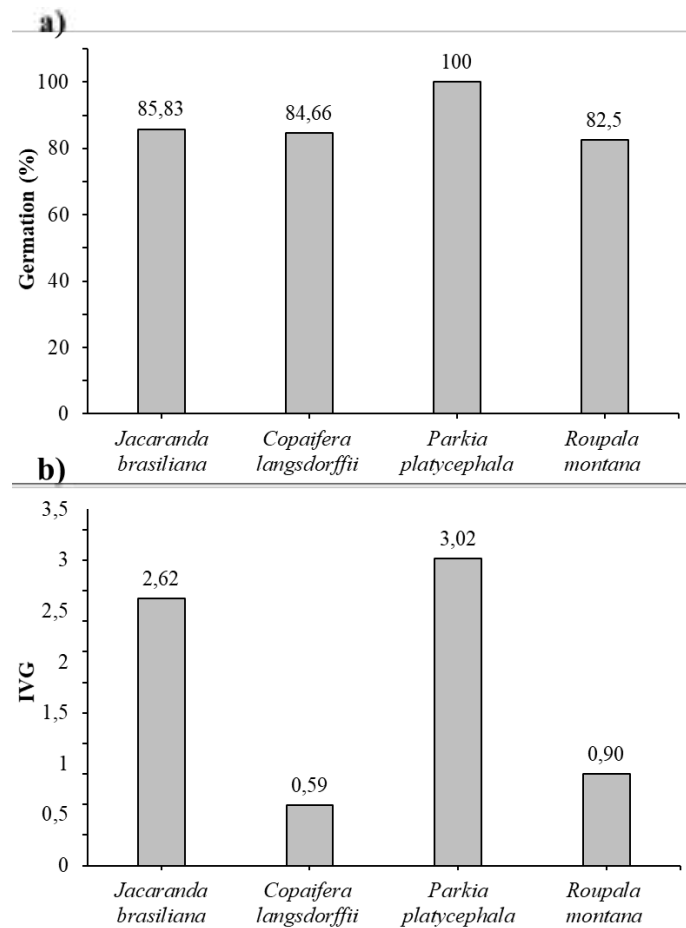


FIGURE 4. a) Germination, b) Germination speed index (GSI) of Cerrado species from Chapada do Araripe.

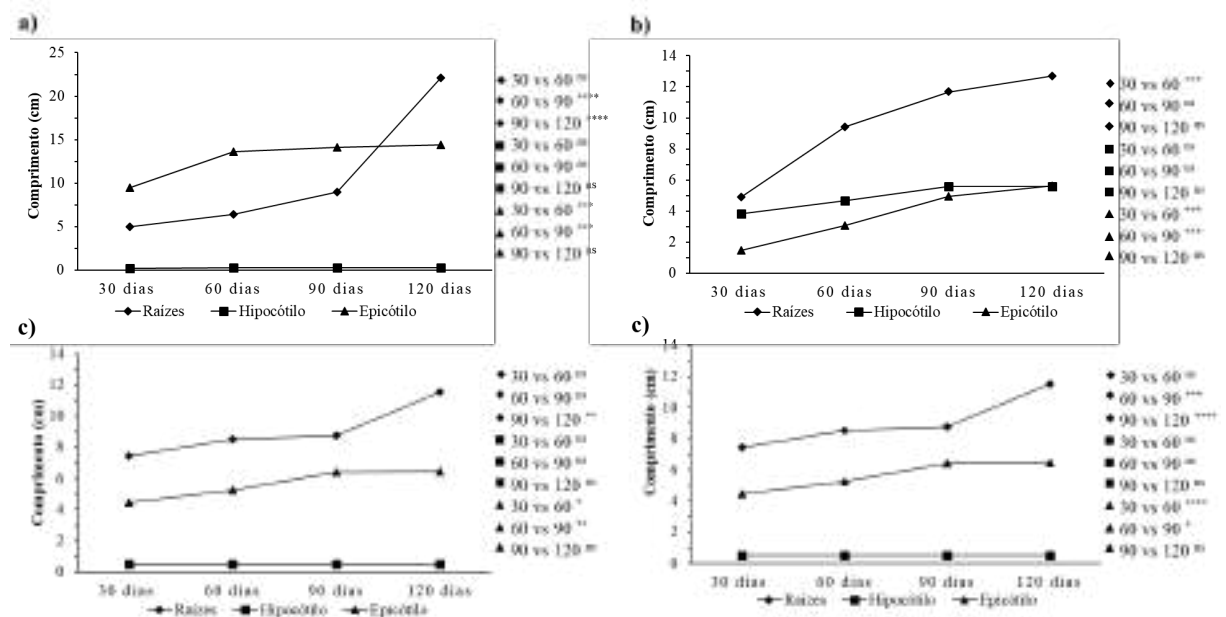


FIGURE 5. Root, hypocotyl, and epicotyl growth of a) *Jacaranda brasiliiana* (Lam.) Pers. (Bignoniaceae); b) *Copaifera langsdorffii* Des. (Fabaceae); c) *Parkia platycephala* Benth. (Fabaceae); d) *Roupala montana* Aubl. (Proteaceae), over four months. (ns): non-significant (*): p < 0.05; (**): p < 0.01; (***): p < 0.001; (****): p < 0.0001.

Young Plant Morphology: Thirteen days after germination, the first pair of protophylls appeared petiolate, compound, imparipinnate, with three glabrous and discolored leaflets, with a darker green adaxial surface and a lighter green abaxial surface. The leaflets have a cuneate apex, attenuated base, entire margin with simple trichomes, and brochidodromous veins. At this stage, the second pair of protophylls also emerged, with similar characteristics to the first pair, with about five leaflets (Figure 3f-h).

Data related to the growth of roots, hypocotyl, and epicotyl of *J. brasiliiana* over the four months are shown in Figure 5a.

In the first month after germination, the primary root displays an average of 5 cm in length. During this period, the cotyledons are robust and light green. The hypocotyl is reduced, measuring about 0.22 cm in length. The epicotyl is well elongated with an average length of 9.49 cm, with simple trichomes densely arranged near the cotyledons. The protophyll are compound, petiolate, imparipinnate, glabrous, and discolored, with a darker green adaxial surface and a lighter green abaxial surface (Figure 3i-k).

In the second month after germination, the root system measured about 6.38 cm in length; the hypocotyl is about 0.3 cm long; the epicotyl is long, measuring about 13.6 cm, sinuous, light green, with 6 to 8 pairs of compound protophylls, each with 4 to 5 pairs of leaflets and opposite decussate phyllotaxy (Figure 3l-m).

Ninety days after germination, the root system is about 9 cm long and the hypocotyl measures about 0.3 cm in length. During this period, some individuals experience senescence and abscission of the cotyledons, while in others, these structures remain partially covered by the tegument. The epicotyl is about 14 cm long, with 6 to 8 pairs of compound protophylls, each with 4 to 5 pairs of leaflets. At this stage, some individuals already have lateral branches (Figure 3n).

Four months after germination, the root system is about 22 cm long. At this stage, the roots begin the lignification process. The hypocotyl is about 0.3 cm long. The epicotyl is about 14 cm, containing 6 to 9 pairs of protophylls, each with 5 to 7 pairs of leaflets (Figure 3o-p).

***Copaifera langsdorffii* Desf. (Fabaceae)**

Morphobiometry of Fruits and Seeds: The fruits are dry, dehiscent, simple, slightly falcate, and reddish when mature (Figure 6a). They average 2.54 cm in length, 1.8 cm in width, and 1.37 cm in thickness, containing a single seed (Table 3).

The seeds are ellipsoid, smooth, rigid, black, and shiny, measuring about 1.54 cm in length, 0.9 cm in width, and 0.82 cm in thickness (Table 3). They are partially surrounded by a yellow-orange aril and are dispersed by animals (Figure 6b).



FIGURE 6. Morphological aspects of the initial growth of *Copaifera langsdorffii* Desf. (Fabaceae): (a) fruit. (b) seed. (c) germinated seed. (d) eight days after germination. (e) 20 days after germination. (f) adaxial surface of the cotyledon. (g) abaxial surface of the cotyledon. (h) seedling at 30 days. (i) adaxial surface of the leaflet. (j) abaxial surface of the leaflet. (k) translucent spots (l) young plant at 60 days. (m) trichomes. (n) phyllotaxy. (o) young plant at 90 days. (p) stipule. (q) lenticels. (r) young plant at 120 days.

Germination Characterization: Germination begins eight days after sowing, reaching a percentage of 84.66% and a GSI of 0.59 (Figure 4). The radicle is short, cylindrical, thick, glabrous, slightly sinuous, and initially yellowish-white (Figure 6c).

The germination is epigeal. The cotyledons are sessile, fleshy, and discolored, with a light green adaxial surface and a reddish abaxial surface. Shortly after germination, they are exposed and released from the seed coat, classified as phanero-epigeal-reserve (PER).

The seedlings grow rapidly. Eight days after germination, the radicle elongates. The collar is distinct, with a different color from the radicle and hypocotyl, showing a subtle ring between the root and hypocotyl. The hypocotyl is elongated, glabrous, and reddish (Figure 6d).

Twenty days after germination, the radicle begins to develop secondary roots. The hypocotyl turns green, and cotyledons are still present. The first pair of protophyll starts to grow during this period (Figure 6e-g). Data related to the growth of roots, hypocotyl, and epicotyl of *Copaifera langsdorffii* over four months are shown in Figure 5b.

Seedling Morphology: In the first month after germination, the primary root averages 4.9 cm in length, white to rusty in color, with secondary roots. The hypocotyl is elongated, about 3.81 cm long. The epicotyl averages 1.46 cm in length, glabrous, pinkish, with the first pair of protophylls fully formed and expanded. Protophylls are compound, with two to three pairs of glabrous, petiolate leaflets, oval in shape, obtuse base, cuneate apex, reddish color, darker adaxial surface, lighter abaxial surface, with translucent spots and reticulate veins (Figure 6h-k).

Young Plant Morphology: In the second month after germination, the root system has a primary root averaging 9.42 cm in length, rusty-colored, and starting to lignify, with numerous secondary roots. The hypocotyl measures about 4.68 cm, also rusty-colored. Cotyledons are absent. The epicotyl is about 3.08 cm long, light green, with trichomes, and the first pair of protophyll is dark green. At this stage, the second pair of protophyll appears, light green with opposite cross phyllotaxy (Figure 6l-m).

In the third month, the root system averages 11.66 cm in length. The hypocotyl is about 5.58 cm and begins lignification. The epicotyl is around 4.95 cm, with lenticels and stipules (Figure 6o-q). In the fourth month, the root system averages 12.7 cm. The hypocotyl is about 5.59 cm, and the epicotyl is about 5.61 cm (Figure 6r).

***Parkia platycephala* Benth. (Fabaceae)**

Morphobiometry of fruits and seeds: The fruits are dry, indehiscent, simple, flattened in shape, and generally curved. When immature, they are green, turning brown when mature, containing

approximately 12 to 20 seeds (Figure 7a-b). On average, they measure 11.69 cm in length, 3.25 cm in width, and 0.73 cm in thickness (Table 3).

The seeds are ellipsoid, with a smooth surface, rigid, reddish-brown in color, measuring about 0.99 cm in length, 0.61 cm in width, and 0.36 cm in thickness (Table 3). They are dispersed via zoochory (Figure 7c).

Germination characterization: Germination begins two days after sowing, with a germination rate of 100% and GSI corresponding to 3.02 (Figure 4). The radicle is short, thick, smooth, and slightly sinuous, initially yellowish-white in color (Figure 7d).

The germination is of the epigeal type. The cotyledons are fleshy, petiolate, discolored, with a dark green adaxial (upper) surface and a light green abaxial (lower) surface. Shortly after germination, the seed becomes exposed, classified as phanero-hypogeal-reserve (PHR).

By ten days after germination, the radicle elongates with some secondary roots. The hypocotyl is slightly evident, elongated, smooth, and light green. The epicotyl is underdeveloped, smooth, and light green. During this period, the first protophylls begin to grow (Figure 7e). Data regarding the growth of roots, hypocotyl, and epicotyl of *Parkia platycephala* over four months are shown in Figure 7c.

Morphology of seedling: At 30 days after germination, the radicle averages 7.44 cm in length, with few secondary roots. A distinct collar is evident, showing ring formation between the root and the hypocotyl. Cotyledons are in the process of abscission and senescence. The hypocotyl is slightly elongated, measuring about 0.52 cm in length with a light-green color. The epicotyl measures approximately 4.45 cm in length, with a green-brown to light green color and the presence of trichomes. The protophylls are compound, with one to two leaflets, which are sessile, smooth, cordate-based, and obtuse-apex, discolored, with a darker green upper surface and a lighter green lower surface, exhibiting brochidodromous veins and about 16 pairs of leaflets (Figure 7f-j).

Morphology of young plant: In the second month after germination, the root system measures about 8.53 cm in length and exhibits a rusty color; cotyledons are absent; the hypocotyl averages 0.52 cm in length; the epicotyl is elongated, measuring about 5.25 cm in length, with stipules present and approximately three pairs of protophylls containing an average of 22 pairs of leaflets (Figure 7k-l).

In the third month after germination, the root system averages 8.76 cm in length. The hypocotyl is about 0.52 cm in length. The epicotyl averages 6.4 cm in length with approximately four protophylls containing an average of 24 pairs of leaflets (Figure 7m).



FIGURE 7. Morphological aspects of the initial growth of *Parkia platycephala* Benth. (Fabaceae): (a) immature fruit. (b) mature fruit. (c) seed. (d) germinated seed. (e) 10 days after germination. (f) seedling at 30 days. (g) trichomes of the epicotyl. (h) adaxial surface of the protophyll. (i) abaxial surface of the protophylls. (j) leaflet. (k) young plant at 60 days. (l) stipule. (m) young plant at 90 days. (n) young plant at 120 days. (o) phyllotaxy.

In the fourth month after germination, the root system averages 11.53 cm in length; the hypocotyl is about 0.52 cm in length; the epicotyl averages 6.45 cm in length with approximately five protophylls containing an average of 26 pairs of leaflets and exhibiting opposite decussate phyllotaxy (Figure 7n-o).

***Roupala montana* Aubl. (Proteaceae)**

Morphobiometry of fruits and seeds: The fruits are dry, dehiscent, follicle type, flattened, elliptical to obovate, smooth, with a persistent style base at the apex. When mature, they have a grayish coloration with one to two seeds (Figure 8a). They average 2.48 cm in length, 1.1 cm in width, and 0.74 cm in thickness (Table 3).

The seeds are flat, winged, and brown, measuring approximately 1.96 cm in length, 0.95 cm in width, and 0.04 cm in thickness (Table 3). They are dispersed by wind (Figure 8b).

Germination characterization: Germination begins 11 days after sowing, with a germination rate of 82.6% and GSI corresponding to 0.90 (Figure 4). The radicle initially appears short, cylindrical, smooth, straight, and yellowish (Figure 8c).

The germination seeds is epigeal. The cotyledons are fleshy, and sessile, with rounded base and truncated apex, light green on the abaxial surface and darker green on the adaxial surface. Shortly after germination they become exposed, showing the seed, classified as phanero-epigeal-reserve (PER).

The growth of seedlings is slow, and only three days after germination occurs the growth of root hairs (Figure 8d). At 23 days after germination, the radicle appears elongated with the presence of numerous root hairs along its entire length, without secondary roots (Figure 8e). The collar, barely visible, is distinguished only by the color difference between the radicle and hypocotyl. The hypocotyl is greenish, slightly sinuous with the presence of simple whitish trichomes. In some individuals, the cotyledons remained exposed. At this stage, the growth of the first pair of protophylls begins.

Data related to the growth of roots, hypocotyl, and epicotyl of *R. montana* over the four months of observation are in Figure 5d.

Seedling morphology: In the first month after germination, the radicle averages 3.69 cm in length, and the growth of secondary roots begins. The hypocotyl is elongated, measuring about 2.54 cm in length. At this stage, the epicotyl is short, with the first pair of petiolate, compound, imparipinnate protophylls, consisting of three pairs of leaflets, smooth, discolored, with a dark

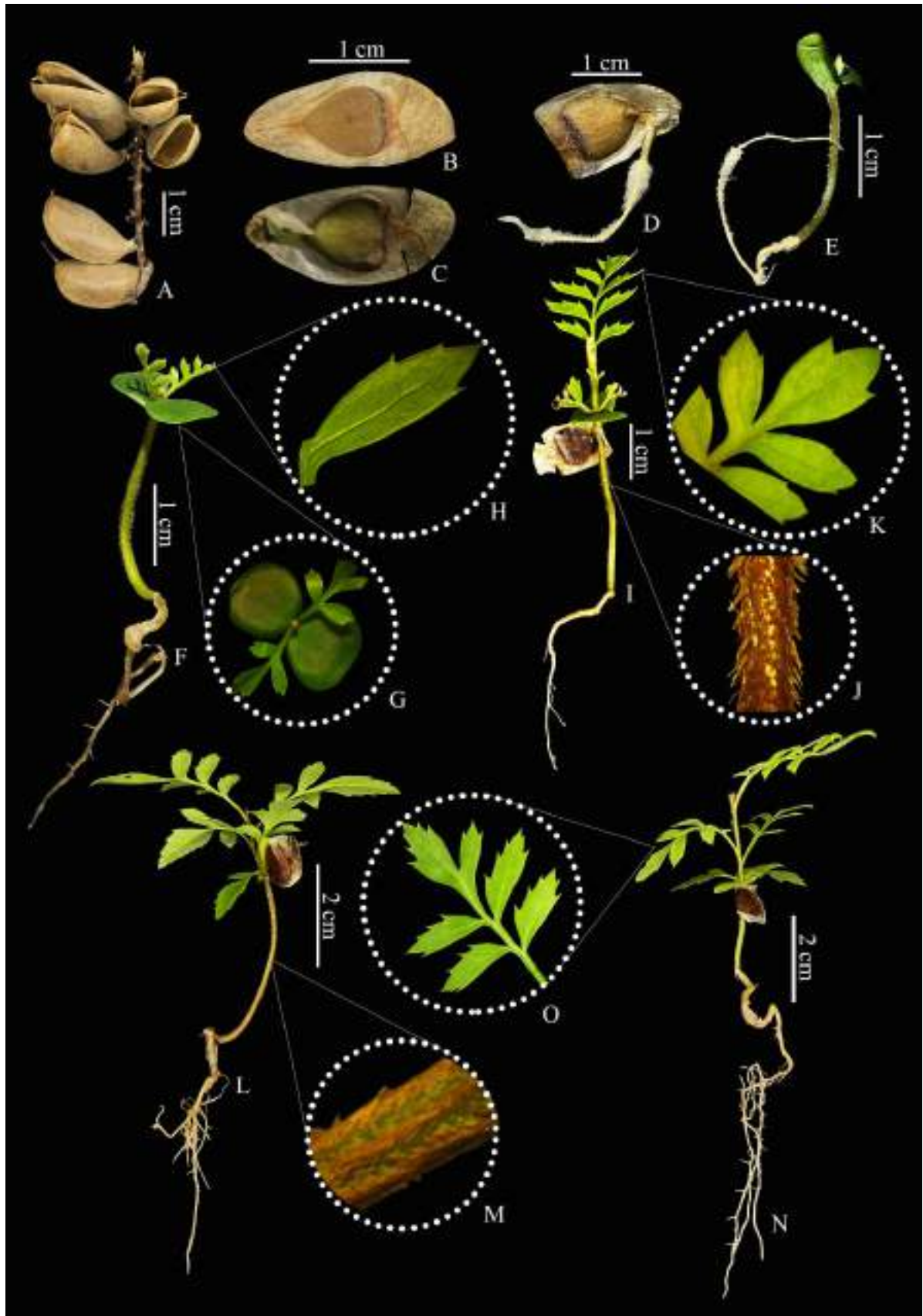


FIGURE 8. Morphological aspects of the initial growth of *Roupala montana* Aubl. (Proteaceae): (a) fruit. (b) seed. (c) germinated seed. (d) three days after germination. (e) 23 days after germination. (f) seedling at 30 days. (g) cotyledons and the first pair of protophylls. (h) leaflet. (i) young plant at 60 days. (j) trichomes. (k) second protophyll. (l) young plant at 90 days. (m) trichomes. (n) young plant at 120 days. (o) leaflet.

green abaxial and light green adaxial surface, exhibiting opposite phyllotaxy. The leaflets have an acuminate apex, attenuated base, partially serrated margin, presence of trichomes, more concentrated on the underside of the petiole, and brochidodromous venation (Figure 8f-h).

Young plant morphology: In the second month after germination, the primary root averages 4.07 cm in length with few secondary roots. The collar becomes more pronounced, with a subtle ring between the root and the hypocotyl. The hypocotyl, approximately 2.79 cm long, displays whitish coloration near the collar, transitioning to green near the cotyledons, with trichomes along its entire length. The epicotyl measures about 0.96 cm in length, with a green-brown color and the presence of trichomes, along with the second pair of protophylls exhibiting characteristics similar to the first pair, marking the beginning of the young plant phase (Figure 8i-k).

In the third month after germination, the root system measures approximately 10 cm in length. The hypocotyl is about 2.8 cm long, with orange-colored trichomes. The epicotyl measures about 1.5 cm in length, displaying three protophylls inserted at each node, indicating alternate phyllotaxy starting from the second protophyll. The protophylls have 2 to 4 pairs of imparipinnate leaflets (Figure 8l-m).

In the fourth month after germination, the root system measures approximately 10.67 cm in length, beginning the lignification process. The hypocotyl averages 2.90 cm in length. The epicotyl measures about 1.72 cm in length, with approximately 3 to 5 protophylls, each with 2 to 3 pairs of leaflets (Figure 8n-o).

The morphological data of the fruits and seeds of the analyzed species are summarized and presented in Table 4.

TABLE 4. Morphological data of the fruits and seeds of four Cerrado species.

Species	Fruit			Seed	
	Type	Nº S/F	Shape	Dispersion	Shape
<i>Jacaranda brasiliana</i>	Capsule	Polyspermic	Elliptical/ oblong	Anemochorous	Cordate/ orbicular
<i>Copaifera langsdorffii</i>	Follicle	Monospermic	Falcate	Zoochorous	Ellipsoid
<i>Parkia platycephala</i>	Legume	Polyspermic	Flattened	Zoochorous	Ellipsoid
<i>Roupala montana</i>	Follicle	Monospermic/ dysspermic	Obovate	Anemochorous	Ellipsoid

The young individuals of the analyzed species were prepared and deposited at the Herbarium Caririense Dárdano de Andrade-Lima (HCDAL) under the following herbarium numbers: *J. brasiliana* (15.822), *C. langsdorffii* (16.460), *P. platycephala* (16.925), and *R. montana* (16.461).

Discussion

The four species analyzed have dry pericarp and are classified into three types: follicle (*Roupala montana* and *Copaifera langsdorffii*), capsule (*Jacaranda brasiliana*), and legume (*Parkia platycephala*). The dispersal syndromes observed were: anemochorous (*J. brasiliana* and *R. montana*) and zoochorous (*C. langsdorffii* and *P. platycephala*). The studied species that exhibited PER seedlings show both anemochorous and zoochorous dispersal. On the other hand, CHR seedlings came from zoochorous seeds.

Based on the analyses regarding fruit dimensions, it was observed that the fruits fell into the following categories: length (cm): a) <3.0; b) >3.0 < 8.0; c) >8; width (cm): a) <2.0; b) >2.0 < 4.0; c) >4.0; thickness: a) <1.0; b) >1.0 < 1.5; c) >1.5. The highest percentages were for the following categories: length <3.0 cm (*C. langsdorffii* and *R. montana*); width >2.0 cm (*C. langsdorffii* and *R. montana*); thickness <1.0 cm (*P. platycephala*, *R. montana*).

The seeds presented the following categories: length (cm) a) <1.0; b) >1.0 <2.0 and c) >2.0; width (cm), a) <0.7; b) >0.7 <1.0 and c) >1.0; thickness (cm), a) <0.4 b) >0.4 <0.5 and c) >0.5. The highest occurrences were concentrated in the categories: length >1.0 < 2.0 cm (*C. langsdorffii* and *R. montana*); width >0.7 <1.0 cm (*C. langsdorffii* and *R. montana*) and thickness >0.4 cm (*J. brasiliana* and *P. platycephala*).

The standard deviation of the evaluated parameters, as well as the standard error, showed low values within each species, indicating homogeneity in the analyzed sample. According to Dutra *et al.* (2017), this homogeneity is likely associated with genetic or environmental factors of the plants, demonstrating greater uniformity in the evaluated seeds.

Regarding the germination percentage, all analyzed species showed a high germination rate, for example, *R. montana* (82.5%) and *P. platycephala* (100%). However, the germination speed index (GSI) showed significant differences among the species. According to the data, *C. langsdorffii* and *R. montana* had low GSI levels, indicating slow germination; *J. brasiliana* and *P. platycephala*, had higher GSI (2.62 and 3.02, respectively), indicating faster germination.

According to Gurgel *et al.* (2012), the type of germination is one of the essential parameters for differentiating species. In this study, three species (*C. langsdorffii*, *P. platycephala*, and *R. montana*) exhibited epigeal germination, while *J. brasiliana* exhibited hypogeal germination.

In research conducted in tropical forests, Baraloto and Forget (2007) reported an association between seed mass, size, and seedling morphology. These authors emphasized that species with smaller and lighter seeds tend to exhibit epigeal germination, while larger and heavier seeds tend to exhibit hypogeal germination. This is primarily related to the absence of

supporting tissues in the seedlings, which are necessary to keep heavy cotyledons above the ground.

In research conducted in tropical forests, Baraloto and Forget (2007) reported an association between seed mass, size, and seedling morphology. These authors emphasized that species with smaller and lighter seeds tend to exhibit epigeal germination, while larger and heavier seeds tend to exhibit hypogeal germination. This is primarily related to the absence of supporting tissues in the seedlings, which are necessary to keep heavy cotyledons above the ground.

According to Hoffmann and Franco (2003) and Ressel *et al.* (2004), this characteristic is typical of Cerrado species, which prioritize investing in the root system to ensure the capture of resources such as water and nutrients. Felfili *et al.* (2000) emphasized that in natural recovery processes, it is essential to consider that growth patterns vary among species. They noted that some species might prioritize initial root and diameter growth in the first years after establishment in the field, then later accelerate height growth.

Concerning the aerial parts, the hypocotyl was longer than the epicotyl in all analyzed species throughout the four months of observation, except in *J. brasiliensis*. This observation is attributed to the fact that species with hypogeal germination have a reduced hypocotyl. In contrast, species with epigeal germination have an elongated hypocotyl, according to Melo and Varela (2006), this is a necessary characteristic for raising the cotyledons.

All the species analyzed in this study exhibited compound leaflets, the presence of trichomes on the hypocotyl, epicotyl, or leaflets, and opposite decussate phyllotaxy, except *R. montana*, which has alternate phyllotaxy. According to Gurgel *et al.* (2012), understanding the morphology of seedlings, including the shape of the blade, margin, apex, position of the prophylls, and the presence or absence of indumentum, helps characterize families, genera, and species. Santiago *et al.* (2021) emphasized that the division of the leaf blade (compound leaves) is an adaptation that provides advantages to plants, maximizing photosynthetic area and reducing the potential mechanical stress that a single, entire surface would endure. Additionally, some authors (Bickford 2016; Karabourniotis *et al.* 2019) highlighted that the presence of trichomes can reduce evapotranspiration and direct radiation on the leaves, as well as serve as a barrier against herbivore attacks.

Regarding the distribution of morphofunctional types, two types of seedlings were observed: phanero-epigeal-reserve (PER) in three species and crypto-hypogeal-reserve (CHR) in one species. Based on the data obtained, a different distribution was observed compared to those described for seedlings in other tropical forests, where the most common morphofunctional type is PEF. Ressel *et al.* (2004), when analyzing the morphofunctional types

of tree species at the Panga Ecological Station, Uberlândia, Minas Gerais (Southeast Brazil), observed that 51% of the species exhibited PEF-type germination. Matos and Landim (2016), studying the morphology of seedlings of 15 species from the Atlantic Forest in Sergipe (Northeast Brazil), found that six species exhibited PEF-type germination.

The morphological characteristics identified in this study highlight diverse strategies of dispersal and establishment among the different species analyzed. According to Ressel *et al.* (2004), factors such as the method of dispersal, seed size, and even the reproductive system are correlated with the most suitable functional morphology for each successional stage.

The authors Carvalho (2014) and Fernandes *et al.* (2016), classified the species *J. brasiliiana* and *P. platycephala* as pioneers. According to Gogosz *et al.* (2015), pioneer species often have dry fruits, smaller seeds with wings and/or trichomes, mechanisms that facilitate wind dispersal (anemochory), and tend to produce a large number of seeds per fruit. In the present study, these characteristics were observed in the species *J. brasiliiana* and *P. platycephala*, which have dry fruits, trichomes, and anemochorous dispersal (*J. brasiliiana*) and polyspermic fruits (*P. platycephala*).

According to Westoby *et al.* (2002), in the early stages of succession in forests, species with small and light seeds are generally found. On the other hand, Gogosz and Boeger (2019) emphasized that the seedlings of species that colonize open environments tend to exhibit faster growth.

The species *C. langsdorffii* and *R. montana* are considered secondary (early and late) according to Aquino *et al.* (2009). According to Gogosz *et al.* (2015), secondary species predominantly have fleshy fruits, larger seeds, and zoochorous dispersal, as they have structures that attract dispersal agents. Although the mentioned species do not have fleshy fruits, they do have large seeds and zoochorous dispersal, with the presence of arils and/or strong odors. Gogosz and Boeger (2019) highlighted that, because they come from larger seeds, the seedlings have thick cotyledons, promoting vigorous individuals due to having a greater amount of reserve tissue, a fundamental characteristic for the establishment of young individuals in shaded environments.

Conclusions

The morphological characteristics identified in this study highlight diverse strategies of dispersal and establishment among the analyzed species groups, supporting the tested hypothesis. The data obtained are essential for species conservation, as they enable more efficient and sustainable management, ensuring that the life cycle of the plants is understood and respected. Additionally, the morphological data of seedlings and young plants help to

understand the structural changes that occur during the initial growth. This information is of great importance to botanists and ecologists because, in addition to aiding in the identification of species at early stages and providing a solid basis for management strategies, it contributes to the conservation of biodiversity and the sustainability of natural ecosystems.

Acknowledgments

The authors thank Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) for the scholarship granted (Process BMD-0008-02422.01.06/22), Universidade Regional do Cariri (URCA), and Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Recursos Naturais (PPGDR) for their support in the development of this research. MIBL acknowledges Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) for the productivity scholarship granted (Process 306723/2023-9) and FUNCAP (Edital FUNCAP nº 01/2022 - Mulheres na Ciência – Processo MLC-0191-00147.01.00/22).

Referências

- Ab'saber, A.N. Contribuição a geomorfologia dos Cerrados (1963) *In*: FERRI, M. G. (Ed.). *Simpósio sobre o cerrado*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, p. 117-124.
- Álvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonçalves, J.L.M. & Sparovek, G. (2013) Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22: 711-728.
- Aquino, C. & Barbosa, L.M. (2009) Classes sucessionais e síndromes de dispersão de espécies arbóreas e arbustivas existentes em vegetação ciliar remanescente (Conchal, SP), como subsídio para avaliar o potencial do fragmento como fonte de propágulos para enriquecimento de áreas revegetadas no rio Mogi-Guaçu, SP. *Árvore* 33: 349-358. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622009000200016>.
- Baraloto, C. & Forget, P. M. (2007) Seed size, seedling morphology, and response to deep shade and damage in neotropical rain forest trees. *American Journal of Botany* 94: 901-911. <https://doi.org/10.3732/ajb.94.6.901>.
- Benício, R.M.A., Nascimento, A.S., Morais, S.C.O., Lisboa, M.A.N., Silva, L.V.A., Cruz, G.V., Morais, H.N., Araújo, I.F., Linhares, K.V., Silva, M.A.P., Rocha, L.S.G. & Calixto Júnior, J.T. (2023) Um refúgio de Mata Úmida no interior do Nordeste brasileiro: estrutura e diversidades alfa e beta. *Ciência Florestal* 33: 1-25. <https://doi.org/10.5902/1980509869097>
- Bickford, C.P. (2016) Ecophysiology of leaf trichomes. *Functional Plant Biology* 1-8. <http://dx.doi.org/10.1071/FP16095>.
- Brasil (1992) Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. *Regras para análises de sementes*. Brasília: SNDA/ DNDV/CLAV.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente (2016). *Ceará: inventário florestal nacional: principais resultados*. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro.
- Calixto Júnior, J.T., Moura, J.C., Lisboa, M.A.N., Cruz, G.V., Gonçalves, B L.M., Barreto, E.S.S.T., Barros, L.M., Drumond, M.A., Mendonça, A.C.A.M., Rocha, L.S.G., Silva, M.A.P. & Cordeiro, L.S. (2021) Phytosociology, diversity and floristic similarity of a Cerrado fragment on Southern Ceará state, Brazilian Semiarid. *Scientia Forestalis* 49: 130. <https://doi.org/10.18671/scifor.v49n130.01>.
- Carvalho, P.E.R. (2014) *Espécies arbóreas brasileiras* (Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras, 5 volumes). 1 ed. Colombo (PR). Embrapa Florestas.

- Cosmo, N.L., Nogueira, A.C., Lima, J.G. & Kuniyoshi, Y.S. (2010) Morfologia de fruto, semente e plântula de *Sebastiania commersoniana*, Euphorbiaceae. *Floresta* 40: 419-428.
- Cunha, M.C.L. & Ferreira, R.A. (2003) Aspectos morfológicos da semente e do desenvolvimento da planta jovem de *Amburana cearensis* (Arr. Cam.) A.C. Smith - Cumaru - Leguminosae Papilionoideae. *Revista Brasileira de Sementes* 25: 89-96. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222003000400013>.
- Donohue, K., Casas, K.K., Burghart, L., Kovach, L.K. & Willis, C.G. (2010) Germination, post germination adaptation, and species ecological ranges. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 41: 293-319.
- Duke, J.A. (1965) Keys for the identification of seedlings of some provinent woody species in eight forest types in Puerto Rico. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 52: 314-350.
- Dutra, F.V., Cardoso, A.D., Silva, R.M., Lima, R.S., Morais, O.M. & Rampazzo, M.C. (2017). Morfobiometria de frutos e sementes de *Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke. *Revista Agropecuária Técnica* 38: 58-64. <https://doi.org/10.25066/agrotec.v38i2.29456>
- Fagundes, M., Camargos, M.G. & Costa, F.V. (2011) A qualidade do solo afeta a germinação das sementes e o desenvolvimento das plântulas de *Dimorphandra mollis* Benth. (Leguminosae: Mimosoideae). *Acta Botanica Brasilica* 25: 908-915. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062011000400018>.
- Felfili, J.M., Rezende, A.V., Silva Júnior, M.C. & Silva, M. A. (2000) Changes in the florist composition of cerrado sensu stricto in Brazil over a nine-year period. *Journal of Tropical Ecology* 16: 579-590. <https://doi.org/10.1017/S0266467>.
- Fernandes, M.M., Oliveira, T.M. & Fernandes, M.R.M. (2016) Regeneração natural de um fragmento florestal de caatinga na região semi-árida do Piauí. *Scientia Plena* 13: 1-7.
- Fernandes, M.F., Cardoso, D., Pennington, R.T. & Queiroz, L.P. (2022) The origins and historical assembly of the Brazilian Caatinga seasonally dry tropical forests. *Frontiers in Ecology and Evolution* 10: 1-13.
- Ferreira, R.A., Botelho, S.A., Davide, A.C. & Malavasi, M.M. (2001) Morfologia de frutos, sementes, plântulas e plantas jovens de *Dimorphandra mollis* Benth. - faveira (Leguminosae-Caesalpinioideae). *Revista brasileira de botânica* 24: 303-309. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042001000300009>.
- FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. *Calendário chuvoso*. Disponível em: <http://www.funceme.br/>. Acesso em: 12.04.2024.
- Garwood, N.C. (1996) Functional morphology of tropical tree seedlings. In: Swaine, M. D. *The ecology of tropical forest tree seedlings*, Man & Biosphere Series - Unesco, 17, 59-119.
- Gogosz, A.M. & Boeger, M.R.T. (2019) Functional morphology of subtropical tree seedlings in southern Brazil. *Rodriguésia* 70: 1-12. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201970010>.
- Gogosz, A.M., Boeger, M.R.T., Cosmo, N.L. & Nogueira, A.C. (2015) Morfologia de diásporos e plântulas de espécies arbóreas da floresta com araucária, no Sul do Brasil. *Floresta* 45: 4, 819-832. 10.5380/rf.v45i4.35017.
- Gonçalves, E.G. & Lorenzi, H. (2011) *Morfologia vegetal: organografia e dicionário ilustrado de morfologia de plantas vasculares*. Ed. Instituto Plantarum, Nova Odessa.
- Gurgel, E.S.C., Santos, J.U.M., Lucas, F.C.A. & Bastos, M.N.C. (2012) Morfologia de plântulas de Leguminosae e o potencial sistemático. *Rodriguésia* 63: 65-73. <https://doi.org/10.1590/S2175-78602012000100006>.
- Hoffmann, W.A. & Franco, A. (2003) Comparative growth analysis of tropical forest and savanna woody plants using phylogenetically independent contrasts. *Journal of Ecology*. 91: 475-484. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.2003.00777.x>.
- IBGE (2012) *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. Série Manuais Técnicos em Geociências. 2ª ed., Rio de Janeiro.

- Karabourniotis, G., Liakopoulos, G., Nikolopoulos, D. & Bresta, P. (2019) Protective and defensive roles of non-glandular trichomes against multiple stresses: structure–function coordination. *Journal of Forestry Research* 31: 1-12.
- Kuniyoshi, Y.S. (1983) *Morfologia da semente e da germinação de 25 espécies arbóreas de uma floresta com Araucária*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Lima, P.B., Carvalho, U.S., Almeida, E.B. & Zickel, C.S. (2022) Morfologia e taxonomia de plântulas do banco de sementes do solo de uma área de restinga, Pernambuco. *PlantNow* 2: 2-14.
- Lima, R.D. (2021) Birds of the Caatinga revisited: The problem of enclaves within, but not of, the Caatinga. *Journal of Arid Environments* 191.
- Macêdo, D.G., Ribeiro, D.A., Coutinho, H.C.M., Menezes, I.R.A. & Souza, M.M.A. (2015) Práticas terapêuticas tradicionais: Uso e conhecimento de plantas do cerrado no estado de Pernambuco (Nordeste do Brasil). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromaticas* 14: 491–508.
- Maguire, J.D. (1962) Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science* 2: 176-177.
- Matos, I.S. & Landim, M.F. (2016) Ecologia morfofuncional de plântulas de 15 espécies da Floresta Atlântica Sergipana, Brasil. *Scientia Plena* 12: 1-15. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2016.091003>.
- Melo, M.F.F. & Varela, V.P. (2006) Aspectos morfológicos de frutos, sementes, germinação e plântulas de duas espécies florestais da amazônia. I. *Dinizia excelsa* Ducke (Angelimpedra). II *Cedrelinga catenaeformis* Ducke (Cedrorana) - Leguminosae: Mimosoideae. *Revista Brasileira de Sementes* 28: 54-62.
- Montoro, G.R. (2008) *Morfologia de Plântulas de Espécies Lenhosas do Cerrado*. Dissertação de mestrado, Universidade de Brasília, Brasília.
- Oliveira, A.M.E., Wendling, B., Ericsson, D.B.C., Xavier, M.A.S. & Xavier, A.R.E.O. (2020) Métodos de propagação e fatores que interferem na germinação das principais gramíneas nativas de Cerrado. *Revista Caderno de Ciências Agrárias* 12: 01-08.
- Porto, R.A., Coelho, M.F., Cabral, C.E.A., Lima, P.P., Camili, E.C. (2021) Morfologia de sementes e plântulas de *Eriotheca gracilipes* (K. Schum.) A. Robyns. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*. 16: 1-11. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2023v16n2e10136>.
- Prance, G.T. (1996) Island in Amazonia. *Philos. Philosophical Transactions of the Royal Society* 351: 823- 833.
- Ressel, K., Guilherme, F.A.G., Schiavini, I. & Oliveira, P.E. (2004) Ecologia morfofuncional de plântulas de espécies arbóreas da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. *Brazilian Journal of Botany* 27: 311–323.
- Rizzini, C.T. (1997) *Tratado de fitogeografia do Brasil – Aspectos ecológicos*. São Paulo: Hucitec, Edusp. 2º volume, 747p.
- Roderjan, C.V. (1983) *Morfologia do estágio juvenil de 24 espécies arbóreas de uma floresta com Araucária*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Rodrigues, R.S., Hirt, A.P.M. & Flores, A.S. (2012) Morfologia de plântulas das espécies de *Rhynchosia* (Leguminosae, Papilionoideae) de Roraima, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 26: 585-592. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062007000300007>.
- Santiago, I.N., Piedade, M.T.F., Weiss, B., Demarchi, L.O. & Lopes, A. (2021) Germinação de sementes e morfologia de plântulas de espécies pioneiras da várzea amazônica. *Ciência Florestal* 31: 271-289. <https://doi.org/10.5902/1980509840676>.
- Siebra, F.S.F., Bezerra, L.M.A. & Oliveira, M.L.T. (2011) A Influência geoturística e ambiental do Geopark Araripe no Geossítio Colina do Horto, Ceará/Brasil. *Revista Geográfica de América Central* 2: 1–14.

- Silva, P.G.G. (2003) *Biometria dos frutos e sementes, germinação e crescimento de plântulas e plantas jovens de 15 espécies lenhosas de leguminosae da caatinga de Alagoinha-PE*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Sobrinho, S.P., Albuquerque, M.C.F., Luz, P.B. & Camili, E.C., 2017. Caracterização física de frutos e sementes de *Lafoensia pacari*, *Alibertia edulis* e *Genipa americana*. *Revista de Ciências Agrárias* 40: 382-389. <https://doi.org/10.19084/RCA16034>.
- Souza, V.C., Flores, T.B. & Lorenzi, H. (2013) *Introdução à Botânica: Morfologia*. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora. 124p.
- Souza, F.G.L.S., Silva, M.A.P. & Loiola, M.I.B. (2021) Passifloraceae s.s. na Chapada do Araripe, nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física* 14: 770–783. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.2.p770-783>.
- Vidal, W.N., Vidal, M.R.R. & Paula, C.C. (2021) *Botânica: organografia-Quadros sinóticos ilustrados de fanerógamas*, 5ª ed. Viçosa, ed. UFV, 113p.
- Vieira, R.D. & Carvalho, N.M. (1994) (Eds.) *Testes de vigor em sementes*. Jaboticabal: FUNEP, 164p.
- Vogel, E.F. (1983) *Seedlings of dicotyledones*. Pudoc, Wageningen. 465p.
- Westoby, M., Falster, D.S., Moles, A.T., Vesk, P.A. & Wright, I.J. (2002) Plant ecological strategies: some leading dimensions of variation between species. *Annual Review of Ecology and Systematics* 33: 125-159.

**CAPÍTULO 2: Caracterização morfológica e biométrica de frutos carnosos, sementes,
plântulas e plantas jovens de espécies ocorrentes na Savana tropical do Cariri cearense,
Nordeste do Brasil**

**Manuscrito a ser submetido à Revista Phytotaxa (Qualis A4 na área de Biodiversidade e
Fator de Impacto 1.1)**

Morfologia e biometria de frutos carnosos, sementes, plântulas e plantas jovens de espécies ocorrentes na Savana tropical do Cariri cearense, Nordeste do Brasil

CÍNTIA LARISSA PEREIRA DA SILVA^{1,3*}, LUANA MATEUS DE SOUSA^{2,4}, MARIA ARLENE PESSOA DA SILVA^{1,5}, MARIA IRACEMA BEZERRA LOIOLA^{2,6}

¹ Universidade Regional do Cariri - URCA, Crato 63105-000, Ceará, Brasil

² Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza 60440-900, Ceará, Brasil

³ larissacintia2109@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-8499-203X>

⁴ luanamateus96@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-1415-3297>

⁵ arlene.pessoa@urca.br; <https://orcid.org/0000-0001-8148-5350>

⁶ iloiola@ufc.br; <https://orcid.org/0000-0003-3389-5560>

* **Autor correspondente:** Cíntia Larissa Pereira da Silva, e-mail: larissacintia2109@gmail.com

Resumo

O processo de estabelecimento das plântulas é fundamental para a sobrevivência dos vegetais devido à sua maior vulnerabilidade às condições ambientais, intensa competição e ao risco aumentado de herbivoria. Objetivou-se com este estudo caracterizar a morfologia e biometria de frutos e sementes, bem como, analisar a germinação, crescimento inicial e a síndrome de dispersão de espécies de Cerrado ocorrentes na Chapada do Araripe, no semiárido brasileiro. O estudo abrangeu quatro espécies com frutos carnosos: *Hirtella racemosa* (Chrysobalanaceae), *Erythroxylum pyan* (Erythroxylaceae), *Eugenia punicifolia* (Myrtaceae) e *Myrcia multiflora* (Myrtaceae). Para a análise utilizou-se 100 unidades de frutos e 100 sementes de cada espécie, as quais foram dispostas em caixas gerbox e colocadas em câmara de germinação. Após a germinação, as plântulas foram transplantadas para bandejas contendo como substrato areia e vermiculita e foram mantidas em casa de vegetação, onde foram observadas por um período de quatro meses. A síndrome de dispersão observada nas espécies analisadas foi zoocoria. As espécies demonstraram alta taxa de germinação (96,66%, 99,33%, 90% e 92%, respectivamente), sendo duas do tipo epígea e duas do tipo hipógea. Os tipos morfofuncionais observados foram cripto-hipógeo-armazenador, fanero-epígeo-armazenador e fanero-epígea-foliáceo. Conclui-se que as características morfológicas e biométricas dos frutos e sementes das espécies estudadas contribuem para esclarecer os tipos de propagação, auxiliando na compreensão do ciclo biológico e manejo das espécies. Além disso, os estudos morfológicos sobre indivíduos jovens auxiliam no conhecimento de estruturas que podem ser modificadas durante o crescimento, sendo de destacável relevância taxonômica e ecológica.

Palavras-chave: Cerrado; Crescimento vegetal; Germinação; Tipos morfofuncionais.

Introdução

As Savanas, predominantes nos subtrópicos e trópicos sazonais, representam o principal bioma no Hemisfério Sul, abrangendo a África, Austrália e América do Sul (Lehmann *et al.* 2011). No território brasileiro, a Savana, mais comumente conhecida como Cerrado, cobre aproximadamente 2.000.000 km², sendo considerado o segundo maior bioma da América do Sul (Costa *et al.* 2023). É caracterizado por um complexo mosaico de diferentes tipos de cobertura do solo, formando um gradiente estrutural que incluem conjunto de ecossistemas (Savanas, Matas, Campos e Matas de galeria) (Ratter *et al.* 1997; Ribeiro & Walter 1998; Ferreira *et al.* 2004; Borgiani *et al.* 2022). Assim, as variações climáticas, juntamente com a ação do fogo e o tipo de solo promovem sua variedade fisionômica, tendo como resultado riqueza e diversidade da flora e da fauna (Eiten 1972; Coutinho 1976; Furley & Ratter 1988).

Essa formação destaca-se pela sua notável diversidade de espécies vegetais e uma variabilidade espacial marcante, fatores que o colocam como a Savana tropical mais rica em biodiversidade do mundo (Costa *et al.* 2023). Além disso, apresenta cerca de 13.970 espécies vegetais, das quais 7.455 são endêmicas, sendo, portanto, classificado como um *hotspot* global para a conservação (Flora e Funga do Brasil, 2024).

O Cerrado brasileiro estende-se como área contínua nos Estados de Goiás, Tocantins e o Distrito Federal, parte dos Estados da Bahia, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Piauí, Rondônia e São Paulo e também ocorre em áreas disjuntas ao norte nos Estados do Amapá, Amazonas, Pará e Roraima, e ao sul, em pequenas “ilhas” no Paraná (Ribeiro & Walter 2008).

No Estado do Ceará, o Cerrado ocupa apenas uma pequena área, enquanto o principal bioma é a Caatinga, com aproximadamente 88% da cobertura vegetal (Brasil 2016; Calixto Júnior *et al.* 2021). Uma das justificativas utilizadas para explicar a presença desses enclaves de Cerrado em outros biomas é por meio da Teoria dos Refúgios, a qual enfatiza que, durante o Período Quaternário, devido a uma recessão climática, a vegetação que antes era contínua foi fragmentada em manchas florestais, localizadas em áreas com condições ecológicas favoráveis para seu estabelecimento (Ab’Saber 1963; Cole 1986; Prance 1996; Rizzini 1997; Benício *et al.* 2023). Em períodos mais úmidos, houve uma expansão da vegetação de maior porte, que ultrapassou os limites de seu domínio original; já em períodos de seca, ocorreu o processo inverso (Santos *et al.* 2015; Viadana & Cavalcanti 2017).

Entender os processos que auxiliam na manutenção dessas áreas ecotonais é de extrema importância para a ecologia e biologia das plantas. Assim, conhecer as síndromes de dispersão e as características morfológicas de frutos, sementes e plântulas podem desempenhar um papel

significativo, influenciando diretamente o sucesso reprodutivo e a dinâmica populacional das espécies no estágio juvenil (Malavasi & Malavasi, 2001; Sobrinho *et al.* 2017). Além disso, o processo de estabelecimento das plântulas é fundamental para a sobrevivência das espécies vegetais devido à sua maior vulnerabilidade às condições ambientais, à intensa competição por recursos essenciais e ao risco aumentado de herbivoria (Carreira & Zaidan 2003; Fagundes *et al.* 2011).

Embora a morfofuncionalidade das plântulas de espécies nativas no Brasil seja de grande importância para as áreas da taxonomia e ecologia, ainda há muitas lacunas de informações a serem preenchidas. Com o aumento dos índices de perda de flora, as pesquisas sobre comportamentos e a funcionalidade das plântulas se tornam ainda mais essenciais, oferecendo informações fundamentais para programas de recuperação e manejo de áreas naturais (Santiago *et al.* 2021; Lima *et al.* 2022). Embora habitem em área com as mesmas condições ambientais, as espécies com frutos carnosos apresentam estratégias reprodutivas e síndromes de dispersão diferentes, pois dependem de características inerentes a cada espécie.

Desse modo, objetivou com este estudo caracterizar a morfologia e biometria de frutos, sementes, plântulas e plantas jovens de espécies de Cerrado da Chapada do Araripe, nordeste do Brasil, bem como analisar a germinação e crescimento inicial, como forma de auxiliar na identificação taxonômica e fornecer subsídios para estudos de regeneração e recuperação de áreas degradadas.

Material e Métodos

Caracterização da área de estudo

A Chapada do Araripe está situada na parte central do Nordeste brasileiro, abrangendo uma área territorial de cerca de 180 km de comprimento por 70 km de largura (Silva Neto 2013; Ferreira *et al.* 2016), cobrindo os Estados do Ceará, Pernambuco e Piauí (Souza *et al.* 2021). É uma área com superfície estrutural tabular, com altitude variando entre 800 e 1000 metros (Alencar *et al.* 2007), caracterizada por abrigar diferentes tipos de vegetação, incluindo Carrasco, Cerrado, Cerradão e Mata Atlântica (Santos *et al.* 2020) (Fig. 1).

O clima predominante da região, conforme a classificação de Köppen, é o tropical úmido, com duas estações bem definidas, uma chuvosa (dezembro a abril) e uma seca (maio a novembro) (Álvares *et al.* 2013; Ferreira *et al.* 2016). A precipitação média anual varia entre 700-1000 mm e a temperatura entre 23° e 27 °C (FUNCEME 2024). Os solos comumente apresentam uma associação de latossolos vermelho-amarelo e vermelho-escuro, boa profundidade, textura média e argilosa, bem drenados, muito lixiviados e intemperizados em toda sua profundidade (Macêdo *et al.* 2015).

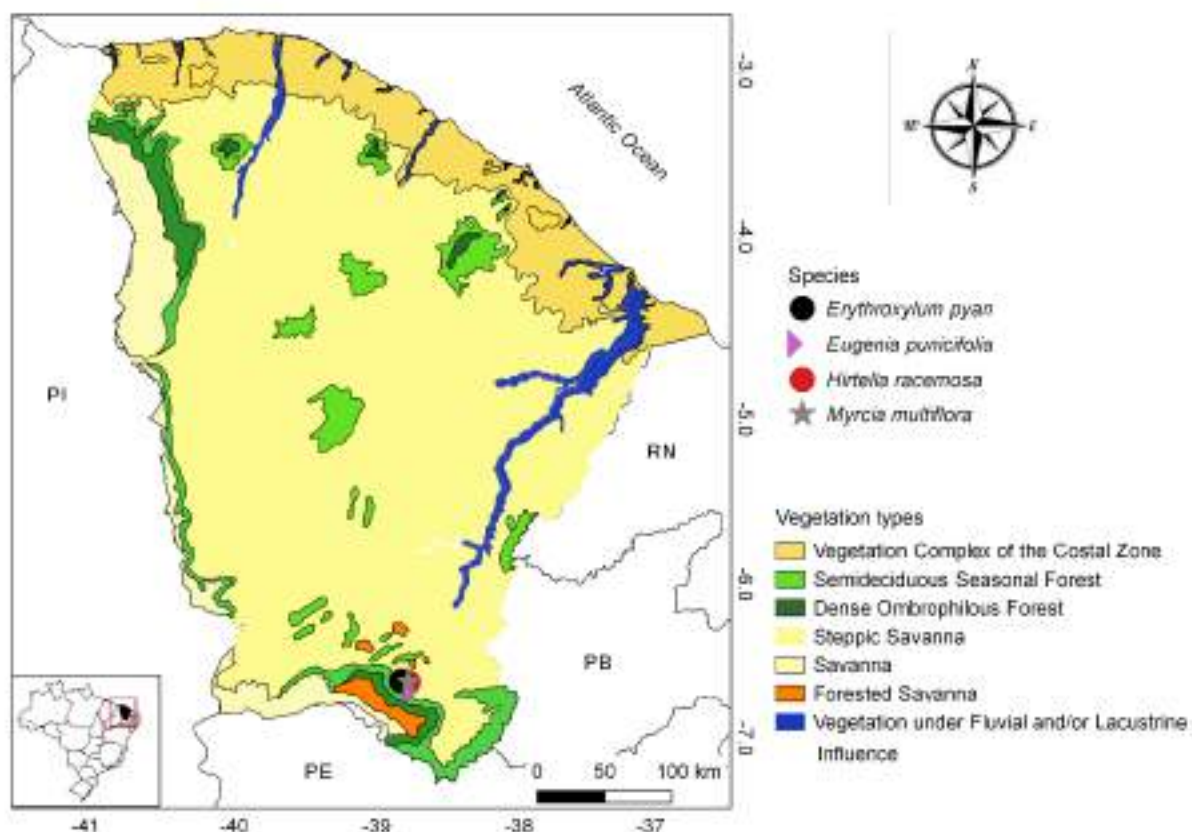


FIGURA 1. Mapa de localização da Chapada do Araripe, Nordeste, Brasil.

Essa região é muito diversificada quanto a sua flora e fauna, atraindo pesquisadores do mundo todo, tornando-a uma área de interesse também pela presença de espécies raras e endêmicas, além da sua notável riqueza fossilífera reconhecida internacionalmente (Siebra *et al.* 2011; Santos *et al.* 2020).

Coleta de material botânico

As coletas de sementes e frutos foram realizadas fevereiro a agosto de 2023 durante as expedições em áreas de Cerrado na região da Chapada do Araripe – Ceará (municípios de Barbalha, Crato, Jardim e Nova Olinda), mediante autorização do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO) sob o número 80398-1.

Para fins de padronização, quatro espécies lenhosas nativas do Cerrado foram escolhidas para o estudo (Tabela 1). As espécies foram selecionadas com base na presença de frutos carnosos e sementes em quantidade suficiente para a realização dos testes. Simultaneamente, foram coletadas amostras de ramos em estágio reprodutivo (com flores e/ou frutos) das espécies estudadas, as quais foram processadas conforme as técnicas padrão de herborização (IBGE 2012). Posteriormente, essas amostras foram identificadas e depositadas no Herbário Caririense Dárdano de Andrade-Lima (HCDAL) da Universidade Regional do Cariri, localizado no Campus Pimenta, no município de Crato, Ceará.

TABELA 1. Espécies ocorrentes no Cerrado da Chapada do Araripe (nordeste do Brasil) selecionadas para o estudo, com indicação da respectiva família, nome científico e voucher.

	Família	Espécie	Data da coleta	Nº de tombo HCDAL
1	Chrysobalanaceae	<i>Hirtella racemosa</i> Lam	Agosto/2023	16.356
2	Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum pyan</i> Costa-Lima	Fevereiro/2023	16.010
3	Myrtaceae	<i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunth) DC.	Março/2023	16.351
4	Myrtaceae	<i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC.	Fevereiro/2023	16.013

As sementes foram conduzidas ao Laboratório de Botânica Aplicada (LBA) da Universidade Regional do Cariri (URCA), onde foram secas à temperatura ambiente em bandejas plásticas forradas com jornal. Após a secagem, as sementes foram armazenadas em sacos de papel e mantidas em um freezer a 10 °C. As sementes foram retiradas do armazenamento imediatamente antes da instalação dos testes de germinação.

Biometria dos frutos e sementes

Para a descrição morfológica da unidade de dispersão foram escolhidas 100 unidades de frutos e 100 sementes aleatoriamente. Os caracteres morfológicos externos dos frutos observados e descritos foram: tipo, cor, dimensões, textura, deiscência e número de sementes por fruto. Para a descrição das sementes, foram observados os seguintes aspectos: cor, dimensões, textura e consistência dos tegumentos, forma e bordo das sementes. As medidas de comprimento (distância entre o ápice e a base), largura e espessura foram obtidas com auxílio de um paquímetro digital. A metodologia, parâmetros e a terminologia utilizados para as descrições dos frutos e sementes foram baseadas em Cunha & Ferreira (2003), Silva (2003), Silva (2020) e Vidal *et al.* (2021). Os resultados foram calculados e expressos como a média, mínimo, máximo, desvio padrão e erro padrão.

Para a observação do crescimento inicial, foram colocadas 100 sementes para germinar em caixas gerbox, forradas com duas folhas de papel filtro e umedecidas com 5 ml de água destilada. Inicialmente, para evitar a proliferação de fungos, as sementes foram tratadas com hipoclorito de sódio 2,5% por cinco minutos e lavadas com água destilada pelo mesmo período. Cada experimento dispôs de 15 repetições, sendo que em cada repetição foram distribuídas 10 sementes equidistantemente nas caixas gerbox, as quais foram conduzidas em câmeras de germinação tipo BOD (Biochemical Oxygen Demand) a temperatura constante de 25 °C com fotoperíodo de 12 horas. A metodologia utilizada foi proposta por Rodrigues *et al.* (2012). Para otimizar a germinação das diferentes espécies utilizadas, foram utilizados métodos distintos para quebra de dormência das sementes (Tabela 2).

TABELA 2. Tratamentos pré-germinativos aplicados no beneficiamento das sementes das espécies estudadas.

Espécie	Tratamento	Período B.O.D	Período em casa de vegetação
<i>Hirtella racemosa</i>	Escarificação	25 dias	outubro/2023-janeiro/2024
<i>Erythroxylum pyan</i>	Sem tratamento	13 dias	março-junho/2023
<i>Eugenia punicifolia</i>	Escarificação	21 dias	junho-setembro/2023
<i>Myrcia multiflora</i>	Sem tratamento	17 dias	março-junho/2023

Germinação e crescimento das plântulas

A avaliação da porcentagem e da velocidade de germinação foi realizada diariamente por meio da contagem das plântulas emergidas. Com base em Brasil (1992), foram consideradas germinadas as sementes que apresentaram emissão de raiz primária com no mínimo 5 mm de comprimento.

A porcentagem de germinação (PG) foi obtida através da fórmula proposta por Vieira & Carvalho (1994):

$$G = (N/A).100$$

Onde: G = germinabilidade; N = número de sementes germinadas; A = número total de sementes colocadas para germinar.

O Índice de Velocidade de Germinação (IVG) foi calculado de acordo com Maguire (1962) por meio da fórmula:

$$IVG = E1/N1 + E2/N2 + ... + En/Nn$$

Onde: E1, E2, En = número de plântulas computadas na primeira, na segunda e na última contagem; e N1, N2, Nn = número de dias após a semeadura da primeira, segunda e última contagem.

Crescimento inicial das plântulas

Após o tempo necessário para a germinação de cada espécie, procedeu-se a avaliação inicial do crescimento das plântulas conforme descrito por Rodrigues *et al.* (2012). As plântulas foram retiradas das caixas gerbox e transplantadas para bandejas de polietileno, contendo uma mistura de substrato composta por areia e vermiculita nas proporções de 2:1, respectivamente. O substrato foi previamente umedecido nas bandejas, seguido pelo transplântio das plântulas. Em seguida, as bandejas foram conduzidas para a casa de vegetação. A rega foi realizada conforme necessário ao longo do experimento, que foi conduzido em casa de vegetação por quatro meses (Tabela 2).

O processo de crescimento das espécies foi descrito em três fases distintas, conforme mencionado por Cunha & Ferreira (2003). Na primeira fase, foram observadas as características da germinação, desde o intumescimento da semente até a emissão dos cotilédones, sem a formação dos protófilos (primeiras folhas). A segunda fase designada como plântula, caracterizada pelo crescimento no qual o protófilo está completamente formado. Na terceira fase, referida como planta jovem, o critério estabelecido foi a emissão do segundo protófilo. A metodologia e os parâmetros utilizados para descrever as fases foram fundamentados nos estudos de Kuniyoshi (1983) e Roderjan (1983). A terminologia utilizada para descrição das características morfológica gerais das plântulas seguiu Gonçalves & Lorenzi (2011), Souza *et al.* (2013) e Vidal *et al.* (2021).

Aspectos morfológicos das plântulas e plantas jovens

A caracterização morfológica das plântulas foi realizada com o auxílio de um estereomicroscópio QUIMIS (Modelo: Q740SZ-T). As medições dos órgãos das plântulas foram feitas com papel milimetrado, e as estruturas foram fotografadas e descritas conforme Ferreira *et al.* (2001). A cada 30 dias, aproximadamente 20 indivíduos jovens de cada espécie foram analisados para acompanhar o crescimento e realizar a descrição das características morfológicas. Essa etapa teve duração de quatro meses. As medidas foram calculadas a partir dos valores originais e expressas como médias.

Seguindo a classificação Garwood (1996), para a caracterização morfofuncional, foi considerado o tipo de germinação, a exposição, a posição e a textura dos cotilédones. As plântulas foram classificadas em: fanero-epígeo-foliáceo (PEF) – fanerocotiledonares, com cotilédones foliáceos e epígeos; fanero-epígeo-armazenador (PER) – fanerocotiledonares, com cotilédones de reserva e epígeos; fanero-hipógeo-armazenador (PHR) – fanerocotiledonares, com cotilédones de reserva e hipógeos; cripto-hipógeo-armazenador (CHR) – criptocotiledonares, com cotilédones de reserva e hipógeos e cripto-epígeo-armazenador (CER) – criptocotiledonares, com cotilédones de reserva e epígeos.

Conforme Duke (1965), o termo "criptocotiledonar" é utilizado para descrever plântulas cujos cotilédones estão cobertos ou protegidos pela testa da semente e/ou pelo pericarpo do fruto imediatamente após a germinação. O termo "fanerocotiledonar", ainda segundo Duke (1965), é utilizado para descrever o grupo de plântulas que, após a germinação, expõe seus cotilédones, os quais se liberam da testa da semente e/ou pericarpo do fruto. Além disso, Vogel (1980), designou o termo "foliáceo" para descrever cotilédones finos e verdes, capazes de realizar fotossíntese, enquanto "reserva" ou "armazenador" refere-se a cotilédones espessos que contêm reservas nutritivas. Cada plântula foi descrita quanto às seguintes estruturas

morfológicas: raiz, hipocótilo, cotilédones, epicótilo e protófilos, seguindo as definições adaptadas de Montoro (2008).

O registro fotográfico foi realizado com câmera de celular (Iphone 11) com o material disposto em plano de fundo preto e régua milimetrada para percepção das dimensões analisadas. Todas as pranchas e fotografias foram editadas com auxílio do Software Adobe Photoshop e transformadas em imagens únicas por espécie.

Para a coleção botânica de plantas jovens de espécies de Cerrado da Chapada do Araripe – CE, os 20 exemplares jovens (vegetativos) coletados para análises mensalmente foram processados segundo as técnicas usuais de herborização (IBGE 2012) e depositados no Herbário Caririense Dárdano de Andrade-Lima – HCDAL.

Análise dos dados

A análise estatística dos dados incluiu Estatística Descritiva (mínimo, máximo, amplitude, mediana, média, desvio padrão, erro padrão e coeficiente de variação), Análise de Variância (ANOVA) e comparação das médias utilizando o Teste de Tukey a 5% de probabilidade, com o auxílio do programa GraphPad Prism 6. Os dados foram analisados segundo os seguintes testes de normalidade: D'Agostino & Pearson, Shapiro-Wilk e teste KS.

Resultados

As descrições morfológicas e biométricas dos frutos, sementes, plântulas e plantas jovens de cada espécie.

***Hirtella racemosa* Lam. (Chrysobalanaceae)**

“chorão, oliveira”

Arbustos com até 2 m de altura. Ramos jovens pubescentes, lenticelados. Folhas simples, alternas, pecioladas; lâmina 3,5–8,4 × 1,8–3,8 cm, ovada ou oblonga, com base arredondada a cuneada, ápice agudo a atenuado, cartácea a coriácea, 6–9 pares de nervuras secundárias; face abaxial com nervura central proeminente, esparso pubescente, glândulas discoides presentes; face adaxial com nervura central pouco proeminente, glabrescente, eglandular. Inflorescências racemosas, pubescentes; brácteas estreito-triangulares a lanceoladas, caducas. Flores 5–6,5 mm compr.; cálice com lobos reflexos, ocasionalmente com glândulas na margem; corola e filetes róseos ou lilás; estames 5 ou 6; estilete hirsuto apenas na base. Frutos carnosos, indeiscentes, drupoide, elipsoide e glabrescente (Figura 2a).



FIGURA 2. Indivíduos adultos das espécies coletadas na Chapada do Araripe - CE, Brasil: (a) *Hirtella racemosa* Lam. (Chrysobalanaceae). (b) *Erythroxylum pyan* Costa-Lima (Erythroxylaceae). (c) *Eugenia punicifolia* (Kunth) DC. (Myrtaceae). (d) *Myrcia multiflora* (Lam.) DC. (Myrtaceae).

Morfobiometria dos frutos e sementes: Os frutos são carnosos, indeiscentes, drupoide, elipsoide, glabrescente, esverdeados quando imaturo e enegrecidos quando maduro (Figura 3a-b). Possuem em média 1,40 cm de comprimento, 0,98 cm de largura e 0,88 cm de espessura (Tabela 3), encerrando em seu interior uma única semente.

As sementes apresentam formato elipsoide, superfície estriada, com cerca de 1,22 cm de comprimento, 0,60 cm de largura e 0,48 cm de espessura, bege (Tabela 3). A dispersão é do tipo zoocórica.

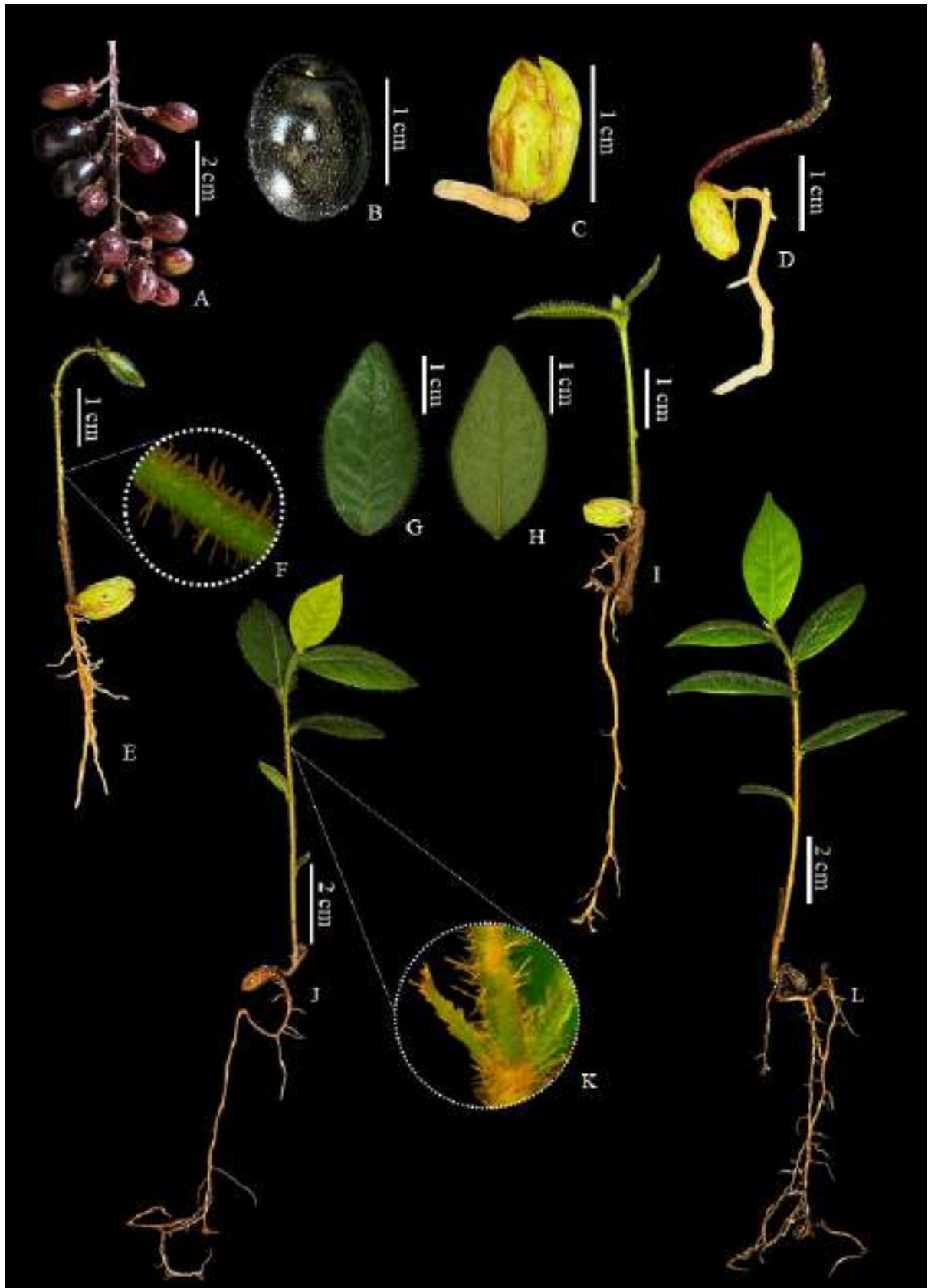


FIGURA 3. Aspectos morfológicos do crescimento inicial de *Hirtella racemosa* Lam. (Chrysobalanaceae): (a) Infrutescência. (b) fruto. (c) semente germinada. (d) 14 dias após a germinação. (e) plântula com 30 dias. (f) tricomas. (g) face adaxial do folíolo. (h) face abaxial do folíolo. (i) plântula com 60 dias. (j) planta jovem com 90 dias. (k) estípula. (l) planta jovem com 120 dias.

TABELA 3. Parâmetros dos frutos e sementes de *Hirtella racemosa* Lam. (Chrysobalanaceae), *Erythroxylum pyan* Costa-Lima (Erythroxylaceae), *Eugenia punicifolia* (Kunth) DC. (Myrtaceae), *Myrcia multiflora* (Lam.) DC. (Myrtaceae). Mínimo (Mín); Máximo (Máx); Amplitude (Ampl); Mediana (Md); Média (Me); Desvio padrão (D.P); Erro Padrão (E.P); Coeficiente de Variação (C.V).

<i>Hirtella racemosa</i> Lam. (Chrysobalanaceae)								
	Parâmetros frutos							
	Mín	Máx	Ampl	Md	Me	D.P	E.P	C.V
Comprimento	1,19	1,62	0,43	1,40	1,40	0,08	0,00	6,17%
Largura	0,83	1,25	0,42	0,97	0,98	0,07	0,00	7,35%
Espessura	62	1,05	0,39	0,87	0,88	0,07	0,00	8,53%
	Parâmetros sementes							
	Mín	Máx	Ampl	Md	Me	D.P	E.P	C.V
Comprimento	0,91	1,39	0,47	1,22	1,22	0,07	0,00	5,77%
Largura	0,52	0,67	0,15	0,60	0,60	0,03	0,00	5,05%
Espessura	0,39	0,56	0,17	0,48	0,48	0,03	0,00	6,93%
<i>Erythroxylum pyan</i> Costa-Lima (Erythroxylaceae)								
	Parâmetros frutos							
	Mín	Máx	Ampl	Md	Me	D.P	E.P	C.V
Comprimento	0,71	1,50	0,30	0,90	0,98	0,20	0,02	20,84%
Largura	0,41	0,59	0,19	0,5	0,51	0,04	0,00	9,57%
Espessura	0,36	0,55	0,19	0,46	0,48	0,05	0,00	11,33%
	Parâmetros sementes							
	Mín	Máx	Ampl	Md	Me	D.P	E.P	C.V
Comprimento	0,64	0,93	0,29	0,83	0,82	0,05	0,00	6,72%
Largura	0,36	0,56	0,2	0,48	0,47	0,04	0,00	8,46%
Espessura	0,33	0,53	0,2	0,44	0,43	0,03	0,00	7,87%
<i>Eugenia punicifolia</i> (Kunth) DC. (Myrtaceae)								
	Parâmetros frutos							
	Mín	Máx	Ampl	Md	Me	D.P	E.P	C.V
Comprimento	0,52	0,92	0,39	0,72	0,74	0,08	0,00	10,90%
Largura	0,37	0,95	0,58	0,72	0,71	0,10	0,01	14,14%
Espessura	0,31	0,88	0,57	0,72	0,71	0,09	0,00	13,72%
	Parâmetros sementes							
	Mín	Máx	Ampl	Md	Me	D.P	E.P	C.V
Comprimento	0,42	0,90	0,47	0,72	0,71	0,07	0,00	10,37%
Largura	0,37	0,85	0,48	0,71	0,71	0,09	0,00	12,79%
Espessura	0,36	0,84	0,47	0,69	0,68	0,08	0,00	12,26%
<i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC. (Myrtaceae)								
	Parâmetros frutos							
	Mín	Máx	Ampl	Md	Me	D.P	E.P	C.V
Comprimento	0,57	1,08	0,74	0,74	0,75	0,07	0,00	10,42%
Largura	0,65	1,05	0,39	0,84	0,83	0,07	0,00	8,44%
Espessura	0,61	0,98	0,46	0,80	0,80	0,07	0,00	9,03%
	Parâmetros sementes							
	Mín	Máx	Ampl	Md	Me	D.P	E.P	C.V
Comprimento	0,36	0,57	0,21	0,46	0,45	0,03	0,00	7,90%
Largura	0,22	0,43	0,21	0,37	0,35	0,05	0,00	15,14%
Espessura	0,20	0,41	0,21	0,34	0,33	0,05	0,00	15,51%

Mínimo (Min); Máximo (Max); Amplitude (Ampl); Mediana (Md); Média (Me); Desvio Padrão (DP); Erro Padrão (EP); Coeficiente de Variação (CV).

Caracterização da germinação: O processo de germinação tem início aos 11 dias após a sementeira, com um percentual de 96,66% e IVG de 0,78 (Figura 4). A radícula se apresenta inicialmente espessada, curta, cilíndrica, amarelada e com alguns pelos absorventes (Figura 3c).

A germinação das sementes é do tipo hipógea. Os cotilédones são carnosos, e logo após a germinação, permanecem cobertos ou protegidos pela testa da semente, sendo classificados como cripto-hipógeo-armazenador (CHR).

Aos 14 dias após a germinação apresenta uma radícula alongada com emissão das primeiras raízes secundárias. O hipocótilo é reduzido, com os cotilédones ainda permanecendo cobertos pelo tegumento. Nesse o epicótilo está em processo de alongamento, roxo e inegrescido, com presença de tricomas em todo seu comprimento (Figura 3d).

No primeiro mês após a germinação, o sistema radicular mediu cerca de 6,63 cm de comprimento. O colo é pouco visível, ocorrendo um anelamento perceptível na região entre a radícula e o hipocótilo. Cotilédones robustos, verde claro. Hipocótilo reduzido, medindo apenas cerca de 0,21 cm de comprimento. Epicótilo medindo cerca de 3,11 cm de comprimento, com presença de tricomas, levemente sinuoso, cor ferrugínea próximo aos cotilédones e verde claro próximo ao ápice e início do crescimento do primeiro par de protófilos (Figura 3e-f). Os dados relacionados ao crescimento das raízes, hipocótilo e epicótilo de *H. racemosa* ao longo dos quatro meses de observação estão contidos na Figura 5a.

Morfologia da plântula: No segundo mês após a germinação, o sistema radicular mediu cerca de 8,42 cm de comprimento. Hipocótilo com cerca de 0,30 cm de comprimento. Epicótilo longo medindo cerca de 7,51 cm de comprimento, com o primeiro protófilo totalmente formado, simples, peciolado, piloso, discolores, com face adaxial verde mais escuro e face abaxial verde claro e nervação bronquidódroma. Nesse estágio ocorreu também a emissão do segundo protófilo, com características semelhantes ao primeiro (Figura 3g-i).

Morfologia da planta jovem: No terceiro mês após a germinação, o sistema radicular apresenta cerca de 10,71 cm de comprimento, ferrugíneo, iniciando o processo de lignificação. O hipocótilo mede cerca de 0,30 cm de comprimento. Epicótilo apresenta cerca de 9,33 cm de comprimento, verde claro, presença de estípulas e com cerca de quatro a cinco protófilos (Figura 3j-k).

No quarto mês após a germinação, o sistema radicular apresentou em média 10,80 cm de comprimento. O hipocótilo mediu cerca de 0,30 cm de comprimento. O epicótilo apresentou cerca de 10,29 cm de comprimento, contendo de cinco a seis protófilos e filotaxia do tipo alternada (Figura 3l).

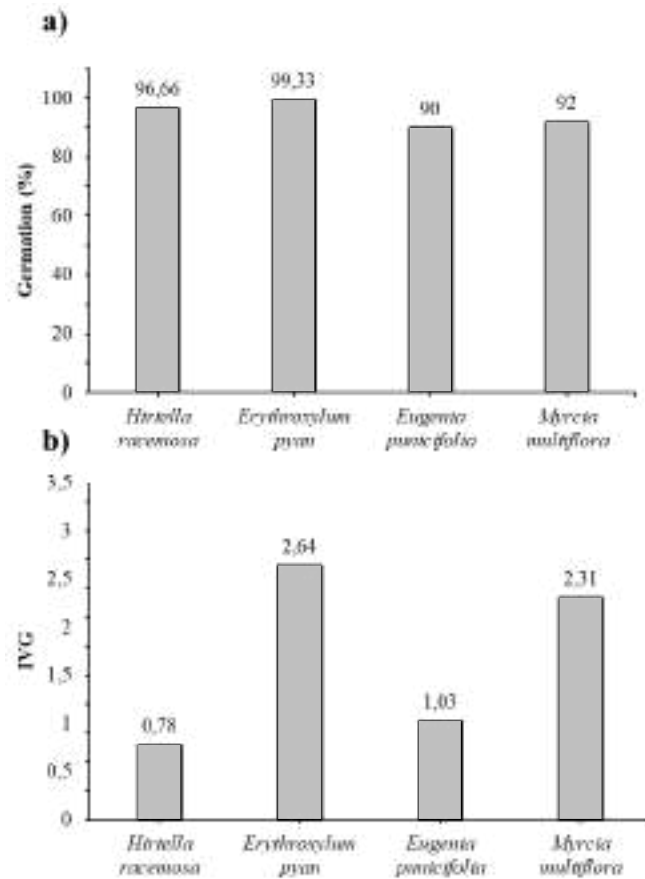


FIGURA 4. a) Germinação, b) Índice de velocidade de germinação de espécies de Cerrado da Chapada do Araripe.

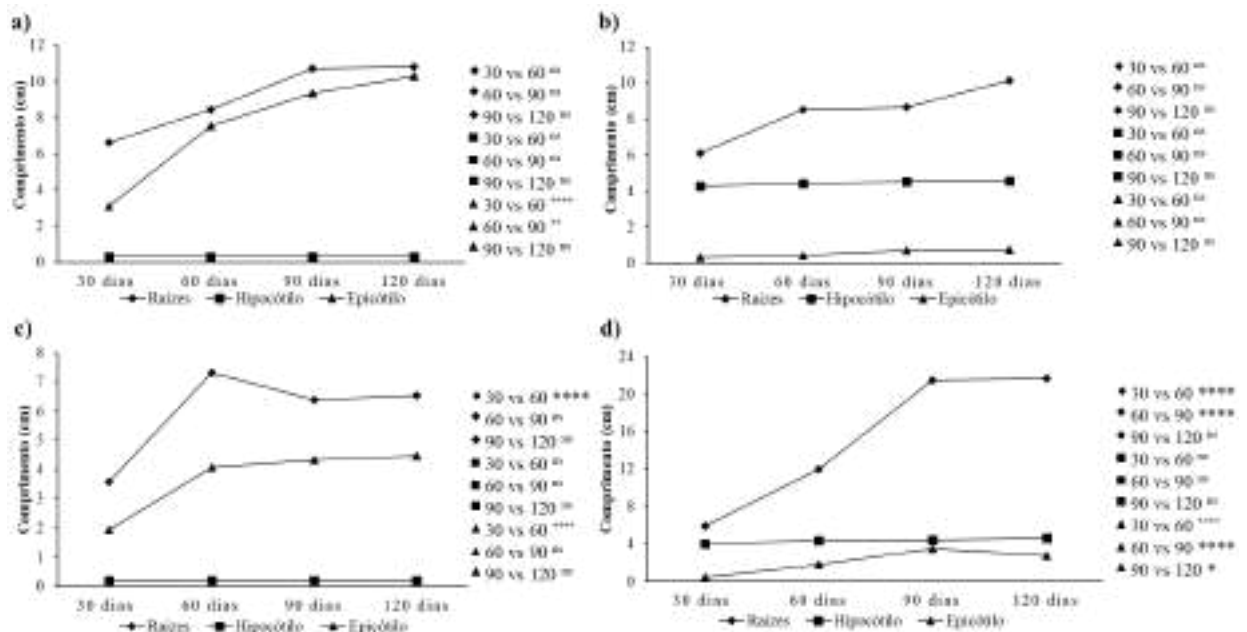


FIGURA 5. Crescimento das raízes, hipocótilo e epicótilo de: a) *Hirtella racemosa* Lam. (Chrysobalanaceae); b) *Erythroxylum pyram* Costa-Lima (Erythroxylaceae); c) *Eugenia punicifolia* (Kunth) DC. (Myrtaceae) d) *Myrcia multiflora* (Lam.) DC. (Myrtaceae), por um período de quatro meses. (ns): não significância ($p \geq 0,05$); (*): $p < 0,05$; (**): $p < 0,01$; (***): $p < 0,001$; (****): $p < 0,0001$.

***Erythroxylum pyan* Costa-Lima (Erythroxylaceae)**

“catuaba”

Arbustos com 0,8–1,2 m de altura. Ramos delgados, marrom-avermelhados quando jovens, densamente lenticelados. Catáfilos persistentes, distribuídos ao longo dos ramos ou densos e formando ramos curtos (braquiblastos), semelhantes em formato e tamanho às estípulas. Estípulas foliares 0,6–1,3 mm de compr. triangulares a amplo-triangular, não estriadas, 2-setosas no ápice. Folhas simples, alternas, pecioladas; lâmina 1,4–5,2 × 0,9–2 cm, obovadas ou elípticas, com base atenuada, ápice emarginado a retuso, membranácea, discolor; nervura central impressa na superfície adaxial e proeminente na superfície abaxial. Flores ca. 10 mm compr., alvas; cálice com lobos ovais a lanceolados; pétalas ovais, côncavas, apêndice ligulado, com 4 lóbulos; tubo estaminal 10 crenulado na margem; ovário ovoide a elipsoide. Flores brevistilas: filamentos com 2,2–3 mm de compr.; estiletes 1–1,6 mm de compr., livres. Flores longistilas: filamentos antesépalos com 0,4–0,7 mm de compr., filamentos antepétalos 0,8–1,6 mm de compr.; estiletes 0,9–1,4 mm de compr., livres. Frutos drupoides, carnosos, indeiscentes, elipsoides, esverdeados quando imaturo e vermelhos quando maduro (Figura 2b).

Morfobiometria dos frutos e sementes: Os frutos são carnosos, indeiscentes, drupóide, elipsoide, apresentando cor esverdeada quando imaturo e vermelha quando maduro (Figura 6a-b). Possuem em média 0,98 cm de comprimento, 0,51 cm de largura e 0,48 cm de espessura (Tabela 3), encerrando em seu interior uma única semente.

As sementes de *E. pyan* apresentam formato elipsoide, superfície lisa e rígida, cor variando de creme a bege com cerca de 0,82 cm de comprimento, 0,47 cm de largura e 0,43 cm de espessura (Tabela 3). A dispersão é do tipo zoocórica (Figura 6c).

Caracterização da germinação: O processo de germinação tem início aos 13 dias após a semeadura, com um percentual de 98,66% e IVG de 2,62 (Figura 4). A radícula se apresenta inicialmente espessada, curta, cilíndrica, esbranquiçada, levemente sinuosa e com alguns pelos absorventes (Figura 6d).

A germinação das sementes de *E. pyan* é do tipo epígea. Os cotilédones são carnosos, sésseis, com ápice arredondado e base cordada, discolors, com a face adaxial verde claro e face abaxial verde mais escuro. Após a germinação são liberados da testa da semente. Dessa forma, essa espécie pode ser classificada como fanero-epígea-armazenador (PER).

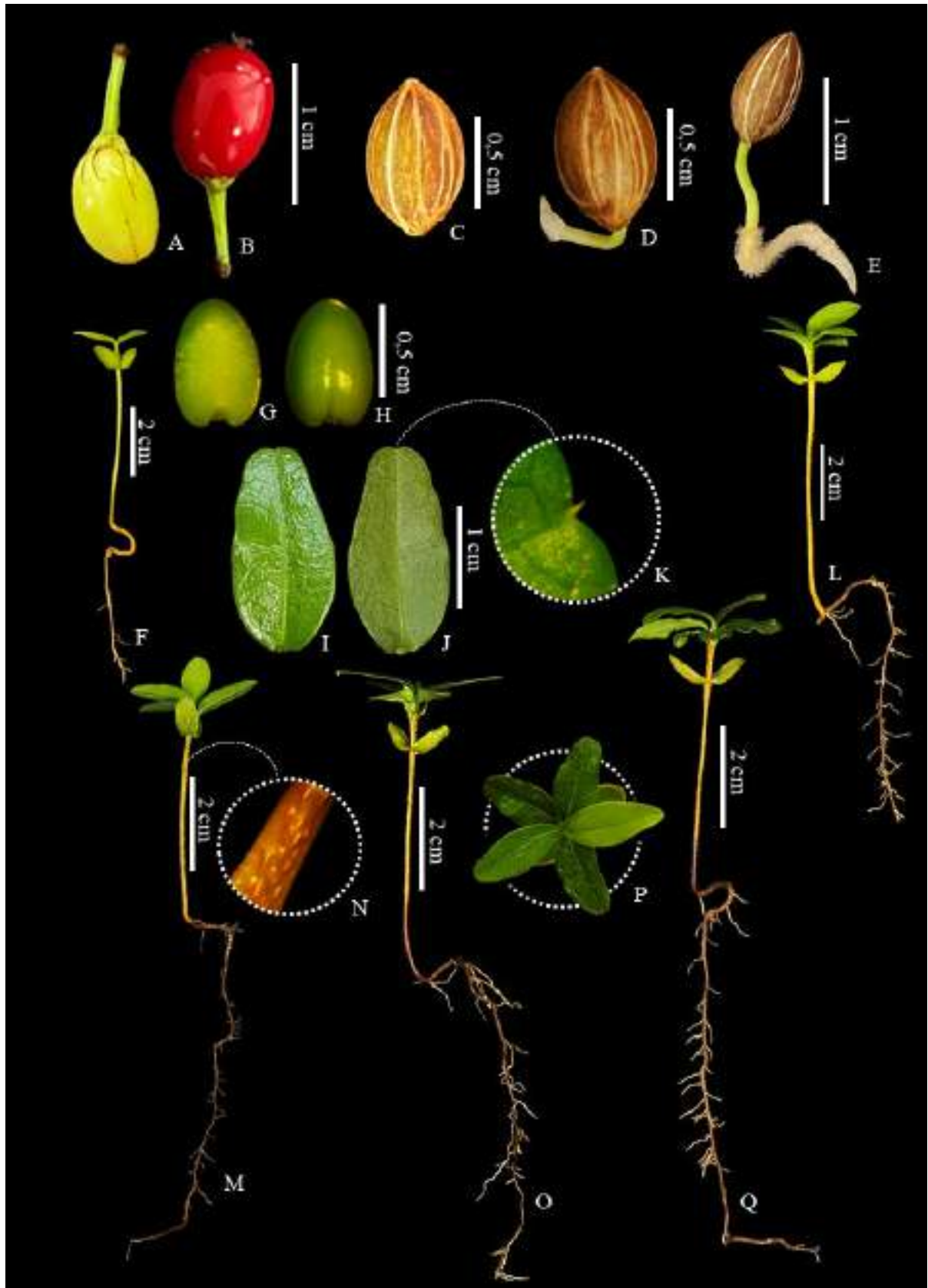


FIGURA 6. Aspectos morfológicos do crescimento inicial de *Erythroxylum pyan* Costa-Lima (Erythroxylaceae): (a) fruto imaturo. (b) fruto maduro. (c) semente. (d) semente germinada. (e) oito dias após a germinação. (f) plântula com 20 dias. (g) face abaxial do cotilédone. (h) face adaxial do cotilédone. (i) face adaxial do folíolo. (j) face abaxial do folíolo. (k) ápice do folíolo. (l) planta jovem com 30 dias. (m) planta jovem com 60 dias. (n) lenticelas. (o) planta jovem com 90 dias. (p) filotaxia. (q) planta jovem com 120 dias.

O crescimento das plântulas é rápido, e aos oito dias após a germinação a radícula apresenta-se alongada com muito pelos absorventes. Colo evidente apresentando cor diferente da radícula e hipocótilo. Hipocótilo iniciando o processo de alongamento, verde claro, glabro e levemente sinuoso (Figura 6e).

Morfologia da plântula: Aos 20 dias após a germinação, a raiz principal apresenta-se bem desenvolvida, amarelada e com poucas raízes secundárias. O hipocótilo alongado, é levemente sinuoso, glabro e verde claro. O epicótilo é pouco alongado, com o primeiro par de protófilos simples, opostos, curtamente peciolado, glabro, de formato ovado, ápice retuso e base aguda, margem inteira, nervação do tipo bronquidódroma. A face adaxial é verde clara, brilhosa e a face abaxial verde mais escuro e fosca (Figura 6f-h). Os dados relacionados ao crescimento das raízes, hipocótilo e epicótilo de *E. pyan* ao longo dos quatros meses podem ser vistos na Figura 5b.

Morfologia da planta jovem: Aos 30 dias após a germinação, a raiz apresenta em média 6,11 cm de comprimento, ferrugínea, iniciando o processo de lignificação e presença de raízes secundárias. O hipocótilo com uma média de 4,69 cm de comprimento, verde a amarronzado próximo ao colo e verde claro próximo aos cotilédones. Epicótilo apresentando cerca de 0,33 cm de comprimento, com o segundo par de protófilo apresentando características morfológicas semelhantes ao do primeiro par (Figura 6i-l).

No segundo mês após a germinação, o sistema radicular conta com cerca de 8,52 cm de comprimento. Hipocótilo medindo cerca de 4,42 cm de comprimento com presença de lenticelas em todo seu comprimento. O epicótilo apresenta cerca de 0,44 cm de comprimento, com presença de lenticelas e tendo início o crescimento do terceiro par de protófilos simples, cuja filotaxia apresenta-se do tipo oposta cruzada (Figura 6m-n).

No terceiro mês após a germinação, o sistema radicular apresenta cerca de 8,68 cm de comprimento, marrom escuro e parcialmente lignificado. O hipocótilo tem cerca de 4,5 cm de comprimento. E cotilédones em processo de abscisão e senescência. O epicótilo com cerca de 0,70 cm de comprimento (Figura 6o-p).

No quarto mês após a germinação, o sistema radicular apresenta cerca de 10,14 cm de comprimento. O hipocótilo 4,56 cm de comprimento. Cotilédones ausentes. O epicótilo mede cerca de 0,7 cm de comprimento, apresentando três a quatro pares de protófilos simples (Figura 6q).

***Eugenia punicifolia* (Kunth) DC. (Myrtaceae)**

“murta”

Arbustos 0,8–3 m de altura, densamente ramificado. Caule com esfoliação em placas irregulares, acinzentado. Folhas simples, opostas, curto pecioladas; lâmina 1–2,2 × 0,8–1,2 cm de compr., densamente pontuadas por glândulas translúcidas, elíptica, estreito elíptica ou lanceolada, com base atenuada, ápice agudo a arredondado, cartácea a coriácea, discolor, glabra, com nervura marginal; nervuras secundárias impressas na face abaxial e proeminentes na face adaxial. Inflorescências em panículas axilares; flores tetrâmeras, alvas; disco estaminífero pubérulo; ovário ínfero. Frutos carnosos, globoso, bacoide, indeiscentes e contém de uma a duas sementes por fruto (Figura 2c).

Morfobiometria dos frutos e sementes: Os frutos são carnosos, globoso, bacoides, indeiscentes, rosados quando imaturo, roxos a enegrecidos quando maduros, uma a duas sementes por fruto (Figura 7a). Possuem em média 0,74 cm de comprimento e 0,71 cm de largura e 0,71 cm de espessura (Tabela 3).

As sementes são ovóides, irregulares, superfície lisa, lustrosa, marrom-esverdeadas e dispersão zoocórica (Figura 7b). Apresentam em média 0,71 cm de comprimento, 0,69 cm de largura e 0,68 cm de espessura (Tabela 3).

Caracterização da germinação: O processo de germinação teve início aos seis dias após a instalação do experimento, atingindo 90% de germinação e IVG 1,03 (Figura 4). A radícula emergiu através do rompimento do tegumento, sendo curta, inicialmente fina e amarelada (Figura 7c).

A germinação das sementes de *Eugenia punicifolia* é do tipo hipógea. Os cotilédones possuem aspecto carnosos, e após a germinação, permanecem cobertos ou protegidos pelo tegumento da semente, sendo classificados como cripto-hipógeo-armazenador (CHR).

Aos seis dias após a germinação, pode-se observar a radícula alongada. O hipocótilo é reduzido, chegando a medir 0,2 mm. Cotilédones cobertos pelo tegumento. Epicótilo iniciando o crescimento (Figura 7d). Os dados relacionados ao crescimento das raízes, hipocótilo e epicótilo de *M. guianensis* ao longo dos quatro meses estão dispostos na Figura 5c.

Morfologia da plântula: No primeiro mês após a germinação, radícula apresentou em média 3,58 cm de comprimento. Hipocótilo reduzido, medindo cerca de 0,2 cm de comprimento. Os cotilédones ainda permaneciam cobertos pelo tegumento. Epicótilo alongado, medindo cerca de 1,93 cm de comprimento, coloração verde claro, presença de tricomas e com o primeiro par de protófilo desenvolvido, os quais apresentavam ser simples, oposto, peciolado, face adaxial

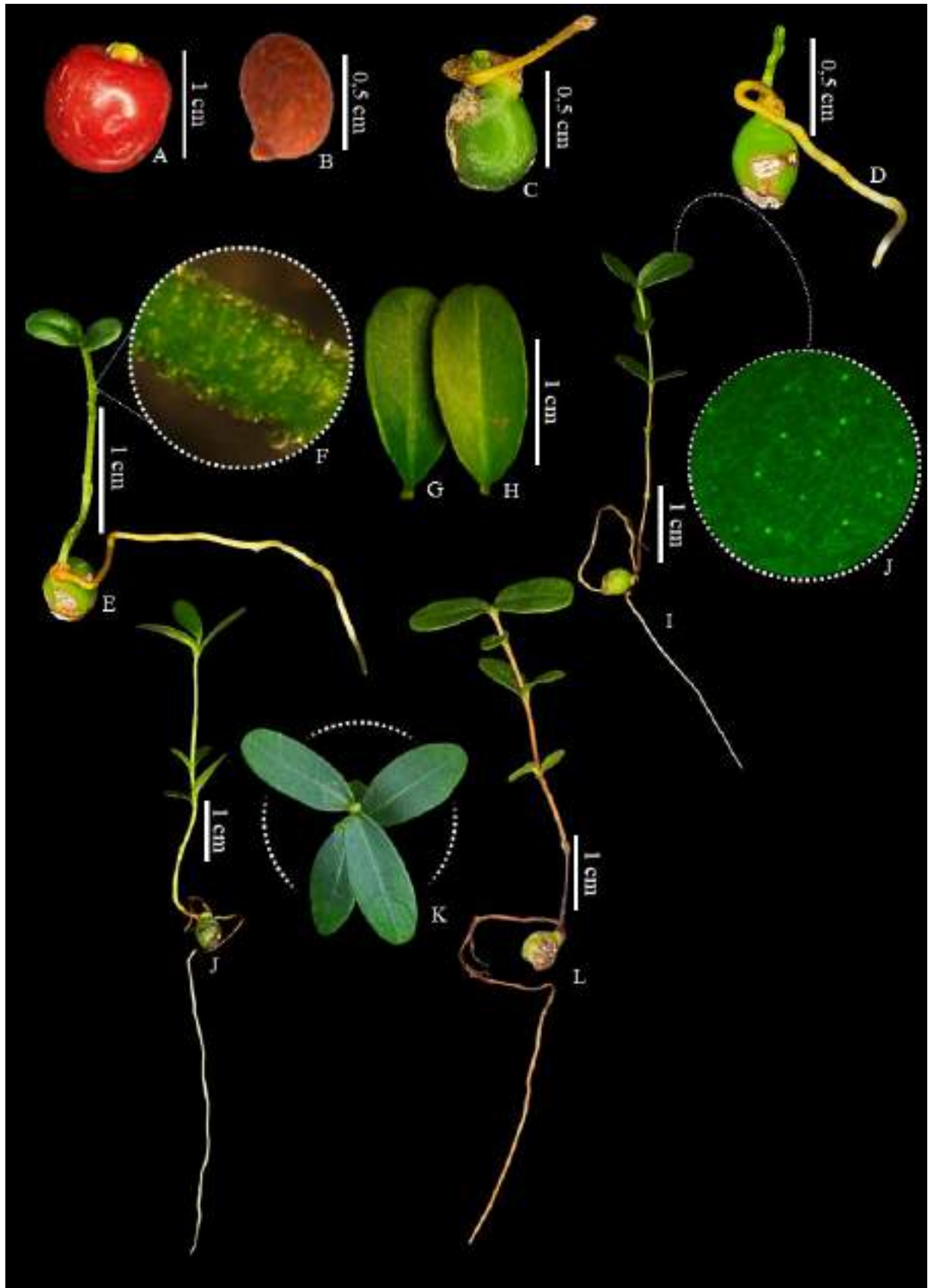


FIGURA 7. Aspectos morfológicos do crescimento inicial de *Eugenia punicifolia* (Kunth) DC. (Myrtaceae): (a) fruto maduro. (b) semente. (c) semente germinada. (d) seis dias após a germinação. (e) plântula com 30 dias. (f) tricomas. (g) face abaxial do cotilédone. (h) face adaxial do cotilédone. (i) planta jovem com 60 dias. (j) pontuações translúcidas. (k) planta jovem com 90 dias. (l) filotaxia. (m) planta jovem com 120 dias.

verde escuro e brilhosa, face abaxial verde claro e fosca, formato obovado, ápice retuso, base aguda, margem inteira (Figura 7e-h).

Morfologia da planta jovem- No segundo mês após a germinação, o sistema radicular apresentou cerca de 6,38 cm de comprimento, com poucas raízes secundárias. Hipocótilo medindo cerca de 0,2 cm de comprimento. Epicótilo apresentando cerca de 4,33 cm de comprimento, apresentando de dois a três pares de protófilos, com características morfológicas semelhantes ao primeiro par, nervação do tipo bronquidódroma, com presença de pontuações translúcidas nos eófilos (Figura 7i-j).

No terceiro mês após a germinação, o sistema radicular apresentou cerca de 6,68 cm de comprimento, coloração amarronzada, iniciando o processo de lignificação. Hipocótilo apresentando cerca de 0,2 cm de comprimento. Epicótilo mediu cerca de 4,47 cm de comprimento, apresentando de dois a três pares de protófilos e filotaxia oposta cruzada (Figura 7k-l).

No quarto mês após a germinação, o sistema radicular apresentou cerca de 6,55 cm de comprimento, ferrugíneo. Hipocótilo apresentando cerca de 0,2 cm de comprimento. Cotilédones em processo de abscisão e senescência. Epicótilo medindo cerca de 4,47 cm de comprimento, coloração ferrugínea, apresentando de três a quatro pares de protófilos (Figura 7m).

***Myrcia multiflora* (Lam.) DC. (Myrtaceae)**

“cambuí”

Arbustos ou árvores com 1–6 m de altura. Caule esfoliante, esbranquiçado a acinzentado. Ramos e pecíolo com tricomas simples e esparsos. Folhas simples, alternas, membranáceas; lâmina com 3–5 x 1,4–2,2 cm, elíptica, base atenuada, ápice acuminado, 7–13 nervuras secundárias por lado, inconspícuas na face adaxial e proeminentes a planas na face abaxial, uma nervura marginal, glabra em ambas as faces. Inflorescências com 3–4,6 mm compr., em panículas axilares e opostas; botões florais obovados a triangulares; flores pentâmeras; cálice com lobos livres, internamente com tricomas densos, esverdeados; pétalas obovadas, alvas; ovário ínfero, hipanto glabro e com glândulas visíveis. Frutos bacoides, carnosos, globosos, indeiscentes, verdes quando imaturos e roxos a enegrecidos quando maduros, encerrando 1–2 sementes (Figura 2d).

Morfobiometria dos frutos e sementes: Os frutos são carnosos, globosos, bacoides, indeiscentes, verdes quando imaturo, roxos a enegrecidos quando maduro, encerrando uma a duas sementes (Figura 8a). Possuem em média 0,74 cm de comprimento e 0,74 cm de largura (Tabela 3).

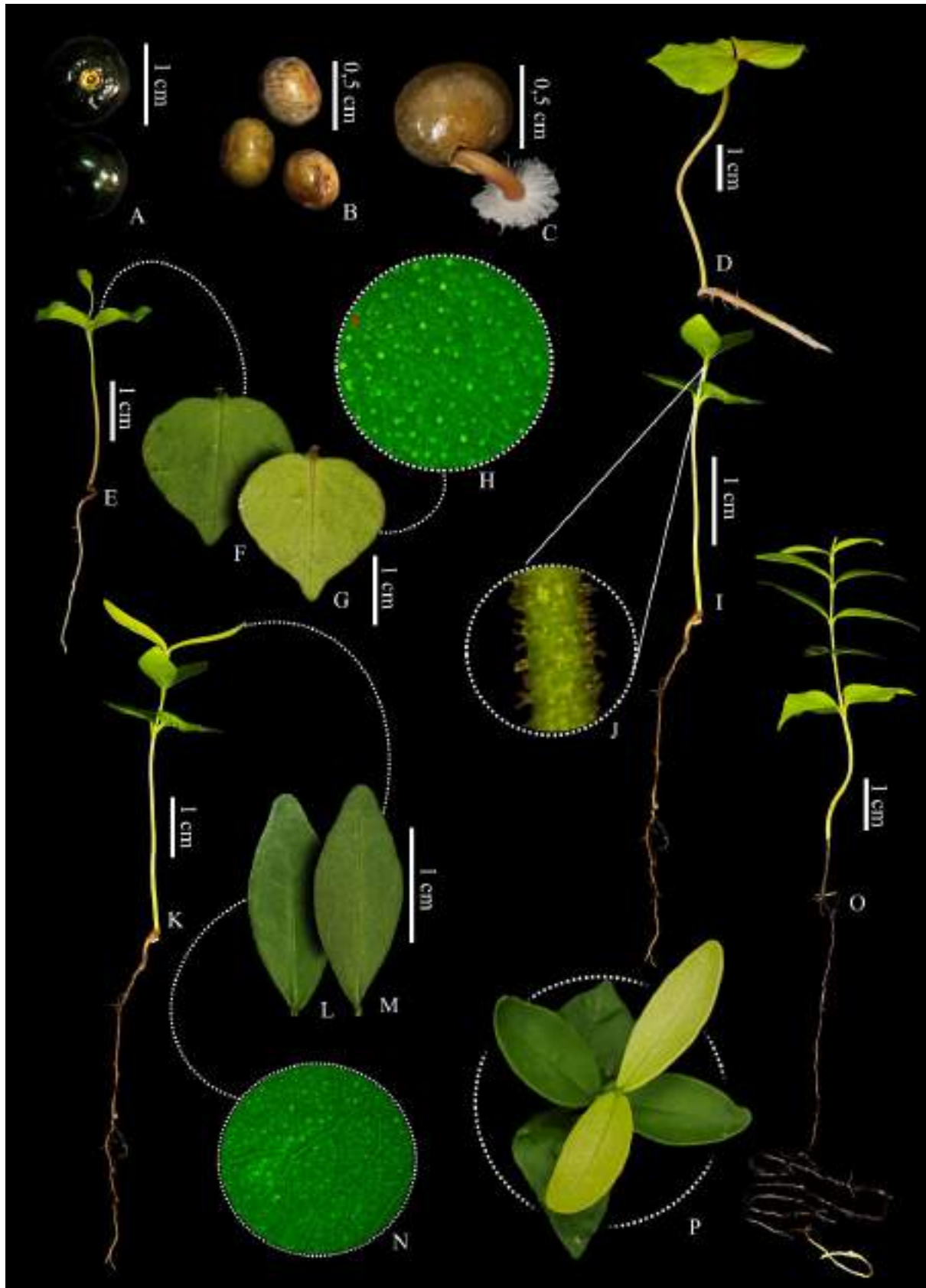


FIGURA 8. Aspectos morfológicos do crescimento inicial de *Myrcia multiflora* (Lam.) DC. (Myrtaceae): (a) fruto. (b) sementes. (c) semente germinada. (d) 14 dias após a germinação. (e) plântula com 30 dias. (f) face adaxial do cotilédone. (g) face abaxial do cotilédone. (h) pontuações translúcidas do cotilédone. (i) planta jovem com 60 dias. (j) tricomas. (k) planta jovem com 90 dias. (l) face adaxial do folíolo. (m) face abaxial do folíolo (n) pontuações translúcidas do folíolo. (o) planta jovem com 120 dias. (p) filotaxia.

As sementes são globulosas, irregulares, superfície lisa, lustrosa, verde-amarelada com cerca de 0,42 cm de comprimento e 0,35 cm de largura (Tabela 3). A dispersão é do tipo zoocórica (Figura 8b).

Caracterização da germinação: O processo de germinação teve início aos três dias após a semeadura, atingindo 92% de germinação e 2,31 de IVG (Figura 4). A radícula curta, inicialmente pouco visível, mas com zona pilífera bem evidente de coloração branca (Figura 8c). À medida que cresce, a radícula adquire uma coloração amarelada e a zona pilífera se alonga. O hipocótilo é glabro, levemente sinuoso, de coloração rosada.

A germinação das sementes de *M. multiflora* é do tipo epígea. Os cotilédones possuem aspecto foliáceo, opostos, discolores, com face adaxial verde escuro e face abaxial verde claro, glabros e com pontuações translúcidas. E logo após a germinação, são expostos, liberando-se da testa da semente, sendo classificados como fanero-epígea-foliáceo (PEF).

O crescimento das plântulas é rápido, observando-se aos oito dias após a germinação a zona pilífera e hipocótilo bem alongado. Colo evidente apresentando coloração diferente da radícula e hipocótilo. Hipocótilo alongado, de coloração rosada.

Aos 14 dias após a germinação, a radícula apresenta-se alongada e a presença de raízes secundárias. Hipocótilo alongado, sinuoso, glabro, verde claro (Figura 8d). Os dados relacionados ao crescimento das raízes, hipocótilo e epicótilo de *Myrcia multiflora*, ao longo dos quatro meses estão dispostos na Figura 5d.

Morfologia da plântula: No segundo mês após a germinação, a radícula apresenta cerca 12 cm de comprimento, ferrugínea, iniciando o processo de lignificação, com poucas raízes secundárias. Hipocótilo alongado com média de 4,38 cm de comprimento. Epicótilo com cerca de 1,82 cm, reto, com tricomas verde claro, e o crescimento do primeiro par de protófilos. Nesse estágio, os protófilos são simples, peciolado, discolores, com face adaxial verde mais escuro e face abaxial verde claro, formato oblanceolado, base cuneada, ápice agudo, margem lisa, nervação do tipo bronquidódroma e presença de pontuações translúcidas (Figura 8i-j).

Morfologia da planta jovem- No terceiro mês após a germinação, a raiz principal apresenta em média 20,78 cm de comprimento. O hipocótilo 4,44 cm de comprimento. Epicótilo 3,53 cm de comprimento. E dois a quatro pares de protófilos, com características semelhantes ao primeiro par (Figura 8k-n).

No quarto mês após a germinação, o sistema radicular apresenta cerca de 21,93 cm de comprimento. Hipocótilo 4,64 cm de comprimento. Epicótilo 3,60 cm de comprimento. E três a cinco pares de protófilos com filotaxia do tipo oposta cruzada (Figura 8o-p).

Na tabela abaixo estão representados os dados morfológicos dos frutos e sementes das espécies analisadas (Tabela 4).

TABLE 4. Dados morfológicos dos frutos e sementes de quatro espécies de Cerrado.

Espécie	FRUTO			SEMENTE	
	Tipo	Nº S/F	Forma	Dispersão	Forma
<i>Hirtella racemosa</i>	drupa	monospermico	elipsoide	zoocórica	elipsoide
<i>Erythroxylum pyan</i>	drupa	monospermico	elipsoide	zoocórica	elipsoide
<i>Eugenia puniceifolia</i>	bacóide	monospermico/ dispérmico	elipsoide	zoocórica	ovoide
<i>Myrcia multiflora</i>	bacóide	monospermico/ dispérmico	globoso	zoocórica	globulosa

Nº S/F= número de sementes por fruto.

Os indivíduos jovens das espécies analisadas foram herborizados e depositados no Herbário Caririense Dárdano de Andrade-Lima – HCDAL, sob os números de herbário: *H. racemosa* (16.924), *Erythroxylum pyan* (16.459), *Eugenia puniceifolia* (16.457) e *M. multiflora* (16.458).

Discussão

Com a análise dos dados, verificou-se que as quatro espécies analisadas apresentam frutos carnosos, distribuídos em dois tipos: drupa (*Hirtella racemosa* e *Erythroxylum pyan*) e bacóide (*Eugenia puniceifolia* e *Myrcia multiflora*). A síndrome de dispersão observada para todas as espécies foi a zoocórica.

Em relação as dimensões dos frutos, observou-se que os frutos apresentaram as seguintes categorias: comprimento (cm): a) <0,8; b) >0,8 <1,0 e c) >1,0; largura (cm), a) <0,6; b) >0,6 <0,9 e c) >0,9; espessura: a) <0,4; b) >0,4 <0,7 e c) >0,7. Os maiores percentuais foram para seguintes categorias: comprimento <0,8 cm (*Eugenia puniceifolia* e *M. multiflora*); largura >0,6<0,9 cm (*Eugenia puniceifolia* e *M. multiflora*) e espessura >0,7 cm (*Eugenia puniceifolia* e *M. multiflora*).

Quanto as análises das dimensões das sementes, observou-se as seguintes categorias: comprimento (cm) a) <0,8; b) >0,8 <1,0 e c) > 1,0; largura (cm), a) <0,5; b) >0,5 <0,7 e c) >0,7 e espessura (cm), a) < 0,4 b) >0,4 < 0,5 e c) > 0,5. As ocorrências prevaleceram nas seguintes categorias: comprimento <0,8 cm (*Eugenia puniceifolia* e *M. multiflora*); largura >0,5 cm (*E. pyan* e *M. multiflora*) e espessura >0,4<0,5 cm (*H. racemosa* e *M. multiflora*).

Os baixos valores do desvio padrão, do erro padrão e do coeficiente de variação dos parâmetros avaliados dentro de cada espécie indicam a homogeneidade da amostra analisada. Possivelmente, pode estar relacionado a fatores genéticos ou ambientais das plantas, demonstrando uma maior uniformidade nas sementes avaliadas (Dutra *et al.* 2017).

Quanto ao percentual de germinação, todas as espécies analisadas demonstraram taxas elevadas de germinação, como *Eugenia punicifolia* (90%) a *Erythroxylum pyan* (99,33%). Mas, em relação ao índice de velocidade de germinação (IVG) houve diferenças significativas entre as espécies, como apresentado em *H. racemosa* e *Eugenia punicifolia* que tiveram baixos níveis de IVG (0,78 e 1,03, respectivamente), indicando um processo de germinação mais lento; Por outro lado, *Erythroxylum pyan* e *M. multiflora* apresentaram alto índice de velocidade de germinação (2,64 e 2,31, respectivamente), mostrando apresentar germinação mais rápida.

Quanto a germinação, as espécies *Erythroxylum pyan* e *M. multiflora* apresentaram germinação do tipo epígea, enquanto *H. racemosa* e *E. punicifolia* a germinação do tipo hipógea. Em estudos realizados em florestas tropicais relatam uma associação entre a massa, o tamanho das sementes e a morfologia das plântulas (Zanne *et al.* 2005; Baraloto & Forget 2007). Espécies com sementes menores e mais leves tendem a apresentar germinação do tipo epígea, ao passo que, aquelas com sementes maiores e mais pesadas normalmente têm germinação do tipo hipógea (Zanne *et al.* 2005; Baraloto & Forget 2007). Tal fato pode estar associado à ausência de tecidos de sustentação nas plântulas, que seriam necessários para elevar os cotilédones mais pesados acima do nível do solo (Baraloto & Forget 2007).

No crescimento inicial das plântulas, foi observado que as espécies mostraram um comprimento radicular maior que o comprimento das partes aéreas em todas as medições ao longo dos quatro meses. Essa é uma característica típica das espécies de áreas de Cerrado, que priorizam o crescimento radicular, com o propósito de garantir a captura dos recursos como água e nutrientes (Hoffmann & Franco 2003; Ressel *et al.* 2004).

Nas espécies que apresentam germinação do tipo hipógea, o epicótilo se apresentou maior do que o hipocótilo em todas as observações. Isso se deve ao fato de que espécies com germinação hipógea apresentam hipocótilo reduzido. Enquanto isso, espécies com germinação do tipo epígea apresentam hipocótilo alongado, característica que segundo Melo & Varela (2006) é essencial para a elevação dos cotilédones.

As espécies estudadas apresentam folíolos simples, presença de tricomas no epicótilo e/ou nos folíolos (somente *Erythroxylum pyan* não apresentou tricomas) e filotaxia do tipo oposta cruzada, com exceção de *H. racemosa* que apresentou filotaxia do tipo alternada. O estudo das características morfológicas das plântulas, bem como a morfologia detalhada dos folíolos, é crucial para a taxonomia das plantas, pois, as plântulas muitas vezes apresentam características distintivas que não são tão evidentes nas plantas maduras, tornando-as importantes para a identificação botânica (Gurgel *et al.* 2012). Alguns pesquisadores destacam que os tricomas, por exemplos, tem função de proteção contra herbivoria, proteção contra raios ultravioleta e também podem regular a temperatura (Glas *et al.* 2012).

No que diz respeito a análise da distribuição dos tipos morfofuncionais, foram observados três tipos de plântulas nas quatro espécies analisadas: cripto-hipógeo-armazenador (CHR) em *H. racemosa* e *Eugenia punicifolia*, fanero-epigeo-armazenador (PER) em *Erythroxylum pyan* e fanero-epigeo-foliáceo (PEF) em *M. multiflora*. Com base nos dados obtidos, nota-se uma distribuição distinta daquelas relatadas para plântulas em outras florestas tropicais, onde o tipo morfofuncional mais comum é o PEF. Coutinho (2012) ao analisarem a distribuição morfofuncional de espécies em um fragmento de Floresta Atlântica em Dois Irmãos, Recife-PE (região Nordeste do Brasil), verificaram que 63,52% das espécies são do tipo PEF e 24,70% do tipo CHR.

Fatores como o método de dispersão, o tamanho das sementes e até mesmo o sistema sexual estão correlacionados à morfologia funcional mais adequada a cada estágio sucessional (Ressel *et al.* 2004). Geralmente, os estudos apontam plântulas fanerocotiledonares, epígeas e cotilédones foliáceos como pioneiras e plântulas criptocotiledonares, hipógeas e cotilédones armazenadores como secundárias (iniciais/tardias) (Ibarra-Manríquez *et al.* 2001; Ressel *et al.* 2004). No entanto, é possível que algumas espécies secundárias apresentem características morfofuncionais típicas de espécies pioneiras e isso pode ocorrer devido a adaptações específicas ao ambiente ou estratégias ecológicas particulares (Gogosz *et al.* 2015).

A espécie *Eugenia punicifolia* é considerada como pioneira quanto ao estágio sucessional (Amaral *et al.*, 2009), mas no presente estudo observou-se que suas plântulas são criptocotiledonares, hipógea e cotilédones armazenadores. De acordo com Ressel *et al.* (2004), plântulas com essas características são favoráveis para ambientes mais fechados. As espécies *H. racemosa*, *Erythroxylum pyan* e *M. multiflora* são classificadas como secundárias (iniciais e/ou tardias) (Amaral *et al.* 2009; Santana *et al.* 2019). No entanto, as plântulas de *Erythroxylum pyan* e *M. multiflora* são fanerocotiledonares, epígeas e apresentam cotilédones armazenador e foliáceos, respectivamente. Nas espécies secundárias predominam os frutos carnosos com sementes maiores e dispersão do tipo zoocórica, pois essas características estimulam e atraem os animais (Gogosz *et al.* 2015; Barroso *et al.* 1999).

Estudos sugerem que à medida que a sucessão ecológica progride, ocorre uma diminuição na quantidade de espécies com frutos secos, enquanto as espécies com frutos carnosos tendem a aumentarem (Araki & Hirayama 2020; Lavôr *et al.* 2023). Isso se deve ao aumento da complexidade trófica e da diversidade faunística nos estágios mais avançados da sucessão, sendo os frutos carnosos atrativos mais eficazes para dispersores em ecossistemas semiáridos, resultando em uma maior ocorrência nas fases finais da sucessão (Lavôr *et al.* 2023).

Conclusões

O conhecimento das características morfológicas e biométricas dos frutos e sementes das espécies estudadas contribuem na interpretação de testes de germinação, assim como, para esclarecer as estratégias de propagação, auxiliando na compreensão do ciclo biológico e manejo das espécies. Os dados morfológicos sobre plântulas e plantas jovens auxiliaram no conhecimento de estruturas que podem sofrer modificações durante o crescimento da planta, sendo de relevante importância taxonômica para a identificação de espécies no estágio inicial, bem como fornecer subsídios para estudos ecológicos voltados ao manejo, conservação vegetal e regeneração de áreas de Cerrado degradadas. A hipótese do estudo foi refutada, quanto a dispersão das sementes, tendo em vista que os frutos carnosos das espécies estudadas apresentam apenas dispersão do tipo zoocórica; e corroborada em relação ao estabelecimento das espécies no ambiente, considerando que as mesmas apresentam diferentes tipos de germinação e morfofuncionalidade das plântulas entre si.

Agradecimentos

Os autores deste estudo agradecem a Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pela bolsa concedida (Processo BMD-0008-02422.01.06/22), a Universidade Regional do Cariri (URCA) e ao Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Recursos Naturais (PPGDR) pelo apoio no desenvolvimento desta pesquisa. LMS agradece à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa (Código 001). MIBL agradece ao CNPq pela bolsa de produtividade concedida (Processo 306723/2023-9) e FUNCAP (Edital FUNCAP nº 01/2022 - Mulheres na Ciência – Processo MLC-0191-00147.01.00/22).

Referências

- Ab'saber, A.N. Contribuição a Geomorfologia dos Cerrados (1963) In: FERRI, M. G. (Ed.). *Simpósio sobre o cerrado*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, p. 117-124.
- Alencar, A.L., Silva, M.A. P. & Barros, L.M. (2007) Florística e Fitossociologia de uma Área de Cerradão na Chapada do Araripe – Crato – CE. *Revista Brasileira de Biociências* 5: 18-20.
- Álvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonçalves, J.L.M. & Sparovek, G. (2013) Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22:711-728.
- Amaral, D.D., Vieira, I.C.G., Almeida, S.S., Salomão, R.P., Silva, A.S.L., Jardim, M.A.G. (2009) Checklist da flora arbórea de remanescentes florestais da região metropolitana de Belém e valor histórico dos fragmentos, Pará, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais* 4: 231-289.
- Araki, N. & Hirayama, K. (2020) Differences in the fruit removal patterns of *Cleyera japonica* by frugivorous birds in two forest stands at different developmental stages in a warm-temperate region. *Ecological Research* 1-13. <https://doi.org/10.1111/1440-1703.12188>

- Baraloto, C. & Forget, P. M. (2007) Seed size, seedling morphology, and response to deep shade and damage in neotropical rain forest trees. *American Journal of Botany* 6: 901-911. <https://doi.org/10.3732/ajb.94.6.901>.
- Barroso, G.M., Morim, M.P., Peixoto, A.L. & Ichaso, C.L.F. (1999) *Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas*. Viçosa: UFV, 443 p.
- Benício, R.M.A., Nascimento, A.S., Morais, S.C.O., Lisboa, M.A.N., Silva, L.V.A., Cruz, G.V., Morais, H.N., Araújo, I.F., Linhares, K.V., Silva, M.A.P., Rocha, L.S.G. & Calixto Júnior, J.T. (2023) Um refúgio de Mata Úmida no interior do Nordeste brasileiro: estrutura e diversidades alfa e beta. *Ciência Florestal* 33: 1-25. 10.5902/1980509869097.
- Borgiani, R., Grombone-Guaratini, M.T. Vargas, B.C., Martins, A.E., Camargo, M.G.G. & Morellato, L.P.C. (2022) Floristic composition, pollination and seed-dispersal systems in a target cerrado conservation area. *Biota Neotropica* 22: 1-14. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2021-1318>
- Brasil (1992) Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. *Regras para análises de sementes*. Brasília: SNDA/ DNDV/CLAV.
- Brasil (2016) Ministério do Meio Ambiente. *Ceará: inventário florestal nacional: principais resultados*. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro.
- Calixto Júnior, J.T., Moura, J.C., Lisboa, M.A.N., Cruz, G.V., Gonçalves, B L.M., Barreto, E.S.S.T., Barros, L.M., Drumond, M.A., Mendonça, A.C.A.M., Rocha, L.S.G., Silva, M.A.P. & Cordeiro, L.S. (2021) Phytosociology, diversity and floristic similarity of a Cerrado fragment on Southern Ceará state. *Brazilian Semiarid. Scientia Forestalis* 49: 130. <https://doi.org/10.18671/scifor.v49n130.01>.
- Carreira, R.C. & Zaidan, L.B. (2003) Estabelecimento e crescimento inicial de *Miconia albicans* (Sw.) Triana e *Schizocentron elegans* Meissn., sob fotoperíodos controlados. *Hoehnea* 30: 155-161.
- Cole, M.M. (1986) *The Savannas. Biogeography and Geobotany*. Academic Press, Harcourt Brace Javanovich Publishers. London, UK.
- Costa, J.P., Silva, I.C., Costa, G.M. & Beozinga, A.W. (2023) Efeito do regime de fogo nas espécies arbóreas de cerrado sensu stricto. *Revista Gestão, Tecnologia e Ciências* 12: 41, 61-69.
- Coutinho, L.M. (1976) O conceito de Cerrado. *Revista Brasileira de Botânica* 1: 17-23.
- Coutinho, D.J.G. (2012) Dispersão de diásporos e ecologia morfofuncional de plântulas de espécies de um fragmento de Floresta Atlântica em Dois Irmãos, Recife-PE. *Revista do Instituto Florestal* 24: 85-97. <https://doi.org/10.24278/2178-5031.2012241383>.
- Cunha, M.C.L. & Ferreira, R.A. (2003) Aspectos morfológicos da semente e do desenvolvimento da planta jovem de *Amburana cearensis* (Arr. Cam.) A.C. Smith Cumaru - Leguminosae Papilionoideae. *Revista Brasileira de Sementes* 25: 89-96. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222003000400013>.
- Duke, J.A. (1965) Keys for the identification of seedlings of some provinent woody species in eight forest types in Puerto Rico. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 52: 314-350.
- Durigan, G. & Ratter, J.A. (2016) The need for a consistent fire policy for Cerrado conservation. *Journal of Applied Ecology* 53: 11-15.
- Dutra, F.V., Cardoso, A.D., Silva, R.M., Lima, R.S., Morais, O.M. & Rampazzo, M.C. (2017) Morfobiometria de frutos e sementes de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke. *Revista Agropecuária Técnica* 38: 58-64. <https://doi.org/10.25066/agrotec.v38i2.29456>.
- Eiten, G. (1972) The cerrado vegetation of Brazil. *Botanical Review* 38: 201-341.
- Fagundes, M., Camargos, M.G. & Costa, F.V. (2011) A qualidade do solo afeta a germinação das sementes e o desenvolvimento das plântulas de *Dimorphandra mollis* Benth. (Leguminosae: Mimosoideae). *Acta Botanica Brasilica* 25: 908-915. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062011000400018>.

- Ferreira, R.A., Botelho, S.A., Davide, A.C. & Malavasi, M.M. (2001) Morfologia de frutos, sementes, plântulas e plantas jovens de *Dimorphandra mollis* Benth. – faveira (Leguminosae-Caesalpinioideae). *Revista Brasileira de Botânica* 24: 303-309. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042001000300009>.
- Ferreira, L.G., Yoshioka, H., Huete, A. & Sano, E.E. (2004) Optical characterization of the Brazilian Savanna physiognomies for improved land cover monitoring of the cerrado biome: preliminar assessments from an airborne campaign over na LBA core site. *Journal of Arid Environments* 56: 425–447.
- Ferreira, J.C.V., Praxedes, B.D.A.C., Chaves, M.S. & Lima, Z.M.C. (2016) Atividade de Campo e o Ensino de Geografia Física: Uma Proposta de Roteiro Científico para a Chapada do Araripe, Ceará, NE do Brasil. *Sociedade e Território* 28: 174–192. <https://doi.org/10.21680/2177-8396.2016v28n1ID7733>.
- FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Calendário chuvoso. Disponível em: <http://www.funceme.br/>. Acesso em: 12.04.2024.
- Furley, P.A. & Ratter, J.A. (1988) Soil resources and plant communities of the central Brazilian cerrado and their development. *Journal of Biogeography* 15: 97-108.
- Garwood, N.C. (1996) Functional morphology of tropical tree seedlings. In: Swaine, M. D. *The ecology of tropical forest tree seedlings*, Man & Biosphere Series - Unesco, 17: 59-119.
- Glas, J. J., Schimmel, B.C.J., Alba, J.M., Escobar-Bravo, R., Schuurink, R.C. & Kant, M.R. (2012) Plant Glandular Trichomes as Targets for Breeding or Engineering of Resistance to Herbivores. *International Journal of Molecular Science* 13: 17077-17103. [10.3390/ijms131217077](https://doi.org/10.3390/ijms131217077).
- Gogosz, A.M., Boeger, M.R.T., Cosmo, N.L. & Nogueira, A.C. (2015) Morfologia de diásporos e plântulas de espécies arbóreas da floresta com araucária, no Sul do Brasil. *Floresta* 45:819-832. [10.5380/rf.v45i4.35017](https://doi.org/10.5380/rf.v45i4.35017).
- Gonçalves, E.G. & Lorenzi, H. (2011) *Morfologia vegetal: organografia e dicionário ilustrado de morfologia de plantas vasculares*. Ed. Instituto Plantarum, Nova Odessa.
- Gurgel, E.S.C., Santos, J.U.M., Lucas, F.C.A. & Bastos, M.N.C. (2012) Morfologia de plântulas de Leguminosae e o potencial sistemático. *Rodriguésia* 63: 65-73. <https://doi.org/10.1590/S2175-78602012000100006>.
- Hoffmann, W.A. & Franco, A. (2003) Comparative growth analysis of tropical forest and savanna woody plants using phylogenetically independent contrasts. *Journal of Ecology* 91: 475-484. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.2003.00777.x>.
- Ibarra-Manríquez, G., Ramos, M.M. & Oyama, K. (2001) Seedling functional types in a lowland rain Forest in Mexico. *American Journal of Botany* 88: 1801-1812. <https://doi.org/10.2307/3558356>.
- IBGE (2012) *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. Série Manuais Técnicos em Geociências. 2ª ed., Rio de Janeiro.
- Kuniyoshi, Y.S. (1983) *Morfologia da semente e da germinação de 25 espécies arbóreas de uma floresta com Araucária*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Lavôr, I.A., Lavôr, D.T., Lavôr, C.S. & Braga, D.V.V. (2023) Análise da Diversidade e Caracterização das Síndromes de Dispersão de Diásporos em um Gradiente Sucessional de Caatinga Hiperxerófila. *Biodiversidade Brasileira* 13: 1-10. <https://doi.org/10.37002/biodiversidadebrasileira.v13i3.2207>.
- Lehmann, C.E.R., Archibald, S.A., Hoffmann, W.A. & Bond, W.J., 2011. Deciphering the distribution of the savanna biome. *New Phytologist* 191: 197–209.
- Lima, P.B., Carvalho, U.S., Almeida, E.B. & Zickel, C.S. (2022) Morfologia e taxonomia de plântulas do banco de sementes do solo de uma área de restinga, Pernambuco. *PlantNow* 2: 2–14.

- Macêdo, D.G., Ribeiro, D.A., Coutinho, H.C.M., Menezes, I.R.A. & Souza, M.M.A. (2015) Práticas terapêuticas tradicionais: Uso e conhecimento de plantas do cerrado no estado de Pernambuco (Nordeste do Brasil). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromaticas* 14: 491–508.
- Maguire, J.D. (1962) Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science Madison* 2: 176-177.
- Malavasi, U.C. & Malavasi, M.M. (2001) Influência do tamanho e do peso da semente na germinação e no estabelecimento de espécies de diferentes estágios da sucessão vegetal. *Floresta e Ambiente* 8: 211 – 215.
- Melo, M.F.F. & Varela, V.P. (2006) Aspectos morfológicos de frutos, sementes, germinação e plântulas de duas espécies florestais da amazônia. I. *Dinizia excelsa* Ducke (Angelimpedra). II *Cedrelinga catenaeformis* Ducke (Cedrorana) -Leguminosae: Mimosoideae. *Revista Brasileira de Sementes* 28: 54-62.
- Montoro, G.R. (2008) *Morfologia de Plântulas de Espécies Lenhosas do Cerrado*. Dissertação de mestrado, Universidade de Brasília, Brasília.
- Silva Neto, B (2013) *Perda da vegetação natural na Chapada do Araripe (1975/2007) no estado do Ceará*. 186 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro - SP.
- Prance, G.T. (1996) Island in Amazonia. *Philos. Philosophical Transactions of the Royal Society* 351: 823- 833.
- Ratter, J.A., Ribeiro, J.F. & Bridgewater, S. (1997) The Brazilian Cerrado Vegetation and Threats to its Biodiversity. *Annals of Botany* 80: 223-230.
- REFLORA: Flora e Funga do Brasil (2024) Disponível em: <<https://reflora.jbrj.gov.br/reflora/herbarioVirtual>>. Acesso em: 26/04/2024.
- Ressel, K., Guilherme, F.A.G., Schiavini, I. & Oliveira, P.E. (2004) Ecologia morfofuncional de plântulas de espécies arbóreas da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. *Brazilian Journal of Botany* 27: 311–323.
- Ribeiro, J.F. & Walter, B.M.T. (1988) Fitofitofisionomia do Bioma Cerrado. In: Sano, S.M.; Almeida, S.P. (Eds.) *Cerrado: ambiente e flora. Brasília*: Embrapa. p.89-166.
- Ribeiro, J.F. & Walter, B.M.T. (2008) As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Sano, S.M.; Almeida, S.P.; Ribeiro, J.F. (ed.) *Cerrado: ecologia e flora. Brasília*: Embrapa, p. 151-222.
- Rizzini, C.T. (1997) *Tratado de fitogeografia do Brasil – Aspectos ecológicos*. São Paulo: Hucitec, Edusp. 2º volume, 747p.
- Roderjan, C.V. (1983) *Morfologia do estágio juvenil de 24 espécies arbóreas de uma floresta com Araucária*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Rodrigues, R.S., Hirt, A.P.M. & Flores, A.S. (2012) Morfologia de plântulas das espécies de Rhynchosia (Leguminosae, Papilionoideae) de Roraima, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 26: 585-592. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062007000300007>.
- Santana, L.D., Fonseca, C.R. & Carvalho, F.A. (2019) Aspectos ecológicos das espécies regenerantes de uma floresta urbana com 150 anos de sucessão florestal: o risco das espécies exóticas. *Ciência Florestal* 29: 1-13. <https://doi.org/10.5902/1980509830870>.
- Santiago, I.N., Piedade, M.T.F., Weiss, B., Demarchi, L.O. & Lopes, A. (2021) Germinação de sementes e morfologia de plântulas de espécies pioneiras da várzea amazônica. *Ciência Florestal* 31: 271-289. <https://doi.org/10.5902/1980509840676>.
- Santos, L.S., Cabral, C.J. & Silva, H.P.B. (2015) Mancha de cerrado associada à teoria dos refúgios no agreste pernambucano. *Ceres* 1: 169-175.
- Santos, J.E.G., Benício, R.M.A., Silva, J.M., Brito, C.M., Ricarte, M.C.C. & Figueiredo, C.U.L. (2020) Fortalecendo o ensino de ciências através da pesquisa paleontológica na bacia sedimentar do araripe, Ceará – Brasil. *Brazilian Journal of Development* 6: 28872–28885. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-366>.

- Siebra, F.S.F., Bezerra, L.M.A. & Oliveira, M.L.T. (2011) A Influência Geoturística e ambiental do Geopark Araripe no geossítio Colina do Horto, Ceará/Brasil. R. Revista Geográfica de América Central 2: 1–14.
- Silva, P.G.G. (2003) *Biometria dos frutos e sementes, germinação e crescimento de plântulas e plantas jovens de 15 espécies lenhosas de leguminosae da caatinga de Alagoinha-Pe*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Silva, J.P.G. (2020) *Regeneração natural e morfologia de sementes e plântulas de espécies arbóreas em remanescente de floresta tropical úmida, Pernambuco, Brasil*. Tese de doutorado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- Sobrinho, S.P., Albuquerque, M.C.F., Luz, P.B. & Camili, E.C. (2017) Caracterização física de frutos e sementes de *Lafoensia pacari*, *Alibertia edulis* e *Genipa americana*. *Revista de Ciências Agrárias* 40: 382-389. <https://doi.org/10.19084/RCA16034>.
- Souza, V.C., Flores, T.B. & Lorenzi, H. (2013) *Introdução à Botânica: Morfologia*. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora. 124p.
- Souza, F.G.L.S., Silva, M.A.P. & Loiola, M.I.B. (2021) Passifloraceae s.s. na Chapada do Araripe, nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física* 14: 770–783. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.2.p770-783>.
- Viadana, A.G. & Cavalcanti, A.P.B.A. (2007) A teoria dos refúgios florestais aplicada ao estado de São Paulo. *Revista da Casa da Geografia de Sobral* 1: 61-80.
- Vidal, W.N., Vidal, M.R.R. & Paula, C.C. (2021) *Botânica: organografia-Quadros sinóticos ilustrados de fanerógamas*, 5ª ed. Viçosa, ed. UFV, 113p.
- Vieira, R.D. & Carvalho, N.M. (1994) *Testes de vigor em sementes*. Jaboticabal: FUNEP, 164p.
- Vogel, E.F. (1980) *Seedlings of dicotyledones*. Pudoc, Wageningen. 465p.
- Zanne, A.E., Chapman, C.A. & Kitajima, K. (2005) Evolutionary and ecological correlates of early seedling morphology in East African trees and shrubs. *American Journal of Botany* 92: 972-978. <https://doi.org/10.3732/ajb.92.6.972>.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conjunto das características analisadas permitiu separar as espécies em grupos correspondentes quanto ao tipo de dispersão dos frutos e das sementes e morfofuncionalidade das plântulas.

As espécies com frutos secos tendem a desenvolver folíolos compostos, enquanto espécies de frutos carnosos desenvolvem folíolos simples. Além disso, 90% das espécies estudadas possuem pilosidade ao passo que a maioria também apresenta filotaxia do tipo oposta cruzada.

Com base nessas informações foi possível verificar que as espécies estudadas desenvolvem diversas estratégias adaptativas para reprodução e estabelecimento de novos indivíduos nas condições de áreas de Cerrado. Tais estratégias conferem a essas espécies um considerável potencial de sobrevivência, o que as tornam candidatas promissoras para serem utilizadas em projetos voltados à produção de mudas, visando o reflorestamento e o manejo sustentável nesse bioma.

A coleção botânica de plântulas e plantas jovens de espécies de Cerrado da Chapada do Araripe – CE contemplou as oito espécies estudadas, as quais estão depositadas no acervo do Herbário Caririense Dárdano de Andrade-Lima – HCDAL. Vale destacar que essas são as primeiras exsicatas de amostras juvenis do referido herbário e serão usadas em exposições futuras, com o intuito de chamar a atenção do público quanto a diversidade da flora da região, bem como, auxiliar nas pesquisas científicas, fornecendo informações complementares para o reconhecimento e identificação de componentes da flora local.

Assim, sugere-se a expansão de estudos nesse contexto, incluindo representantes de outras famílias botânicas, de modo a contribuir para a ampliação do conhecimento sobre as estratégias reprodutivas e o estágio inicial de estabelecimento das espécies ocorrentes em áreas de Cerrado no nordeste brasileiro.

ANEXO

Instruções aos autores

Periódico Phytotaxa

Disponível em:

<https://phytotaxa.mapress.com/pt/about/submissions>

Diretrizes para autores

Objetivo e escopo

Phytotaxa é um periódico internacional revisado por pares para publicação rápida de artigos de alta qualidade sobre qualquer aspecto da botânica sistemática e taxonômica, com preferência por grandes trabalhos taxonômicos, como monografias, floras, revisões e estudos evolutivos e descrições de novos táxons. *Phytotaxa* abrange todos os grupos abrangidos pelo Código Internacional de Nomenclatura para algas, fungos e plantas ICNafp (fungos, líquens, algas, diatomáceas, musgos, hepáticas, antóceros e plantas vasculares), tanto vivos quanto fósseis. *Phytotaxa* foi fundada em 2009 como um periódico botânico irmão do *Zootaxa*. Ele tem um grande conselho editorial, que administra este periódico de forma voluntária, e é publicado pela Magnolia Press (Auckland, Nova Zelândia). Também é indexado pela SCIE, JCR e Biosis.

Todos os tipos de artigos taxonômicos, florísticos e fitogeográficos são considerados, incluindo artigos teóricos e metodologia, sistemática e filogenia, monografias, revisões e análises, catálogos, biografias e bibliografias, história de explorações botânicas, guias de identificação, floras, análises de caracteres, estudos filogenéticos e fitogeografia, descrições de táxons, tipificação e artigos nomenclaturais. Monografias e outros manuscritos longos (de 60 páginas impressas ou mais) podem ser publicados como livros, que receberão um número ISBN, além de fazerem parte da série *Phytotaxa*.

Listas de verificação e pesquisas de vegetação são incluídas apenas quando os dados fornecidos na lista de verificação ou pesquisa são analisados e discutidos. Os dados nas listas de verificação devem ser interpretados para tornar o estudo relevante para a comunidade botânica internacional. Extensões de alcance de espécies únicas geralmente não são consideradas para publicação, embora exceções possam ser possíveis (por exemplo, para espécies invasoras de importância econômica). Desencorajamos fortemente a publicação de salame; pequenos manuscritos com ato nomenclatural único fora do contexto de um estudo revisional estão fora do escopo e foco do *Phytotaxa*. Em caso de dúvida, entre em contato com o editor-chefe antes de enviar tais artigos. A publicação em acesso aberto é fortemente encorajada para autores que têm financiamento para fazê-lo. Para aqueles sem subsídios/fundos, os manuscritos aceitos serão publicados, mas o acesso será garantido apenas para assinantes. Todos os manuscritos serão submetidos à revisão por pares por dois ou mais revisores anônimos antes da aceitação. O *Phytotaxa* pretende publicar cada artigo dentro de dois meses após a aceitação pelos editores. Para tornar isso possível, os autores são aconselhados a seguir as seguintes diretrizes cuidadosamente e a consultar as edições mais recentes do *Phytotaxa*. Portanto, ao preparar seu manuscrito, siga este guia cuidadosamente. Durante nossos primeiros anos, seu formato variou um pouco, mas agora buscamos mais uniformidade.

Todos os artigos de acesso aberto são licenciados sob uma Creative Commons Atribuição-NãoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0). A versão mais recente do *Código Internacional de Nomenclatura para algas, fungos e plantas* deve ser aplicada ([Shenzhen Code 2018](#)). O(s) autor(es) dos nomes de táxons (da classificação de gênero ou abaixo) deve(m) ser fornecido(s) quando o nome científico de qualquer espécie de planta for mencionado pela primeira vez com o ano de publicação. Eles são citados como uma referência completa e devem ser incluídos na lista de referências.

Tipo de manuscritos

Com base em sua extensão, três categorias de artigos são consideradas:

1) Artigo de pesquisa

Artigos de pesquisa são artigos significativos de quatro ou mais páginas impressas relatando pesquisa original. Artigos entre 4 e 59 páginas impressas são publicados em edições multi-artigo de ca. 60 páginas. Monografias (60 ou mais páginas) são emitidas e encadernadas individualmente e receberão números ISBN, além de fazerem parte da série *Phytotaxa*.

Phytotaxa encoraja grandes trabalhos taxonômicos abrangentes. Não há limite máximo para o tamanho dos manuscritos, embora os autores sejam aconselhados a dividir monografias de mais de 1000 páginas em contribuições de vários volumes, simplesmente porque livros com mais de 1000 páginas são difíceis de encadernar e muito pesados para carregar.

Artigos curtos sobre espécies de importância econômica, ambiental ou filogenética podem ser aceitos a critério dos editores, que geralmente encorajarão e aconselharão os autores a agregar valor ao artigo fornecendo mais informações (por exemplo, chave para espécies do gênero, informações biológicas, ecologia, etc.). Artigos de 4 ou 5 páginas aceitos para publicação podem ser encurtados para publicação na seção Correspondência.

2) Correspondência

Manuscritos de uma a quatro páginas são bem-vindos. Podemos publicá-los bem rápido porque são úteis para preencher páginas em branco em edições com vários artigos. A *Phytotaxa* publica os seis tipos de correspondência a seguir:

- 1. Opiniões e pontos de vista sobre questões atuais de interesse dos botânicos sistemáticos.
- 2. Comentários ou acréscimos/correções a artigos publicados anteriormente na *Phytotaxa* ou em outro lugar.
- 3. Obituários de botânicos.
- 4. Notas taxonômicas/nomenclaturais de importância.
- 5. Resenhas de livros destinadas a apresentar aos leitores trabalhos taxonômicos novos ou notáveis (autores/editores interessados são aconselhados a entrar em contato com o editor antes de enviar livros para revisão; os editores então preparam a resenha do livro ou convidam colegas para escrever a resenha; resenhas não solicitadas geralmente não são publicadas).
- 6. Artigos curtos convertidos de manuscritos submetidos como artigos de pesquisa, mas muito curtos para serem qualificados como tal.

Essas contribuições curtas geralmente não devem ter mais de 20 referências (exceções podem ser consideradas), e o comprimento total não deve exceder quatro páginas impressas. Não é necessário um resumo nem uma lista de palavras-chave; títulos principais (Introdução, Material e Métodos, etc.) não devem ser usados, exceto para novos títulos de táxons e Referências. Uma correspondência típica deve consistir em (1) um título curto e conciso, (2) nome do autor, afiliação, endereço e endereço de e-mail, (3) uma série de parágrafos sendo

o texto principal e (4) uma lista de referências (se houver). O primeiro ou o último parágrafo pode ser um breve resumo.

Comentários sobre artigos publicados têm como objetivo a troca acadêmica de diferentes visões ou interpretações de dados publicados e não devem conter ataques pessoais; observe que os autores dos artigos em questão podem ser convidados a responder aos comentários em seus artigos.

3) Monografias, floras e outros artigos com mais de 60 páginas impressas

Aparecem em formato de livro com seu próprio número ISBN. Eles podem ser diferentes da formatação padrão quando o autor fornece argumentos razoáveis para isso. Por favor, consulte o editor em tais casos.

Edições especiais

Edições especiais com artigos coletados sobre um tópico selecionado no escopo do periódico também são publicadas. Editores convidados em potencial devem enviar uma proposta ao editor chefe para aprovação e instruções. Embora os editores convidados para edições especiais sejam responsáveis por organizar a revisão por pares dos artigos nessas edições, eles devem seguir o estilo do *Phytotaxa* (conforme estabelecido neste guia do autor) e os procedimentos de revisão por pares. Se algum artigo dos editores convidados for incluído na edição especial, esses artigos devem ser tratados por editores/colegas que não sejam os editores envolvidos. As edições especiais devem ter 60 páginas ou mais. Pode ser necessário financiamento para compensar parte dos custos de produção. O pagamento do autor para Open Access é fortemente incentivado. Reimpressões podem ser solicitadas para a edição inteira ou para artigos individuais.

Preparação de manuscritos

Em geral

Leia as diretrizes abaixo e consulte também um artigo recente publicado na *Phytotaxa* e siga o estilo nele contido.

Idioma. O artigo deve ser escrito em inglês britânico ou americano em todo o manuscrito. Autores cuja língua nativa não seja o inglês são encorajados a pedir a colegas familiarizados com o campo de pesquisa e fluentes em inglês (de preferência um falante nativo) para corrigir o idioma no manuscrito antes do envio (também oferecemos um serviço interno de revisão e edição aqui: <https://store.mapress.com/author-service/93-copy-editing.html>). Um artigo pode ser devolvido ao autor sem revisão se o idioma não for de um padrão aceitável.

O autor também é responsável pelo uso correto de outras línguas, seja um diagnóstico latino ou um resumo em uma língua estrangeira. A gramática de textos em línguas estrangeiras precisa ser verificada pelo autor antes do envio, e novamente após a revisão se o inglês do qual foi traduzido (por exemplo, um resumo) tiver mudado. Estudiosos latinos que são consultados para a correção de diagnósticos devem ser reconhecidos.

Edição de texto. Oferecemos um serviço de revisão e edição que corrige erros de gramática, pontuação e ortografia, e melhora o fluxo, a clareza e a legibilidade em um tom natural de inglês. Seu artigo também será verificado quanto a citações no texto consistentes com a lista

de referências. Seja você um falante nativo de inglês ou não, um par de olhos alternativo sempre ajuda!

Solicite nosso serviço de edição de texto aqui: <https://store.mapress.com/author-service/93-copy-editing.html>

Medidas métricas devem ser usadas. Por favor, use a fonte comum Times New Roman, 12 pt e o mínimo de formatação possível (aplique apenas **negrito** e *itálico* quando necessário e indente parágrafos, exceto o primeiro). Símbolos especiais podem ser usados, mas precisam ser cuidadosamente verificados pelo autor na fase de prova, porque podem ser alterados devido à incompatibilidade de arquivos.

Os hífen '-' são usados para ligar palavras como nomes pessoais, nomes topográficos, alguns prefixos e adjetivos compostos que poderiam ser confundidos (exemplos: bem-estabelecido, 5 lados, Kingston-upon-Thames, Kingdon-Ward, cooperação, etc.).

Traço ou regra '—' (um traço do comprimento da letra 'n') deve ser usado para intervalos ou extensões. No contexto de *Phytotaxa*, é usado principalmente para intervalos de números, mais frequentemente intervalos de tamanho, intervalos de elevação, datas e números de página (por exemplo, 500–1000 m, 1–3 de maio de 1976–1977, figs 5–7). Lembre-se também de aplicá-los na seção de referência para intervalos de volumes, anos e páginas. O traço também é usado em associações de nomes (por exemplo, um acordo Federal–Estadual) e em fenologia (por exemplo, floração de maio a setembro).

Travessão ou travessão '—' (o comprimento da letra 'm') é usado com pouca frequência; eles são usados para quebras no texto ou assunto. Em contraste com parênteses, um travessão pode ser usado sozinho; por exemplo, “O que esses resultados podem significar — que John descobriu o significado da vida?” Travessões também são usados após um subtítulo, por exemplo:

“Tipo:—BRASIL. Paraná: Ponta Grossa, Furnas Gêmeas, remanescente de floresta de *Araucária* abaixo de grande penhasco de arenito, 25.145°S, 049.958°W, 950–1000 m, 16 de fevereiro de 2008, *Christenhusz et al.* 4790 (holótipo SP!, isótipos K!, MBM, NY!, P!, TI, TUR!, UC!, UPCB).”

O ponto de exclamação '!' é usado para indicar após a sigla do herbário que este espécime de comprovante foi visto pelo autor (veja acima).

Sinal de multiplicação ou de tempos '×'. O sinal de multiplicação × não deve ser confundido com a letra x. Ele deve ser sempre usado em táxons híbridos (por exemplo, *Equisetum × schaffneri*) e em medidas de comprimento e largura (de folhas ou pétalas, por exemplo), por exemplo: “folhas 1,0–4,2 × 0,4–0,8 cm”.

Traços e hífen não devem ser espaçados. Sinta-se à vontade para copiar esses símbolos deste guia do autor e colá-los em seu manuscrito. Usar os símbolos corretos acelerará o processo de edição. Os editores podem devolver o manuscrito ao autor se travessões, hífen e sinais de multiplicação não forem usados corretamente.

Itálico. Nomes genéricos e todas as classificações abaixo são colocadas em itálico. Títulos de livros e periódicos também são colocados em itálico, assim como diagnósticos em latim e abreviações latinas (como *sp. nov.*, *comb. nov.*, *nom. illeg.*, *et al.*). “Subsp.”, “ser.”, “var.”, “cv.” e “f.” (para forma ou filius) não são colocados em itálico, nem nomes acima da

classificação de gênero. A abreviação “ssp.” deve ser evitada e substituída por “subsp.” (para subespécies) para evitar confusão com a abreviação spp. (= espécies no plural). Como regra geral, abreviações são desencorajadas.

Abreviações de certas palavras são padronizadas: ca. = cerca, m = metro, cm = centímetro, dbh = diâmetro na altura do peito, elev. = elevação (altitude não é usada para alturas de superfícies terrestres acima do nível do mar; altitude é usada para alturas acima da superfície da terra, por exemplo, de um avião), *sp. nov.* = nova espécie, *comb. nov.* = nova combinação, *gen. nov.* = novo gênero, subsp. = subespécie, sect. = seção, pers. comm. = comunicação pessoal, etc. As siglas do herbário seguem o *Index Herbariorum* <http://sweetgum.nybg.org/ih/>

Citação de nomes de autores

Abreviações de autores raramente são usadas (geralmente apenas para autores basionimos e novos táxons propostos no manuscrito); elas geralmente são citadas completamente nas referências. Isso significa que o nome não é abreviado, mas o sobrenome é escrito por extenso, seguido entre colchetes pelo ano de publicação, dois pontos e o número da página onde o nome foi publicado. Isso é tratado como uma citação normal e, portanto, o artigo completo no qual a espécie foi publicada deve ser citado nas referências. (Inclua o título completo do artigo, o título completo do periódico e o intervalo de páginas completo.) Isso é obrigatório para todos os artigos taxonômicos e artigos nos quais menos de 30 táxons são mencionados. Em artigos que lidam com um número maior de espécies (como estudos ecológicos ou filogenéticos ou listas de verificação), isso não é incentivado porque é impraticável. Se estiver incerto, entre em contato com um editor sobre este assunto.

Abreviações de autores (seguindo estritamente o IPNI) são usadas apenas em monografias e listas de verificação maiores, mas mesmo nesses artigos os nomes nas introduções e no texto corrente são devidamente citados nas referências. Os nomes dos autores do táxon devem ser citados apenas uma vez, quando o táxon/espécie aparece pela primeira vez no texto. A *Phytotaxa* visa ter todas as fontes taxonômicas citadas incluídas na seção de referências. A citação dos autores das espécies é a seguinte:

- *Hymenophyllopsis asplenoides* ACSm. em Gleason (1931: 302). Smith é abreviado aqui porque foi publicado em Gleason, que é o artigo apropriado para citar.
- *Cyathea asplenoides* (ACSm.) Christenhusz (2009: 39). Smith é abreviado aqui porque o basionimo já foi dado acima.
- *Cyathea gibbosa* (Klotzsch 1844: 542) Domin (1929: 262). Tanto o basionimo quanto a nova combinação são citados porque o basionimo não é dado acima.

Nas referências:

Christenhusz, MJM (2009) Novas combinações e uma visão geral de *Cyathea* subg. *Hymenophyllopsis* (Cyatheaceae). *Phytotaxa* 1: 37–42.

Domin, C. (1929) *Pteridophyta*. České Akademie, Praga. 276 pp.

Gleason, HA (1931) Resultados botânicos da expedição Tyler-Duida. *Boletim do Torrey Botanical Club* 58: 227–344.

Klotzsch, JF (1844) Beiträge zu einer Flora der Äquinoccial-Gegenden der neuen Welt, Filices. *Linnea* 18: 525–556.

Deposição de espécimes de voucher e números do GenBank

Os autores de novos táxons são obrigados a depositar espécimes-tipo em museus ou coleções públicas nacionais ou internacionais, preferencialmente aqueles listados no *Index Herbariorum* e que sejam fornecidos com uma sigla correspondente.

Os autores também são aconselhados a solicitar números de registro de sequências depositadas no GenBank antes da submissão de artigos para evitar atrasos desnecessários na publicação. Descrições de espécies também podem ser vinculadas a outras fontes, como a *Encyclopedia of Life*. Para fungos, os números do MycoBank precisam ser fornecidos.

Alguns países (por exemplo, Austrália, Brasil, Peru) exigem que espécimes de tipo primário (holótipos) sejam depositados em coleções no país de origem; os autores são aconselhados a levar isso em consideração.

Geografia e elevação

Por favor, aplique a palavra 'elevação' ao lidar com características geológicas. 'Altitude' é aqui definida como a distância acima da superfície da Terra, enquanto 'elevação' se aplica à altura de uma superfície terrestre acima do nível do mar.

Para nomes de países (sempre em maiúsculas em citações de espécimes) e províncias (seguidas por dois pontos), as grafias padrão em inglês seguidas por ONU se aplicam (por exemplo, Quirguistão, não Kirghizia, Madagascar, não Malagasy Republic etc.). Para uma lista padrão de países e áreas, consulte: <http://unstats.un.org/unsd/methods/m49/m49alpha.htm>. Exceções podem ser discutidas com o editor.

Título

O título deve ser conciso e informativo e deve cobrir o conteúdo do artigo. Nenhum nome de autor ou taxa é dado no título. Nomes de família devem sempre ser incluídos. Os táxons superiores contendo os táxons tratados no artigo (quando apropriado) devem ser indicados entre parênteses, por exemplo: **Uma revisão taxonômica do gênero *Aa* (Cranichidae, Orchidoideae, Orchidaceae).**

Nomes e afiliações do(s) autor(es) do artigo

Os nomes de todos os autores devem ser fornecidos abaixo do título e devem ser digitados em letras maiúsculas (por exemplo, ADAM J. SMITH, BRIAN SMITH e CAROL SMITH). A inclusão de todos os principais colaboradores do trabalho deve ser considerada.

Abaixo dos nomes, os endereços de afiliação profissional de cada autor devem ser fornecidos em *itálico*, cada um começando em uma linha separada. Os endereços de e-mail devem ser fornecidos, se disponíveis. Os endereços de afiliação são vinculados aos nomes dos autores por números em sobrescrito e são fornecidos em ordem correspondente.

Resumo

O resumo deve cobrir concisamente o conteúdo do artigo e deve ser formulado de forma que palavras-chave adicionais não sejam necessárias. Quaisquer novos nomes ou novos atos nomenclaturais propostos no artigo devem ser mencionados. Nenhum nome de autor de

táxon deve ser incluído no resumo. Informações introdutórias não devem ser incluídas no resumo, nem a citação de referências.

Resumos em outros idiomas usando o alfabeto latino também podem ser incluídos além do inglês e devem ser uma tradução direta do resumo em inglês. A ortografia e a gramática desses resumos em outros idiomas são de responsabilidade do autor. Um resumo em outro idioma deve ser corrigido se houver alguma alteração no resumo em inglês durante o processo editorial.

Palavras-chave

Palavras-chave podem ser fornecidas quando o resumo ainda não as abrange. As palavras-chave não podem incluir palavras que já estejam no título e devem ser fornecidas em sequência alfabética.

Resumos e palavras-chave não são incluídos em Comunicações curtas.

Introdução

A introdução deve colocar o estudo em contexto e deve fornecer um contexto histórico ou recente relevante para o estudo. Essas informações não devem ser incluídas no resumo. Os nomes dos autores de um táxon devem ser citados apenas uma vez, quando o táxon/espécie aparecer pela primeira vez no texto.

Material e Métodos

Materiais e metodologia usados em estudos empíricos devem ser fornecidos concisamente. Herbários consultados podem ser listados aqui, se não estiverem nos Agradecimentos. Trabalhos de campo devem ser destacados. Floras e outros trabalhos taxonômicos consultados para identificar o material vegetal envolvido em um estudo devem ser citados.

Resultados

A seção de resultados deve apresentar apenas os resultados do estudo. Não misture resultados e discussão. Seções combinadas de Resultados/Discussão são desencorajadas. Citações de outras literaturas normalmente não são permitidas na seção Resultados.

Discussão

Discuta seus resultados e coloque-os no contexto da introdução.

Conclusão

A conclusão deve declarar qual é a contribuição científica do seu estudo (faça a si mesmo a pergunta: 'O que podemos aprender com este estudo e como os resultados nos ajudam a entender as perguntas feitas na introdução e na discussão?'). É útil para outros pesquisadores apontar estudos adicionais que podem ser necessários no futuro.

Taxonomia

Uma seção de taxonomia deve começar com cada táxon em negrito e itálico. Abreviações de autores de novas espécies devem ser fornecidas (seguindo IPNI, não em negrito), e estas

devem ser seguidas pela designação correta (em itálico, não em negrito, por exemplo, *comb. nov.*, *nom. nov.*, *spec. nov.*, *stat. nov.*, etc.). Quando as espécies não são descritas recentemente, os nomes dos autores devem ser seguidos pelo ano e página da publicação (e o artigo completo deve ser incluído nas referências).

Todos os novos táxons precisam ser acompanhados por diagnósticos curtos em inglês ou latim que descrevam os novos táxons. Se você preferir latim, certifique-se de que o idioma seja usado corretamente. Os editores geralmente não corrigirão seus diagnósticos em latim. Um espécime precisa ser designado como seu tipo (segundo o ICNafp), e o holótipo deve ter sido estudado pelo autor da espécie. É encorajado que, quando possível, o holótipo seja depositado no país de origem, e que dois isótipos sejam depositados em grandes herbários onde os espécimes estarão disponíveis para estudo público.

As descrições taxonômicas devem ser organizadas descrevendo as plantas de baixo para cima e de fora para as partes internas. Claro, isso é diferente para cada táxon e pode, portanto, seguir uma variável. Subseções de descrições podem ser destacadas usando itálico. Dados adicionais (por exemplo, distribuição, ecologia, etimologia, etc.) podem seguir. Frequentemente, eles são subtítulos por '—' (m-travessão).

Os espécimes são citados da seguinte forma:

PAÍS. Província: Localidade, elevação, coordenadas, data (dia mês (por extenso) ano), *Número do coletor* (sigla do herbário em caixa alta). Todos os espécimes estudados devem ser citados. Lectótipos, neótipos e epítipos devem sempre ser seguidos da referência onde são designados, por exemplo:

Lectótipo (designado por Smith 2000/designado aqui):—FINLÂNDIA. Uusimaa: Helsinque, Parque Kaisaniemi, 27 de abril de 1976, *Virtanen 22* (H!).

Chaves

As chaves de identificação devem ser dicotômicas, e os leads devem (preferencialmente) ser opostos entre si em significado para que as espécies possam ser facilmente distinguidas. Por favor, não formate a chave; forneça-a no seguinte layout simples:

1. Brácteas mais longas que os pedicelos; filamentos com 1 lobo agudo no ápice de cada lado da antera ... *Ornithogalum nutans*

- Brácteas mais curtas que os pedicelos; filamentos sem lobos apicais nas anteras ... 2.

2. Inflorescência corimbosa; tépalas maiores que 14 mm ... *Ornithogalum angustifolium*

- Inflorescência racemosa; tépalas menores que 14 mm ... *Ornithogalum pyrenaicum*

Agradecimentos

O formato dos Agradecimentos é variável, e qualquer um pode ser agradecido por sua contribuição. Considere a coautoria para pessoas que contribuíram para o estudo de forma importante, especialmente contribuidores de espécimes ou trabalho de laboratório.

Referências

Toda a literatura citada no texto (incluindo artigos completos de autores de táxons) deve ser incluída. Por favor, verifique isso cuidadosamente antes do envio, porque erros são comuns.

As referências devem ser citadas no texto como Smith (1999), Smith & Jones (2000) ou Smith *et al.* (2001), este último quando houver três ou mais autores, ou alternativamente entre parênteses (Adams 2000, Smith & Jones 2000, Jones 2001, Smith *et al.* 2001). A citação de floras, revisões e monografias usadas para identificar as coleções nas quais o estudo é baseado é fortemente encorajada.

Por favor, inclua DOI para artigos que tenham estes. Isso facilita o link para artigos que tenham versões online.

Artigo de periódico: Autor, A. & Autor, BC (ANO) Título do artigo. *Título do periódico por extenso em itálico* volume: x–y. Por exemplo:

Christenhusz, MJM, Zhang, X.-C. & Schneider, H. (2011) Sequência linear de famílias e gêneros existentes de licófitas e samambaias. *Phytotaxa* 19: 7–54.

Capítulo de livro: Autor, A. & Autor, BC (ANO) Título do capítulo. *Em:* Autor, A., Autor, BC & Autor, D. (Eds.) *Título do livro em itálico*. Nome da editora, Cidade, pp. x–y. Por exemplo:

Schneider, H., Kreier, H.-P., Janssen, T., Otto, E., Muth, H. & Heinrichs, J. (2010) Principais inovações versus principais oportunidades: identificando causas de radiações rápidas em samambaias derivadas. *Em:* Glaubrecht, M. (Ed.) *Evolução em ação*. Springer, Berlim, pp. 61–76.

Livro: Autor, A. & Autor, BC (ANO) *Título do livro em itálico*. Nome da editora, local, xyz pp. Por exemplo:

Copeland, EB (1947) *Genera filicum*. Crônica Botânica, Waltham, Massachusetts, 247 pp.

Fonte da Internet: Autor, A. (ANO) *Título do site, banco de dados ou outros recursos*, Nome e local do editor (se indicado), número de páginas (se conhecido). Disponível em: <http://xxx.xxx.xxx/> (Data de acesso). Por exemplo:

IUCN (2010) *Lista vermelha de espécies ameaçadas da IUCN*, versão 2010.4. Unidade da Lista Vermelha da IUCN, Cambridge, Reino Unido Disponível em: <http://www.iucnredlist.org/> (acessado em: 19 de maio de 2011).

Dissertações resultantes de estudos de pós-graduação e anais não seriados de conferências/simpósios devem ser tratados como livros e citados como tal. Artigos não citados no manuscrito não devem ser incluídos na seção Referências.

Figuras e Tabelas

As legendas de figuras e tabelas devem ser listadas após a lista de referências dentro do mesmo arquivo do manuscrito. As legendas para tabelas e figuras devem começar com **TABELA** ou **FIGURA** seguido por seu número e um ponto final. Ilustradores e fotógrafos devem ser mencionados na legenda da figura e, se o ilustrador não for um dos autores, ele/ela também deve ser reconhecido. Todas as figuras e tabelas precisam ser referenciadas no texto.

Exemplo:

FIGURA 1. Mapa de distribuição de *Psilotum nudum* na região do Caribe.

Ao preparar ilustrações, os autores devem ter em mente que o periódico tem um tamanho de matéria de 25 cm por 17 cm e é impresso em papel A4. Para ilustrações de espécies, desenhos

de linha são preferidos, embora fotografias em preto e branco ou coloridas de boa qualidade também sejam aceitáveis. Veja um guia [aqui](#) para informações detalhadas sobre como preparar placas para publicação; este guia foi preparado pelo Dr. Daniel Geiger para *Zootaxa*, mas se aplica igualmente a *Phytotaxa*.

Desenhos de linha devem ser escaneados em 600 a 1200 dpi como arte de linha (bitmap, =1 bit); eles NÃO devem ser escaneados como imagens de 8 bits ou coloridas. Imagens e desenhos de linha devem ser salvos como arquivos TIFF. Em alguns casos, arquivos PDF ou DOC são aceitáveis. JPG não é um formato aceito. Não escaneie desenhos de linha como arquivos JPG porque isso cria imagens borradas ou pixeladas. Resolução suficiente deve ser fornecida, mas cabe ao autor fazê-lo. Figuras de baixa resolução só podem ser impressas em um tamanho pequeno.

Tabelas, se houver, devem ser fornecidas no final do manuscrito. Use a função de tabela no seu processador de texto para construir tabelas de modo que as células, linhas e colunas permaneçam alinhadas quando o tamanho da fonte e a largura da tabela forem alterados. Não use a tecla tab ou a barra de espaço para digitar tabelas.

Submissão

Todos os manuscritos devem ser enviados por meio de recurso de submissão on-line * Versões mais antigas do IE (Internet Explorer 9.0 ou anterior) podem não ser compatíveis com o novo sistema de submissão on-line. Uma versão mais recente do IE ou navegador similar (por exemplo, Chrome, Mozilla Firefox e etc.) é mais preferível.

Mais informações sobre o sistema de submissão de autores, clique [aqui](#).

Por favor, siga as diretrizes acima em detalhes e verifique se seu manuscrito foi preparado de acordo com o estilo e formato do periódico. Quando você enviar seu manuscrito, será mais conveniente para o processo de revisão se você fornecer os nomes de três ou mais revisores em potencial com seus endereços de e-mail.

Para fins legais, deve-se observar que, ao enviar um artigo, os autores concordam com o seguinte:

- 1) Todos os autores concordam com a submissão e o autor correspondente foi autorizado pelos coautores
- 2) Este artigo não foi publicado antes e não está sendo considerado para publicação em nenhum outro lugar (incluindo outro editor do *Phytotaxa*)
- 3) Este artigo não viola nenhum direito autoral ou outro direito de propriedade pessoal de qualquer pessoa ou entidade, e não contém nenhuma declaração abusiva, difamatória, obscena ou fraudulenta, nem qualquer outra declaração que seja ilegal de qualquer forma.

Caso o manuscrito submetido não siga esta diretriz, ele não será processado.

Para manuscritos com inúmeras ilustrações, que podem ser salvas como arquivos TIFF ou JPG separados, será mais fácil e eficiente para fins de revisão e para os editores e revisores de assunto converter as figuras em um arquivo PDF (Portable Document Format) maior, em vez de exigir que o editor de assunto salve muitos arquivos, cortando e copiando-os em uma sequência de mensagens/arquivos para os revisores. Você deve manter as figuras originais em um formato de resolução mais alta para a produção final do artigo aceito. Para o texto, o

arquivo PDF junto com os arquivos DOC originais são preferidos. A vantagem de enviar um arquivo RTF para a parte do texto do manuscrito é que os revisores podem alterar o manuscrito eletronicamente. Se você não puder preparar arquivos PDF, envie o texto em RTF e as figuras em TIF (desenho de linha digitalizado a 600 dpi e meio-tom a 300 dpi; use a compactação LZW, se possível, para reduzir o tamanho dos arquivos eletrônicos para fácil transmissão); se os arquivos TIFF de meio-tom forem muito grandes (excedendo 2 MB), envie-os em jpeg. Veja [aqui](#) informações detalhadas sobre como preparar chapas para publicação.

Os autores de artigos aceitos serão solicitados a enviar uma versão eletrônica do manuscrito para que o editor não precise redigitar ou digitalizar o manuscrito. Nesta fase, a parte do texto do manuscrito deve ser enviada como arquivos DOC (MS Word) e as figuras como arquivos TIF.

Ao enviar a versão final do manuscrito revisado aos editores, os autores devem fornecer as seguintes informações para auxiliar na composição e indexação do manuscrito:

- 1) Todos os nomes dos autores, e-mails e orcid. (<https://orcid.org/>)
- 2) Sobrenome do autor e título resumido (<60 caracteres; para serem usados no rodapé)
- 3) Táxon de nível superior (ou seja, seção de táxon no site *Phytotaxa* na qual o artigo deve ser arquivado) e número de novos táxons descritos no artigo

Os autores precisam preencher e devolver um formulário de Atribuição de Direitos Autorais quando um artigo é aceito para publicação. Autores de instituições que não permitem a transferência de direitos autorais para editoras (por exemplo, instituições governamentais como USDA, CSIRO) devem anexar uma renúncia de direitos autorais ou documento semelhante.

Processo de revisão

Quando um manuscrito é recebido pelo Editor, ele/ela o terá revisado por pelo menos dois pares qualificados para avaliar o manuscrito. O editor normalmente pede aos revisores que concluam a revisão dentro de um mês. No entanto, o processo de revisão pode levar mais tempo, dependendo do tamanho do manuscrito e das respostas dos revisores. Manuscritos revisados devem ser enviados dentro de três meses da decisão do editor. Para manuscritos longos que exigem mais tempo, os autores devem explicar ao editor do assunto e solicitar uma extensão.

Produção e Publicação de Periódicos

Uma vez que o manuscrito seja aceito pelo seu editor de assunto, os arquivos finais, produzidos de acordo com os requisitos acima, serão encaminhados pelo seu editor de assunto ao editor-gerente, que entrará em contato com o editor de cópias, autor e impressor para garantir que o artigo seja publicado sem atrasos desnecessários. Normalmente, a prova será enviada ao autor para verificação de uma a três semanas após os arquivos finais serem aceitos. O artigo geralmente será publicado em duas semanas (para artigos maiores, pode levar mais tempo) assim que as correções da prova forem recebidas.

Taxa de página e placas coloridas. Não há taxa de página obrigatória para publicação em *Phytotaxa*. A publicação de figuras/fotografias coloridas em edições online também é gratuita (versão impressa em preto e branco). Se placas coloridas na edição impressa forem

desejadas, os autores serão solicitados a contribuir com o custo total. Taxas atuais: 300 USD para a primeira página colorida e 200 USD para cada página colorida adicional.

Acesso aberto. A *Phytotaxa* endossa a publicação de acesso aberto de informações taxonômicas. Autores que têm fundos para publicar são fortemente encorajados a pagar uma taxa de 20 US\$ por página impressa para dar acesso online gratuito de seus artigos a todos os leitores no *site da Phytotaxa* ou em seu próprio site. Artigos de acesso aberto são lidos por muito mais pessoas e pode-se esperar que tenham maiores taxas de citação.

Reimpressões. Cada autor receberá uma reimpressão eletrônica gratuita (PDF) para uso pessoal (impressão de uma cópia para uso próprio ou troca com outros pesquisadores, mas não para depósito em uma biblioteca ou em um site/ftp-site para acesso público).

Cópias impressas de cada artigo/monografia na forma de reimpressão regular também podem ser produzidas pela Editora para compra pelos autores, com um desconto baseado no número de cópias encomendadas; orçamentos de preço serão fornecidos quando as provas forem devolvidas.

Peça reimpress aqui: <https://store.mapress.com/author-service/66-reprints.html>

Peça cópias impressas aqui: <https://store.mapress.com/hard-copies/67-hard-copy.html>

Uma imagem de capa designada aparecerá como a imagem de capa da edição on-line ou imagem de capa do volume impresso quando publicada. Se você quiser que sua imagem seja colocada lá, visite:

Peça a imagem da capa do Designate aqui: <https://store.mapress.com/author-service/68-244-designated-cover.html>

Referências

Angiosperm Phylogeny Group [APG III] (2009) Uma atualização da classificação Angiosperm Phylogeny Group para as ordens e famílias de plantas com flores: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161: 105–121. DOI: 10.1111/j.1095-8339.2009.00996.x (veja também <http://mapress.com/phytotaxa/content/2011/f/pt00019p134.pdf>)

Christenhusz, MJM, Zhang, X.-C. & Schneider, H. (2011a) Sequência linear de famílias e gêneros existentes de licófitas e samambaias. *Phytotaxa* 19: 7–54. <http://mapress.com/phytotaxa/content/2011/f/pt00019p054.pdf>

Christenhusz, MJM, Reveal, JL, Farjon, A., Gardner, MF, Mill, RR & Chase, MW (2011b) Uma nova classificação e sequência linear de gimnospermas existentes. *Phytotaxa* 19: 55–70. <http://mapress.com/phytotaxa/content/2011/f/pt00019p070.pdf>

Links importantes

- Botanicus: <http://www.botanicus.org/>
- Gallica: <http://www.gallica.fr/>
- Biblioteca do patrimônio da biodiversidade: <http://biodiversitylibrary.org>
- Genbank: www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/

- Índice fungorum: <http://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp>
- MycoBank: <http://www.mycobank.org/>
- Índice herbariorum: <http://sweetgum.nybg.org/ih/>
- Código internacional de nomenclatura para algas, fungos e plantas (código de Shenzhen): <http://www.iapt-taxon.org/nomen/main.php>
- Índice internacional de nomes de plantas: <http://www.ipni.org/>
- Trópicos: <http://www.tropicos.org/>
- Lista de verificação mundial de famílias de plantas selecionadas: <http://apps.kew.org/wcsp>
- Ciência das plantas Jstor: <http://plants.jstor.org>
- A Lista de Plantas, <http://www.theplantlist.org>

Aviso de direitos autorais

Os autores precisam preencher e devolver um formulário de Atribuição de Direitos Autorais quando um artigo é aceito para publicação. Autores de instituições que não permitem a transferência de direitos autorais para editoras (por exemplo, instituições governamentais como USDA, CSIRO) devem anexar uma renúncia de direitos autorais ou documento semelhante.

Declaração de Privacidade

Os nomes e endereços de e-mail inseridos neste site do periódico serão usados exclusivamente para os propósitos declarados deste periódico e não serão disponibilizados para nenhuma outra finalidade ou a nenhuma outra parte.