



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS
GENÉTICOS VEGETAIS**



VITOR ALBERTO DE MATOS PEREIRA

**FENOLOGIA E PREDACÃO EM PRÉ DISPERSÃO EM
Hancornia speciosa Gomes (APOCYNACEAE)**

Feira de Santana - BA
2022

VITOR ALBERTO DE MATOS PEREIRA

FENOLOGIA E PREDACÃO EM PRÉ DISPERSÃO EM
Hancornia speciosa Gomes (APOCYNACEAE)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, da Universidade Estadual de Feira de Santana como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Recursos Genéticos Vegetais.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ligia Silveira Funch

Feira de Santana - BA
2022

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Davi Rodrigo Rossatto
UNESP – Câmpus de Jaboticabal



Prof. Dr. André Luiz Alves de Lima
UFRPE – Unidade Acadêmica de Serra Talhada



Prof^ª. Dr^ª. Ligia Silveira Funch

Prof^ª. Dr^ª. Ligia Silveira Funch - Orientadora e Presidente da Banca
Universidade Estadual de Feira de Santana

Ficha Catalográfica - Biblioteca Central Julieta Carteado - UEFS

Pereira, Vitor Alberto de Matos

P496f Fenologia e predação em pré-dispersão de *Hancornia speciosa* Gomes
(APOCYNACEAE). / Vitor Alberto de Matos Pereira, 2022.
103 f.: il.

Orientadora: Ligia Silveira Funch

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Feira de Santana, 2022.

1.Fenologia. 2.Predação em pré-dispersão. 3.Chapada Diamantina. 4.Restinga.
5.Mangabeira. I.Funch, Ligia Silveira, orient. II.Universidade Estadual de Feira de
Santana. III. Título.

CDU: 582.937

Maria de Fátima de Jesus Moreira - Bibliotecária - CRB-5/1120

Dedico a todas as pessoas que buscaram o conhecimento em tempos de ignorância pandêmica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais (PPG-RGV) da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) por todas as contribuições acadêmicas oferecidas durante o desenvolvimento desta dissertação, especialmente à Coordenação do curso pela atenção e apoio durante momentos tão atribulados de pandemia de COVID-19.

Agradeço profundamente à minha orientadora, Prof^a. Dr^a Ligia Silveira Funch, por ter acreditado na possibilidade de uma boa dissertação, por ter incentivado durante momentos de desânimo e pelos direcionamentos em momentos decisivos, fundamentais para a execução de um trabalho muito gratificante. Acima de tudo, agradeço pela porta que me abriu, pela oportunidade que agarrei como pude, na ânsia por me aprimorar.

Agradeço aos colegas de jornada acadêmica, que tanto contribuíram para a troca de informações essenciais para a elaboração desta dissertação, em especial a Isiara Menezes pela tutoria nas análises estatísticas no R e pela paciência para ensinar inúmeras vezes as mesmas coisas. Agradeço a Jailton de Jesus Silva e Josevânia Carneiro de Oliveira também por compartilhar de seus caminhos nos momentos de indecisão.

Ao Sr. Roy Funch, agradeço pelas estadias em sua casa em Lençóis durante as coletas de dados em campo. Ao Sr. Renato Hayne, guardião da Serra das Paridas, agradeço por facilitar a execução deste trabalho neste local maravilhoso. A Jorge Santana, agradeço por franquear o acesso ao Parque das Dunas e a Sra. Luciana e Sr. Paulo Roberto Álvares de Souza por autorizarem a execução do trabalho de campo nas Fazendas Riacho das Flores e Arapiranga e a José Raimundo da Conceição por facilitar o acesso às fazendas e trocar informações valiosas sobre as mangabeiras.

Ao Programa de Apoio à Pós-Graduação (PROAP-CAPES) agradeço a oferta de recursos para o financiamento das atividades de campo. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001

À Alexandra Elbakian, agradeço por remover as barreiras de acesso ao conhecimento, sem o qual inúmeros avanços científicos não teriam acontecido.

Agradeço a minha família pelo suporte e apoio, sem os quais não teria chegado até aqui.

A minha esposa e companheira Ana Marta, agradeço por todo o apoio e paciência durante todos estes anos de lutas e vitórias. Nada seria feito sem você. Todo o amor do mundo!

Estudar é o maior ato de rebeldia em um estado que te quer ignorante.
(autoria desconhecida)

RESUMO GERAL

PEREIRA, V. A. P. **Fenologia e Predação em Pré Dispersão em *Hancornia speciosa* Gomes (Apocynaceae)**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais – Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Feira de Santana – BA. 2022.

Hancornia speciosa, popularmente conhecida como mangabeira, está distribuída na Bahia sobre solos arenosos e pobres do Cerrado, Chapada Diamantina e Restingas litorâneas e representa importante recurso alimentar para a fauna e para o ser humano, movimentando pequenas cadeias extrativistas locais. Este estudo propôs identificar os padrões fenológicos de populações de *Hancornia speciosa* localizadas na Chapada Diamantina e Zona Costeira da Bahia e os fatores ambientais condutores, buscando confirmar se existem similaridade ou não na frutificação entre os dois ambientes, além de descrever o processo de predação pré-dispersão. Foram monitorados por 24 meses 108 indivíduos distribuídos igualmente por três subpopulações na Chapada Diamantina e três subpopulações na Zona Costeira do estado da Bahia. Monitorou-se a frequência e a intensidade das fenofases brotamento, folhas maduras, queda foliar, botões florais, floração, frutos imaturos e frutos maduros, além da ocorrência de frutos predados. Houve adiantamento nas datas médias de todas as fenofases na Chapada Diamantina em relação à Zona Costeira. Não houve diferenças significativas entre as intensidades das fenofases queda foliar, floração, frutos imaturos e frutos maduros, porém a maior intensidade de folhas maduras sugere um hábito foliar sempre-verde na Zona Costeira e semidecíduo na Chapada Diamantina. Não foi possível identificar padrões de frutificação distintos entre as duas regiões monitoradas com fotoperíodo e temperatura atuando como condutores dos ritmos fenológicos. Registrou-se pela primeira vez a predação de frutos imaturos de *H. speciosa* por *Asphondylia* sp. (Cecidomyiidae) e *Hypothenemus obscurus* (Curculionidae), correlacionada com temperatura e fotoperíodo, exercendo pressão de controle populacional por meio da redução da disponibilidade de propágulos e contribuindo para a manutenção da diversidade de espécies nas formações de ocorrência de *H. speciosa*. O estudo comprovou os ritmos de reprodução similares entre populações de *H. speciosa* em diferentes ambientes, sugerindo haver mecanismos de conservação que superam as desvantagens edafoclimáticas das duas regiões.

Palavras-chave: Fenologia. Predação em pré-dispersão. Chapada Diamantina. Restinga. Mangabeira.

ABSTRACT

PEREIRA, V. A. P. **Phenology and pre-dispersal predation in *Hancornia speciosa* Gomes – Apocynaceae**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais – Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Feira de Santana – BA. 2022.

Hancornia speciosa, distributed in Bahia on sandy and poor soils of the Cerrado, Chapada Diamantina and coastal Restingas, represents an important food resource for fauna and humans, moving small local extractive chains. This study aimed to identify the phenological patterns of *Hancornia speciosa* Gomes populations located in Chapada Diamantina and Zona Costeira da Bahia and the environmental driving factors, seeking to confirm whether there is a similarity or not in fruiting between the two environments, in addition to describing the pre-dispersal predation process. A total of 108 individuals distributed equally across three subpopulations in Chapada Diamantina and three subpopulations in the Coastal Zone of the state of Bahia were monitored for 24 months. The frequency and intensity of the phenophases of budding, mature leaves, leaf fall, flower buds, flowering, immature and ripe fruits, in addition to the occurrence of predated fruits, were monitored. There was an advance in the average dates of all phenophases in Chapada Diamantina in relation to the Coastal Zone. There were no significant differences between the intensities of the phenophases of leaf fall, flowering, immature fruits and ripe fruits. It was not possible to identify distinct fruiting patterns between the two monitored regions with photoperiod and temperature being the main phenological drivers. For the first time, predation of immature fruits of *H. speciosa* by *Asphondylia* sp. (Cecidomyiidae) and *Hypothenemus obscurus* (Curculionidae), correlated with temperature and photoperiod, exerting population control pressure by reducing the availability of propagules and contributing to the maintenance of species diversity in the formations of *H. speciosa*. The study confirmed similar reproduction rates between populations of *H. speciosa* in different environments, suggesting that there are conservation mechanisms that overcome the edaphoclimatic disadvantages of the two regions.

Keywords: Phenology. Pre-dispersal predation. Chapada Diamantina. Restinga. Mangabeira.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1: Mapa de localização das subpopulações de *Hancornia speciosa* Gomes var. *speciosa* monitoradas na Chapada Diamantina e no litoral da Bahia, Nordeste do Brasil..... 43
- Figura 2: Climogramas baseados na Normal Climatológica 1991-2020 para a Zona Costeira (a) e Chapada Diamantina, Nordeste do Brasil (b). (Fonte: INMET, bases Lençóis e Salvador). Área pontilhada: déficit hídrico. Área hachurada: disponibilidade hídrica no solo. Área sólida: excedente hídrico..... 44
- Figura 3: Aspectos da fenologia vegetativa de *Hancornia speciosa* Gomes var. *speciosa*. a: Indivíduo típico monitorado. b: Brotamento. c: Folhas maduras. d: Queda foliar..... 45
- Figura 4: Aspectos da fenologia reprodutiva de *Hancornia speciosa* Gomes var. *speciosa*. a: Botões florais. b: Flores. c: Frutos imaturos. d: Frutos maduros. 46
- Figura 5: Médias mensais registradas para as variáveis ambientais na Chapada Diamantina e Zona Costeira, Bahia, Nordeste do Brasil (Fonte: INMET; site Photoperiod Calculator)..... 48
- Figura 6: Resultados da Análise de Componentes Principais para os solos das duas regiões avaliadas. Quadrados: subpopulações da Zona Costeira. Pontos: Subpopulações da Chapada Diamantina 52
- Figura 7: Intensidade da fenologia vegetativa de *Hancornia speciosa* var. *speciosa* na Zona Costeira (a) e Chapada Diamantina (b), Bahia, Brasil, entre setembro de 2019 e agosto de 2021. 55
- Figura 9: Histogramas circulares para fenofases reprodutivas de *Hancornia speciosa* var. *speciosa* na Zona Costeira da Bahia e Chapada Diamantina, centro da Bahia, Brasil, entre janeiro e dezembro de 2020..... 58
- Figura 10: Intensidade da expressão das fenofases botões florais, floração, frutos imaturos e frutos maduros. a: Zona Costeira. b: Chapada Diamantina..... 59

CAPÍTULO 2

- Figure 1: Environmental variables for the Coast and Chapada Diamantina study sites in northeastern Brazil, from September/2019 to August/2021. (A) Rainfall, temperature, and photoperiod; (B) Relative humidity and solar radiation..... 85
- Figure 2: Aspect of the fruits of *Hancornia speciosa* Gomes. a) Healthy mature fruit; b) Predated fruit; c) Stages of fruit withering..... 88
- Figure 3: Predation on pre-dispersal fruits of *Hancornia speciosa* Gomes by *Asphondylia* sp. a-b: Larva. c-d: Pupa. e: Pupal exuvia. f: Adult 89
- Figure 4: Predation on pre-dispersal seeds and fruits of *Hancornia speciosa* Gomes by *Hypothenemus obscurus* (Fabricius). a: Specimen inside a dry fruit. b: Specimen collected in a dry fruit..... 90

Figure 5: Intensities of immature fruit, mature fruit, and predation of *Hancornia speciosa* Gomes at the Coast (a) and Chapada Diamantina (b) study sites, Bahia State, Brazil. 91

Figure 6: Performances of predictor variables photoperiod, temperature and intensity of immature fruits offer on predation intensity of *Hancornia speciosa* Gomes fruits **a**: predation model for the Coast site, Bahia State, Brazil, β_0 =Photoperiod; β_1 =Temperature. **b**: predation model for Chapada Diamantina site, Bahia State, Brazil, β_0 =Temperature; β_1 =Immature fruit intensity offer. 93

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1: Resultados dos testes de hipóteses para os atributos do solo das regiões monitoradas em restinga, na Zona Costeira, norte do estado da Bahia, e em capitinga, na Chapada Diamantina, centro do estado da Bahia, Brasil.	51
Tabela 2: Eigenvalues e percentual de variação explicada pelos componentes principais	52
Tabela 3: Participação dos atributos nos dois primeiros componentes principais	52
Tabela 4: Resultados dos testes de hipóteses para as variáveis ambientais das regiões monitoradas em restinga, na Zona Costeira, norte do estado da Bahia, e em capitinga, na Chapada Diamantina, centro do estado da Bahia, Brasil.	53
Tabela 5: Análise circular para a fenologia vegetativa de <i>Hancornia speciosa</i> var. <i>speciosa</i> na Zona Costeira e Chapada Diamantina, Bahia, Brasil, entre janeiro de 2020 e dezembro de 2020.	54
Tabela 6: Análise estatística circular para as fenofases reprodutivas em <i>Hancornia speciosa</i> var. <i>speciosa</i> na Zona Costeira da Bahia e Chapada Diamantina, entre janeiro de 2020 e dezembro de 2020.	57
Tabela 7: Modelos Lineares Generalizados para a intensidade das fenofases de <i>Hancornia speciosa</i> sob variáveis ambientais	60

CAPÍTULO 2

Table 1: Geographic location of the <i>Hancornia speciosa</i> Gomes populations in sandy soil vegetation, in Bahia State, Brazil	84
--	----

LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELAS.....	12
INTRODUÇÃO GERAL.....	15
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
REFERÊNCIAS	24
CAPÍTULO 1.....	36
1.1 Introdução	39
1.2 Material e Métodos.....	40
1.2.1 Espécie alvo e áreas de estudo	40
1.2.2 Coleta de dados fenológicos	45
1.2.3 Obtenção de dados ambientais	47
1.2.4 Análise dos dados.....	48
1.3 Resultados	50
1.3.1 Variáveis ambientais	50
1.3.2 Fenologia vegetativa	53
1.3.3 Fenologia reprodutiva	56
1.3.4 Relações com as variáveis ambientais.....	59
1.4 Discussão	61
REFERÊNCIAS	67
CAPÍTULO 2.....	79
2.1 Introduction	82

2.2	Materials and methods.....	84
2.3	Results.....	87
2.4	Discussion	93
	REFERENCES.....	96
	CONCLUSÃO GERAL.....	103

INTRODUÇÃO GERAL

A diversidade biológica tem sido cada vez mais reconhecida como um dos elementos centrais para o desenvolvimento e bem-estar da humanidade. O Brasil, um país privilegiado graças à possibilidade do desenvolvimento destas novas cadeias produtivas, tem uma enorme oportunidade de geração de emprego e renda a partir do uso sustentável de sua extraordinária biodiversidade florística (SACHS, 2001; FERRO et al., 2006).

A incorporação de termos como sustentabilidade, desenvolvimento sustentável e conhecimento tradicional às ideias e pensamentos sobre conservação tem permitido apontar a rica diversidade da flora brasileira como fonte incalculável de possibilidades para o uso econômico de seus elementos. Apesar de serem poucos os investimentos e esforços de pesquisa direcionados para abordagens que integrem todas essas propostas (ALBUQUERQUE, 2002; OLIVEIRA JÚNIOR; CABREIRA, 2012; OLIVEIRA JÚNIOR, 2018), diversas políticas públicas foram implementadas, até meados da década de 2010, para promover os pequenos arranjos produtivos locais desenvolvidos por povos e comunidades tradicionais extrativistas, dentre elas a elaboração do Plano Nacional para a Promoção dos Produtos da Sociobiodiversidade (BRASIL, 2009) e a Política de Garantia de Preços Mínimos para Produtos da Sociobiodiversidade (CONAB, 2020). Dentre os diversos produtos da sociobiodiversidade brasileira fomentados por estas políticas públicas está a mangaba, importante recurso socioeconômico para diversas famílias extrativistas (BRASIL, 2019).

A mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes - Apocynaceae) é uma espécie frutífera natural nos Tabuleiros Costeiros, Baixada Litorânea e Cerrado do Brasil. Ocorre de forma ampla no País, desde o Amapá até São Paulo, e sua presença é, ainda, registrada no Peru, na Bolívia e no Paraguai (LÉDO et al., 2006). Habita os domínios fitogeográficos Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal, nos tipos vegetacionais Campo Rupestre, Cerrado (cerrado senso stricto, cerradão), Campinarana, Floresta e Campo de Restinga, mata de Tabuleiro e Dunas (SILVA JÚNIOR et al., 2018).

É encontrada naturalmente em áreas onde predominam solos arenosos, ácidos, pobres em nutrientes e matéria orgânica e com baixa retenção de água, geralmente aqueles classificados como Neossolos Quartzarênicos, no qual predomina; Espodossolos; Latossolos e Argissolos. No Cerrado, a mangabeira também está associada a solos dos tipos concrecionários e Neossolos Litólicos. A aeração é uma das principais exigências da mangabeira em relação ao solo. Dentro

desse aspecto, os solos arenosos e situados em áreas bem drenadas são os mais adequados à espécie (SILVA JÚNIOR et al., 2017).

Em função do excelente aroma e sabor dos frutos, a mangaba é muito utilizada pela agroindústria quando comparada a outras frutas nativas do Nordeste (LEDERMAN et al., 2000 apud NASCIMENTO et al., 2014), com produção anual para o estado da Bahia em 2020 de 242 toneladas, movimentando aproximadamente R\$950.000,00 (IBGE, 2021).

Mesmo com esta importância econômica, a produção de mangaba no Brasil ainda é proveniente quase que totalmente do extrativismo, praticado por grupos sociais pertinentes ao segmento dos denominadas povos e comunidades tradicionais que, no Nordeste, são constituídas, em sua maioria, por mulheres, que desenvolveram, ao longo de gerações, práticas de manejo aplicadas, sobretudo, às populações naturais de mangabeira, cuja venda dos frutos podem contribuir com até 70% para a composição da renda familiar. Em outras regiões do Brasil, os homens participam mais intensamente do extrativismo e a renda tem menor importância para o orçamento familiar. Em todos os casos, o extrativismo da mangaba faz parte de um conjunto de atividades como a coleta de produtos do manguezal, agricultura, pesca, assalariamento temporário e comercialização, distribuídas ao longo do ano (MOTA et al., 2016).

O conhecimento da época da floração e frutificação fazem parte das Boas Práticas de Manejo (MACHADO, 2008; LIMA E SCARIOT, 2010; LIMA et al., 2011) e são fundamentais para embasar a coleta dos frutos de espécies comercialmente frutíferas e na obtenção de sementes para sua propagação (BIANCO; PITELLI, 1986), além de facilitar o alcance das metas de manejo dos recursos naturais e subsidiar a tomada de decisões relacionadas às mudanças climáticas (ENQUIST et al., 2014).

Para o estabelecimento de diretrizes para o manejo e conservação de *H. speciosa* é necessária a compreensão dos mecanismos ecológicos existentes nas populações naturais. Estas interações entre plantas e animais, como polinizadores, dispersores e predadores, são fundamentais para a evolução de caracteres e para a manutenção de dinâmicas populacionais (KOLB et al., 2007), com os padrões fenodinâmicos das populações vegetais exercendo um importante papel na modulação destas interações.

Tanto a polinização como a dispersão de sementes estão entre as principais relações interespecíficas observadas em ambientes naturais, sendo possível identificar diferentes grupos de organismos envolvidos e distintos modos de ação para cada fitofisionomia ou estrato da vegetação

(GOTTSBERGER; SILBERBAUER-GOTTSBERGER, 2018). Porém, perturbações como a presença de organismos exóticos e a fragmentação de habitats impactam a complexidade destes ambientes, comprometendo a estabilidade de comunidades de plantas e as estruturas de polinização e dispersão (SANTOS et al. 2018; VITALI et al, 2022).

Além da polinização e dispersão de sementes, a predação exerce importante papel na estruturação de comunidades de plantas. A predação de propágulos previamente à sua dispersão influencia diretamente o controle populacional e pode promover maior diversidade vegetal ao impedir a dominância de espécies muito competitivas (CONNELL, 1971; JANZEN, 1971; COMITA et al., 2014).

Todos estes processos são intimamente vinculados à fenodinâmica das espécies, cujos padrões podem diferir entre regiões com padrões climáticos e contextos biogeográficos distintos (SAKAI; KITAJIMA, 2019). Portanto, o entendimento da fenologia e dos processos de predação de *H. speciosa*, e das demais espécies alvo de extrativismo é essencial, pois podem fundamentar ações de conservação e uso sustentável.

É necessário descrever o processo de predação de frutos de *H. speciosa*, suas causas e correlações, além de testar a hipótese das múltiplas frutificações em restingas, identificar quais fatores ambientais são responsáveis por desencadear os fenômenos vegetativos e reprodutivos e identificar possíveis similaridades entre as populações estudadas em formação de restinga e em vegetações associadas à Chapada Diamantina. O presente trabalho foi concebido com a intenção de gerar informações valiosas para projetos de extrativismo sustentável, conservação e repovoamento da espécie *Hancornia speciosa* var. *speciosa*.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A mangabeira (*Hancornia speciosa*), é uma espécie frutífera arbórea de porte médio, que atinge de 5 a 10 metros de altura. Nativa do Brasil, é encontrada espontaneamente em várias regiões do país, desde os Tabuleiros Costeiros e Baixadas Litorâneas do Nordeste, onde é mais abundante, até as áreas sob Cerrado da Região Centro-Oeste; verifica-se, ainda, sua ocorrência nas Regiões Norte e Sudeste. (VIEIRA NETO et al., 2002).

Monachino (1945) identificou até 6 variedades dentro da espécie, porém somente duas (*H. speciosa* Gomes var. *speciosa*, objeto deste estudo e *H. speciosa* var. *pubescens* (Nees & Mart.)

Müll. Arg. são atualmente reconhecidas (FLORA E FUNGA DO BRASIL). Mesmo assim, Collevatti et al., (2018) identificou suporte para o reconhecimento adicional de *H. speciosa* var. *cuyabensis* (Malme) e *H. speciosa* var. *gardneri*. (A. DC. Muell. Arg.).

Hancornia speciosa representa um importante elo nos processos ecológicos interespecíficos dos ambientes onde se encontra. Sendo uma espécie autoincompatível, produz frutos apenas após polinização cruzada (OLIVEIRA et al., 2014) realizada exclusivamente por insetos. Sua massiva floração *H. speciosa* é considerada uma das mais importantes fontes de alimentos para a fauna no Tabuleiro Paraibano, tendo sido identificadas 33 espécies distintas de insetos polinizadores, sendo Sphingidae a família mais abundante com 52% dos visitantes florais (DARRAULT; SCHLINDWEIN 2002; 2005; PINTO et al., 2008). Com dispersão zoocórica (OLIVEIRA et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2018), a espécie faz parte da dieta de *Tapirus terrestris*, *Lycalopex vetulus* e *Chrysocyon brachyurus*, entre outros mamíferos (DALPONTE; LIMA, 1999; ZORZI, 2009; GARCIA, 2016).

A maior parte da variabilidade genética das mangabeiras concentra-se em áreas de ocorrência natural e é quase totalmente desconhecida. Muitas dessas populações naturais estão localizadas em Unidades de Conservação de proteção integral ou de uso sustentável, sob a administração do ICMBio e órgãos estaduais de meio ambiente, o que garante parcialmente a sua conservação *in situ*. Contudo, a maioria das populações naturais ainda está vulnerável, principalmente, aquelas situadas em propriedades privadas, onde o avanço da agropecuária e de empreendimentos imobiliários tem promovido um desmatamento acelerado e, possivelmente, iniciado um processo de erosão genética da espécie (SILVA JÚNIOR et al., 2018).

No litoral nordestino, a erosão genética é grande por causa da expansão imobiliária e das lavouras de cana-de-açúcar, coco, entre outras. No Cerrado, a erosão genética tem ocorrido principalmente nos planaltos mecanizáveis, onde a vegetação nativa vem sendo devastada para o estabelecimento de lavouras ou pastagens. Baixa diversidade genética, ocorrência de gargalos genéticos e isolamento de populações são alguns dos reflexos das pressões antrópicas sobre as populações de *H. speciosa*, evidenciados por Costa et al., (2011), Costa et al., (2015) e Fajardo et al., (2018). Considerando a importância das mangabeiras as para cadeias produtivas regionais, é necessário que as políticas de ocupação do solo garantam a continuidade do manejo e a conservação das populações deste importante recurso genético da flora neotropical.

O fruto da mangabeira apresenta comportamento climatérico (PEREIRA et al., 2016) e tem ótimo aroma e sabor e é consumido in natura ou ainda processado na forma de doces, compotas, licor, vinagre e, principalmente, sucos e sorvete, os quais têm grande aceitação pelas agroindústrias e consumidores. Acrescenta-se, ainda, o fato de que esse fruto apresenta um alto rendimento de polpa, em torno de 94% (LÉDO et al., 2006). Pesquisas mostram que a espécie possui frutos com potencial para uso industrial na produção de bebidas alcoólicas, néctares, polpas liofilizadas e sorvetes (SANTOS; SILVA, 2012; CONEGERO et al., 2017; LIMA et al., 2018 e ALMEIDA et al., 2020). Outros estudos indicam que *H. speciosa* possui valor medicinal como hipoglicemiante (MACEDO; FERREIRA, 2005), antioxidante (ASSUMPÇÃO et al., 2014, LIMA NETO et al., 2015 e PAULA et al., 2018), antidiabética (PEREIRA et al., 2014) e gastroprotetiva, além de combater os efeitos de infecções por *Helicobacter pylori* (MORAES et al., 2008).

Pesquisas envolvendo propagação in vitro, produção de mudas, adubação e relações interespecíficas são essenciais para reverter o quadro negativo, promovendo o melhoramento, o cultivo e a reprodução de *H. speciosa*, visando fomentar o mercado e promover a recuperação da espécie em áreas protegidas. Diversos autores descreveram os efeitos da deficiência de macro e micronutrientes e da toxidez por fósforo, os danos causados por concentrações elevadas de esterco bovino e a predileção por areia para a germinação de sementes, além da alta dependência relativa da associação com fungos micorrízicos arbusculares para a absorção de fósforo (COSTA et al., 2005; CARDOSO FILHO et al., 2008; DIAS et al., 2009; e BESSA et al., 2012; 2013). A conservação in vitro de microestacas e segmentos nodais, além da criopreservação por encapsulamento-vitrificação têm mostrado resultados promissores para a conservação de recursos genéticos vegetais de mangaba a longo prazo (SÁ et al., 2011 e SANTOS et al., 2011; PEDRAL et al., 2021).

Temas como propagação vegetativa, seleção de genótipos promissores, desenvolvimento e adaptação de práticas culturais (poda, adubação orgânica e mineral, irrigação, controle de pragas e doenças), fenologia da planta entre outros tem sido desenvolvidos para suprir a demanda por pesquisas aprofundadas que subsidiem iniciativas de melhoramento genético voltado para a fruticultura e capacitem equipes de assistência técnica agroflorestral, além de embasar programas de conservação da espécie e de seus ambientes associados (MUNIZ et al., 2019; SILVA et al., 2019; MACHADO et al., 2020; RODRIGUES et al., 2021).

Os estudos fenológicos são importantes pois analisam a manifestação de eventos biológicos por populações de plantas, identificando os fatores ambientais, fisiológicos e genéticos envolvidos, e que influenciam a dinâmica de toda a comunidade, incluindo espécies competidoras, polinizadores, dispersores e predadores, além de trazer informações sobre a produção de recursos vegetais e interações tróficas dentro dos ecossistemas (NEWSTROM et al., 1994; WILLIAMS-LINERA; MEAVE 2002; ABERNETHY et al., 2018). Igualmente importante é o estudo da relação entre as fenofases e os fatores ambientais, uma ferramenta importante para o entendimento da dinâmica de populações tropicais, cujos principais gatilhos para plantas lenhosas são a precipitação (MENEZES et al., 2018), comprimento do dia (CALLE et al., 2010; SOUZA; FUNCH 2017), radiação (CALLE et al., 2010; MORAES et al., 2017), temperatura (MORELLATO et al., 2013) e características do solo (CARDOSO et al., 2012; COSTA et al., 2021).

Bencke e Morellato (2002) mostraram a influência da diferença de ambientes na manifestação de padrões fenológicos distintos. Por outro lado, Funch et al., (2002) e Oliveira et al., (2021) identificaram padrões fenológicos semelhantes em espécies distribuídas em sítios com atributos edafoclimáticos distintos, evidenciando as adaptações fisiológicas adotadas em nível populacional.

Além das relações interespecíficas positivas, interações entre plantas e seus inimigos naturais, incluindo predadores de sementes, estão entre as interações ecológicas mais comuns observadas na natureza (DOWNEY et al., 2020). A predação de estruturas reprodutivas pode ser dividida em dois tipos: predação ocorrendo enquanto as sementes ainda estão na planta mãe (predação pré-dispersão), e a que ocorre após a dispersão das sementes (predação pós-dispersão), sendo um processo crítico por regular a distribuição e abundância de espécies de plantas, a aptidão de indivíduos e a dinâmica de suas populações ao reduzir o número de sementes viáveis (CRAWLEY, 2000; ESPELTA et al., 2009; XU et al., 2015).

A literatura sobre predação em *H. speciosa* afirma que pulgões (*Aphis gossypii*), cochonilhas (*Coccus* sp; *Pseudaonidia* sp.), formigas cortadeiras (*Atta* sp.), lagartas (*Erinnyis ello*, *Cocytius antaeus*), percevejos (*Theognis stigma*), abelhas arapuá (*Trigona spinipes*), tripes (*Thysanoptera*), e moscas das frutas (*Tephritidae* e *Lonchaeidae*) (VIEIRA NETO et al., 2002; PEREIRA et al., 2006; LÉDO et al., 2015; SILVA et al., 2019) podem impactar a produtividade tanto em ambientes de cultivo como em populações naturais. Porém, as causas e relações envolvendo a perda de frutos por murcha e ressecamento não foram ainda aprofundadas.

Janzen (1970) e Connell (1971) identificaram a predação pré-dispersão como uma das estratégias responsáveis pela manutenção da diversidade de plantas em ambientes tropicais ao reduzir o número de propágulos viáveis. De acordo com sua hipótese, os inimigos naturais poderiam ser identificados conforme seu modo de atuação neste controle populacional, uns tendo maior êxito ao controlar plântulas e sementes localizadas dentro de uma determinada distância da planta mãe (*distance dependent*) e outros ao predação plântulas e sementes onde estas apresentassem elevada abundância (*density dependent*). Os autores sugeriram que a manutenção da riqueza de espécies de plantas se daria pela exclusão competitiva ao reduzir seletivamente as habilidades competitivas das espécies de plantas dominantes.

Como as sementes se apresentam aglomeradas previamente à dispersão, os predadores tendem a ser na maioria insetos pequenos e sedentários, com curto período de vida, o que os permite se especializar cada vez mais à predação de uma ou poucas espécies aparentadas e assim exercer o controle populacional (CRAWLEY 2000; HULME; BENKMAN 2002; GRIPENBERG 2018).

Além das consequências ecológicas da predação pré-dispersão na estruturação de comunidades, Kolb et al., (2007) demonstraram que esta interação pode exercer forte pressão seletiva, com consequências evolutivas que influenciariam a aptidão e evolução de traços, resultando em eventos de especiação, extinção e diversificação.

Como exemplo das pressões seletivas provocadas pela predação, DeSoto et al., (2015) identificaram que populações de *Juniperus thurifera* que sofrem com predação pré-dispersão apresentaram cones com múltiplas sementes pequenas como estratégia para minimizar os efeitos da predação, enquanto populações isentas de predadores apresentaram cones com apenas uma semente de tamanho maior, mostrando os efeitos da predação pré-dispersão na seleção de caracteres fenotípicos.

A modulação dos padrões fenológicos das plantas são parte destas adaptações evolutivas adotadas para contornar os efeitos da predação pré-dispersão (HULME; BENKMAN 2002; KOLB et al., 2007; DOWNEY et al., 2020). Por outro lado, a variação das taxas de predação também depende do grau de sincronização entre os estágios de vida do predador e a fenologia da planta hospedeira (ROSSI et al., 2011). Augspurger (1981) notou o efeito aditivo exercido sobre indivíduos que se reproduzem assincronicamente em relação à população como um todo. Além da menor taxa reprodutiva destes indivíduos, causada pela baixa presença de polinizadores, suas sementes foram predadas em maior grau, devido à baixa oferta temporal de sementes, ocasionando

em maior pressão seletiva contra indivíduos temporalmente isolados e estabilizando a sincronia entre planta, polinizador e predador.

Lev-Yadun (2021) mostrou que dentre as estratégias fenológicas desenvolvidas pelas plantas para evitar a predação está o estabelecimento de *defesas estatísticas*. Aqui as plantas poderiam se reproduzir abundantemente, saciando o inimigo; reproduzir-se raramente; ou apresentar reprodução rara, mas abundante ao mesmo tempo (*mast-seeding*). No caso de reprodução rara há ainda duas opções, ser constantemente rara ou apresentar-se ciclicamente uma vez a cada muitos anos. Estas adaptações tornam o processo de reprodução inviável para a especialização de determinado predador.

Xu et al., (2015) observou que espécies mais abundantes tendem a adotar a primeira estratégia, se reproduzindo intensamente para saciar o predador, enquanto espécies de ocorrência mais rara reduzem o risco de predação adotando maior variabilidade interanual, reduzindo a previsibilidade reprodutiva, chamada de estratégia *hide-and-seek*. Bonal et al., (2007) observaram que a saciedade do predador pode ser obtida tanto por meio da produção de grandes quantidades de sementes, mas também por sementes maiores, no caso de predadores que atacam somente o endosperma, permitindo que estas sementes ainda germinem satisfatoriamente. Por outro lado, Jones e Comita (2010) observaram que a predação pré-dispersão *densidade dependente* pode ser anulada pela maior produção de sementes viáveis que também possuem uma relação *densidade dependente* positiva, graças à maior troca de pólen entre matrizes.

Estudos mais recentes no Cerrado identificaram a relação densidade dependente na predação pré-dispersão de *Attalea geraensis* e *Syagrus flexuosa* por inimigos especializados (RAGUSA-NETTO 2019; BRUNO et al., 2021), enquanto Sanz-Veiga et al. (2021) registraram a alta sincronia entre a floração e a polinização, assim como entre a frutificação e a predação pré-dispersão em *Tocoyena formosa*. Em ambientes de restinga os estudos são escassos, com poucas referências sobre a predação pré-dispersão. Cabe mencionar a grande associação de insetos predando sementes em pré-dispersão encontrada por Nogueira e Arruda (2006) em *Sophora tomentosa*, espécie notável por sua abundante produção de sementes, enquanto Grenha et al. (2008) não verificaram relações densidade dependente na predação pré-dispersão em *Allagoptera arenaria*, porém observaram a presença de parasitas das larvas dos predadores da semente, possível causa da baixa variação da taxa de predação inicial.

As características edáficas são das zonas de ocorrência de *Hancornia speciosa* monitoradas neste estudo impõem limitações estruturais, nutricionais e hídricas para o recrutamento de novas plântulas, sendo comuns as associações de indivíduos de diversas espécies em ‘moitas’ graças à formação de um microclima mais favorável. Mesmo assim, estudos apontaram para a alta frequência de *H. speciosa* entre os indivíduos arbóreos (QUEIROZ 2007; SILVA et al., 2008; ALMEIDA JÚNIOR et al., 2009; DANTAS et al., 2010; MATOS et al., 2017; SOARES; JUNIOR 2018; FUNCH et al., 2021). A manutenção de populações de plantas em ambientes adversos, em estresse hídrico e nutricional muitas vezes é sustentada por um número limitado de indivíduos adultos reprodutivos, que produzem periodicamente grande quantidade de sementes que necessitam encontrar a condição ideal para que sobrevivam à fase de germinação, sendo poucas as que alcançam o recrutamento (MANTOVANI; IGLESIAS 2008; HUGHES et al., 2011).

A massiva floração observada em *H. speciosa* (PINTO et al., 2008), de ocorrência esparsa, porém frequente, pode responder à necessidade da alta produção de sementes para saciar seu predador e assim garantir que parte das sementes alcancem os microsítios favoráveis ao seu recrutamento e assegurem a manutenção da população.

Neste estudo, buscou-se investigar como as fenofases em *H. speciosa* respondem à flutuação das variáveis ambientais e se há diferenças reprodutivas em regiões com atributos ambientais contrastantes. Posteriormente foi feita a investigação da predação de frutos imaturos, identificando os organismos causadores e os fatores ambientais que atuam como desencadeadores deste processo.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, U. P. Etnobotânica para a conservação e uso sustentável da biodiversidade. In: ARAÚJO, E. L, et al. **Biodiversidade, conservação e uso sustentável da flora do Brasil**. Recife: UFRPE, 2002.
- ALMEIDA, F. L. C. et al. Estudo sensorial de bebidas alcoólicas de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes). **Brazilian Journal of Food Technology**. vol.23. Campinas-SP. 2020.
- ALMEIDA, L. M. et al. State of the art of scientific literature on *Hancornia speciosa*: trends and gaps. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal – SP, v.38, n. 4. 2016.
- ALMEIDA JÚNIOR, E. B. et al. Characterization of restinga vegetation at Maracaípe, Pernambuco State, Brazil, based on physiognomy, flora, soil nutrients, and water-table level. **Acta Bot. Bras.** 23 (1). 2009. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062009000100005>
- ASCH, R. G. et al. Climate change impacts on mismatches between phytoplankton blooms and fish spawning phenology. **Global Change Biology**. 2019. doi:10.1111/gcb.14650
- ASSUMPÇÃO, C. F. et al. Characterization, antioxidant potential and cytotoxic study of mangaba fruits. **Ciência Rural**. vol.44 no.7 Santa Maria Julho 2014.
- AUGSPURGER, C. K. Reproductive Synchrony of a Tropical Shrub: Experimental Studies on Effects of Pollinators and Seed Predators in *Hybanthus Prunifolius* (Violaceae). **Ecology**, 62(3), 775–788. 1981. doi:10.2307/1937745
- BENCKE, C. S. C.; MORELLATO, P. C. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. **Revista Brasileira de Botânica**, Rio de Janeiro, 2002.
- BESSA, L. A. et al. Characterization of nutrient deficiency in *Hancornia speciosa* Gomes seedlings by omitting micronutrients from the nutrient solution. **Revista Brasileira de Fruticultura**. vol.35 no.2 Jaboticabal Junho 2013.
- BESSA, L. A. et al. Characterization of the effects of macronutrient deficiencies in mangabeira seedlings. **Revista Brasileira de Fruticultura**. vol.34 no.4 Jaboticabal Dezembro. 2012.

BIANCO, S., PITELLI, R. A. Fenologia de quatro espécies de frutíferas nativas dos cerrados de Selvíria, MS. Nota Científica, **Pesquisa Agropecuária Brasileira – Embrapa**. Brasília, 1986.

BONAL, R. et al. Satiation of predispersal seed predators: the importance of considering both plant and seed levels. **Evol Ecol** 21:367–380. 2007. DOI 10.1007/s10682-006-9107-y

BRASIL. Plano Nacional de Promoção das Cadeias de Produtos da Sociobiodiversidade. **Ministério do Desenvolvimento Agrário, Ministério do Meio Ambiente, Ministério do Desenvolvimento Social e Combate a Fome**. 2009. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/development-rural/sociobiodiversidade/banco-de-dados/item/10422-subst%C3%AAdios-para-cria%C3%A7%C3%A3o-do-pnpsb.html>

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Catálogo de Produtos da Sociobiodiversidade do Brasil**. Ofertados pelos povos e comunidades tradicionais em Unidades de Conservação Federais. 2019. 104 p.

BRUNO, M. M. A. et al. Individual crop size increases predispersal predation by beetles in a tropical palm. **Seed Science Research**. 31, 43–46. 2021. <https://doi.org/10.1017/S0960258520000380>.

CALLE, Z. et al. Seasonal variation in daily insolation induces synchronous bud break and flowering in the tropics. **Trees**. 2010. doi:10.1007/s00468-010-0456-3

CARDOSO, F. C. G. et al. Stem growth and phenology of two tropical trees in contrasting soil conditions. **Plant Soil**. 354:269–281. 2012. DOI 10.1007/s11104-011-1063-9

CARDOSO FILHO, J. A. et al. Mycorrhizal dependency of mangaba tree under increasing phosphorus levels. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. vol.43 no.7 Brasília Julho 2008.

COLLEVATTI, R. G. et al. Unravelling the genetic differentiation among varieties of the Neotropical savanna tree *Hancornia speciosa* Gomes. **Annals of Botany**. 122: 973–984, 2018.

COMITA, L. S. et al. Testing predictions of the Janzen-Connell hypothesis: a meta-analysis of experimental evidence for distance- and density-dependent seed and seedling survival. **J Ecol**. 102(4):845-856. 2014. doi: 10.1111/1365-2745.12232.

CONAB. Sociobiodiversidade. Interação do Homem, Mercado e Natureza. **Compêndio de Estudos CONAB.** V.25. 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/institucional/publicacoes/compendio-de-estudos-da-conab>

CONEGERO, J. et al. Hygroscopic trend of lyophilized ‘mangaba’ pulp powder. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** vol.21 no.5 Campina Grande May 2017.

CONNELL, J. H. On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rain forest trees. In: **Dynamics of Population.** Ed. P.J. Den Boer and G.R. Gradwell. Wageningen: Pudoc, 1971.

COSTA, C. M. C. et al. Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada em mudas de mangabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.** vol.40 no.3 Brasília Março 2005.

COSTA, D. F. et al. Diversidade genética e seleção de Iniciadores ISSR em uma população natural de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) (Apocynaceae). **Revista Brasileira de Fruticultura.** vol.37 no.4 Jaboticabal. 2015.

COSTA, t. m. et al. Phenological dynamics of *Croton heliotropiifolius* populations in a savanna/caatinga gradient, Chapada Diamantina, Brazil. **Rodriguésia.** 2021. <https://doi.org/10.1590/2175-7860202172130>

COSTA, T. S. Diversidade genética de acessos do banco de germoplasma de mangaba em Sergipe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.** vol.46 no.5 Brasília May 2011.

CRAWLEY, M. J. Seed predators and plant population dynamics. In: **Seeds: the Ecology of Regeneration in Plant Communities** (ed. M. Fenner), pp. 167– 182. 2002. CABI Publishing, Oxford. 2000.

DALPONTE, J. C., LIMA, E. S. Disponibilidade de frutos e a dieta de *Lycalopex vetulus* (Carnivora - Canidae) em um cerrado de Mato Grosso, Brasil. **Brasilian Journal of Botany.** vol.22 s.2 São Paulo Oct. 1999.

DANTAS. T. V. P. et al. Florística e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea das Areias Brancas do Parque Nacional Serra de Itabaiana/Sergipe, Brasil. **Revista Brasil. Bot.,** V.33, n.4, p.575-588. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbb/a/zwWT7kZbV4zrn7hWc3MyPJw/?format=pdf&lang=pt>

DARRAULT, R.O.; SCHLINDWEIN, C. Esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) no Tabuleiro Paraibano, nordeste do Brasil: abundância, riqueza e relação com plantas esfingófilas. **Revista Brasileira de Zoologia**. 19 (2): 429 - 443. 2002.

DARRAULT, R.O.; SCHLINDWEIN, C. Limited fruit production in *Hancornia speciosa* (Apocynaceae) and pollination by nocturnal and diurnal insects with long mouth parts. **Biotropica** 37:381-388. 2005.

DESOTO, L. et al. Pre-dispersal predation effect on seed packaging strategies and seed viability. **Oecologia**. 2016. 180:91–102 DOI 10.1007/s00442-015-3446-8

DIAS, T. J. et al. Desenvolvimento e qualidade nutricional de mudas de mangabeiras cultivadas em substratos contendo fibra de coco e adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Fruticultura**. vol.31 no.2 Jaboticabal Junho 2009.

DOWNEY, H, et al. Assessing the potential for indirect interactions between tropical tree species via shared insect seed predators. **Biotropica** 52:509–520. 2020. <https://doi.org/10.1111/btp.12759>

ENQUIST, C. A. F. et al. Phenology research for natural resource management in the United States. **International Journal of Biometeorology**. Nova Iorque - NY, 2014.

ESPELTA, J. M. et al. Acorn crop size and pre-dispersal predation determine inter-specific differences in the recruitment of co-occurring oaks. **Oecologia**. 161:559–568. 2009. DOI 10.1007/s00442-009-1394-x.

FAJARDO, C. G. et al. Genetic diversity in natural populations of *Hancornia speciosa* Gomes: Implications for conservation of genetic resources. **Ciência e Agrotecnologia**. vol.42 no.6 Lavras Nov. /Dec. 2018.

FERRO, A. F. P. et al. Oportunidades tecnológicas e estratégias concorrenciais de gestão ambiental: o uso sustentável da biodiversidade brasileira. **Gestão e Produção**. v.13, n.3, p.489-501, set.-dez. 2006.

FLORA DO BRASIL 2020. *Hancornia speciosa* In: **Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 22 Jan. 2020.

FUNCH, L. S. et al. Phenology of Gallery and Montane Forest in the Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. **Biotropica**, 34(1), 40–50. 2002. doi:10.1111/j.1744-7429.2002.tb00240.x

GARCIA, P. B. Disponibilidade de frutos, frugivoria e dispersão de sementes por lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*) no Parque Estadual do Rio Preto, MG. **Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silverstre**, UFMG. Belo Horizonte, 2016. Disponível em https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-ADXFP7/1/disserta_opedrogarcia.pdf.

Acesso em 12 jun. 2020.

GOTTSBERGER, G.; SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. How are pollination and seed dispersal modes in Cerrado related to stratification? Trends in a cerrado sensu stricto woodland in southeastern Brazil, and a comparison with Neotropical forests. **Acta Botanica Brasilica**. 2018. doi: 10.1590/0102-33062018abb0186.

GRENHA, V. et al. Predação de sementes de *Allagoptera arenaria* (Gomes) O’Kuntze (Arecaceae) por *Pachymerus nucleorum* Fabricius (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae). **Revista Brasileira de Entomologia** 52(1): 50-56. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbent/a/dQFzN4JnZsQfyN7GzGRkqgn/?format=pdf&lang=pt>

GRIPENBERG, S. Do pre-dispersal insect seed predators contribute to maintaining tropical forest plant diversity? **Biotropica**, 50 (6) 839–845. 2018. <https://doi.org/10.1111/btp.12602>

HARMAN, H. M. The Effect of Variability in the Phenology of the Reproductive Stages of Scotch Broom (*Cytisus scoparius*) on the Synchronization of the Life Stages of Broom Seed Beetle (*Bruchidius villosus*) in New Zealand. **Biol Control** (15). 1999. <https://doi.org/10.1006/bcon.1999.0715>

HUGHES, F. M. et al. Dinâmica espaço-temporal de *Melocactus ernestii* subsp. *ernestii* (Cactaceae) no Nordeste do Brasil. **Revista Brasil. Bot.**, V.34, n.3, p.389-402. 2011

HULME, P.; BENKMAN, C.W. Granivory. In: **Plant-animal interactions: an evolutionary approach**. Ed: HERRERA, C.; PELLMYR, O. Blackwell Scientific Publications, New York. 2002. Available from: <http://www.uwyo.edu/benkman/publications.html>.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html?=&t=resultados>.

JANZEN, D. H. Herbivores and the Number of Tree Species in Tropical Forests. **The American Naturalist**. 104 (940): 940. 1970. doi:10.1086/282687

JONES, F. A.; COMITA, L. Density-dependent pre-dispersal seed predation and fruit set in a tropical tree. **Oikos** 119: 1841–1847, 2010. doi: 10.1111/j.1600-0706.2010.18547.x

KOLB, A. et al. Ecological and evolutionary consequences of spatial and temporal variation in pre-dispersal seed predation. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**. v.9. 79–100. 2007. doi:10.1016/j.ppees.2007.09.001

LÉDO, A. S. et al. **A cultura da mangaba**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. Coleção Plantar n°. 73, 84p.

LIMA, I. L. P., SCARIOT, A. Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável da Mangaba. **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**. Brasília, 2010.

LIMA NETO, G. A. et al. Quantificação de metabólitos secundários e avaliação da atividade antimicrobiana e antioxidante de algumas plantas selecionadas do Cerrado de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. vol.17 no.4 supl.3 Botucatu 2015.

LIMA, K. F. et al. Manual de Boas Práticas de Manejo Florestal Não-Madeireiro. **Associação Vida Verde da Amazônia – AVIVE**. 2011.

LIMA, L. A. et al. Néctar misto de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Câmara) e mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes): elaboração e avaliação da qualidade. **Brazilian Journal of Food Technology**. vol.21 Campinas 2018 Epub Oct 11, 2018.

MACEDO, M., FERREIRA, A. R. Plantas hipoglicemiantes utilizadas por comunidades tradicionais na Bacia do Alto Paraguai e Vale do Guaporé, Mato Grosso-Brasil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**. v. 14, supl. 01, p. 45-47, 2005.

MACHADO, C. A. et al. Fenologia de acessos do Banco de Germoplasma de mangaba da Embrapa Tabuleiros Costeiros. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 154. **Embrapa Tabuleiros**

- Costeiros.** 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/219048/1/BP-154-20-Ana-Ledo-v1.pdf>
- MACHADO, F. S. Manejo de Produtos Florestais Não Madeireiros: um manual com sugestões para o manejo participativo em comunidades da Amazônia. **PESACRE**. Rio Branco, Acre. 2008.
- MANTOVANI, A.; IGLESIAS, R. R. Factors limiting seed germination of terrestrial bromeliads in the sandy coastal plains (restinga) of Maricá, Rio de Janeiro, Brazil. **Rodriguésia** 59 (1): 135-150. 2008. <https://www.scielo.br/j/rod/a/HsTMmPdHhZLCdmt9xgmftcq/?format=pdf&lang=en>
- MATOS, M. R. B. et al. Fitogeografia. In: NUNES, J. M. C.; MATOS, M. R. B. (Org.). **Litoral Norte da Bahia. Caracterização Ambiental, Biodiversidade e Conservação**. Edufba. 2017.
- MONACHINO, J. A Revision of *Hancornia* (Apocynaceae). **Lilloa** XI. 1945.
- MENEZES, I. S. et al. The influence of El Niño and edge effects on the reproductive phenology and floral visitors of *Eschweilera tetrapetala* Mori (Lecythidaceae), an endemic species of the Atlantic Forest of northeastern Brazil. **Acta Botanica Brasilica**. 2018. doi: 10.1590/0102-33062017abb0083.
- MORELLATO, L. P. C. et al. A Review of Plant Phenology in South and Central America. In: Schwartz M. (eds). **Phenology: An Integrative Environmental Science**. Springer, Dordrecht. 2013.
- MORAES, A. C. S. et al. Leaf phenology and morphofunctional variation in *Myrcia amazonica* DC. (Myrtaceae) in gallery forest and “campo rupestre” vegetation in the Chapada Diamantina, Brazil. **Brazilian Journal of Botany**. 2017. doi:10.1007/s40415-016-0348-x
- MORAES, T. M. et al. *Hancornia speciosa*: Indications of gastroprotective, healing and anti-Helicobacter pylori actions. **Journal of Ethnopharmacology**. Volume 120, Issue 2, 20 Novembro 2008.
- MOTA, D. M. et al. Sistema de Produção de Mangaba para a Região Nordeste do Brasil. **Sistemas de Produção EMBRAPA**, 2016. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/150333/1/Mangaba-Dalva.pdf>. Acesso em: 24 Jan. 2020.

- MUNIZ, A. V. C. S. et al. Morphological and physicochemical descriptors for characterization of mangaba tree germplasm. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v.14, n.2, e5645. 2019. DOI:10.5039/agraria.v14i2a5645
- NASCIMENTO, R. S. M. et al. Caracterização física e físico-química de frutos de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) no oeste da Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB. 2014.
- NEWSTROM, L.E. et al. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rainforest trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica** 26:141-159. 1994.
- NOGUEIRA, E. M. L; ARRUDA, V. L. V. Frutificação e danos em frutos e sementes de *Sophora tomentosa* L. (Leguminosae, Papilionoideae) em restinga da praia da Joaquina, Florianópolis, SC. **Biotemas**, 19 (4): 41-48. 2006
- OLIVEIRA, A. K. M. et al. Espécies vegetais e suas síndromes de dispersão em um remanescente de cerrado (sentido restrito) do município de Campo Grande, Mato Grosso do Sul. **Ambiência**. Guarapuava (PR) v.10 n.2 p. 565 - 580 Maio/Ago. 2014.
- OLIVEIRA, J. C. et al. Leaf trait variability maintains similar leaf exchange rhythms in *Hirtella glandulosa* Spreng. (Chrysobalanaceae) populations growing on contrasting soil types in the Brazilian Atlantic Forest. **Brazilian Journal of Botany**, 44(3), 753–765. 2021. doi:10.1007/s40415-021-00734-8
- OLIVEIRA, L. M. et al. Florística e síndromes de dispersão de um fragmento de cerrado ao sul do estado do Tocantins. **Scientia Agraria Paranaensis**. Marechal Cândido Rondon, v. 17, n. 1, jan./mar., p. 104-111, 2018.
- OLIVEIRA, R. et al. Diagnóstico e manejo dos polinizadores da mangabeira em Pernambuco e Paraíba: conservando polinizadores para produzir mangabas (*Hancornia speciosa*, Apocynaceae). In: YAMAMOTO, M. et al. **Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: Planos de Manejo**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/277956081_Diagnostico_e_manejo_dos_polinizadores_da_mangabeira_em_Pernambuco_e_Paraiba_conservando_polinizadores_para_produzir_mangaba_Hancornia_speciosa_Apocynaceae. Acesso em: 10 jun. 2020.

- OLIVEIRA JÚNIOR, C. J. F. et al. Sociobiodiversidade e agricultura familiar em Joanópolis, SP, Brasil: potencial econômico da flora local. **Hoehnea** 45(1): 40-54, 2018
- OLIVEIRA JÚNIOR, C. J. F.; CABREIRA, P. P. Sistemas agroflorestais: potencial econômico da biodiversidade vegetal a partir do conhecimento tradicional ou local. **Revista Verde**. Mossoró - RN v.7, n.1, 2012.
- PAULA, L. C. et al. Influence of preservation methods on the bioactivity of mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) from the Brazilian savannaH. **Food Science and Technology**. vol.39 no.2 Campinas Apr./June 2019. Epub Oct 22, 2018.
- PEDRAL, D. F. O. et al. Encapsulamento-vitrificação de ápices caulinares de mangabeira. **V Simpósio de Recursos Genéticos Vegetais do Nordeste**. 2021. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/229375/1/Ok.Resumo-RGV-NE-Daniela-Pedral.docx.pdf> .
- PEREIRA, A. C. *Hancornia speciosa* Gomes (Apocynaceae) as a potential anti-diabetic drug. **Journal of Ethnopharmacology**. 161, 30-35, 2015.
- PEREIRA A. V. et al. Mangaba. In: VIEIRA et al. (Ed.) **Frutas nativas da Região Centro-Oeste do Brasil**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006, 320 p. Disponível em: http://www.agabrasil.org.br/Dinamicos/livro_frutas_nativas_Embrapa.pdf. Acesso em: 24 Jan. 2020.
- PINTO, C. E. et al. Do consecutive flower visits within a crown diminish fruit set in mass-flowering *Hancornia speciosa* (Apocynaceae)? **Plant Biology** 10, 408–412. 2008.
- QUEIROZ, E. P. Levantamento florístico e georreferenciamento das espécies com potencial econômico e ecológico em restinga de Mata de São João, Bahia, Brasil. **Biotemas**, 20 (4): 41-47. 2007. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/biotemas/article/view/20604/18792>
- RAGUSA-NETTO, J. Density-dependent seed predation in *Attalea geraensis* Barb. Rodr. (Arecaceae) caused by bruchid beetles in the Brazilian Cerrado. **Braz. J. Biol.** 2019. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.183318>
- RENNER, S. S.; ZOHNER, C. M. Climate Change and Phenological Mismatch in Trophic Interactions Among Plants, Insects, and Vertebrates. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, 49(1). 2018. doi:10.1146/annurev-ecolsys-110617-062535

- RODRIGUES, R. F. A. et al. Prospecção de pesquisa e inovação em sistemas de produção de mangaba cultivada. **Documentos 245**. Embrapa Tabuleiros Costeiros. 2021. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/232895/1/DOC-245-21-Embrapa-Tabuleiros-Costeiros-v2.pdf>
- ROSSI, M. N. et al. Oviposition pattern and within-season spatial and temporal variation of pre-dispersal seed predation in a population of *Mimosa bimucronata* trees. *Arthropod-Plant Inte* 5:209–217. 2011. <https://doi.org/10.1007/s11829-011-9130-y>.
- SÁ, A. J. et al. Conservação in vitro de mangabeira da região nordeste do Brasil. **Ciência Rural**. vol.41 no.1 Santa Maria. Janeiro 2011.
- SAKAI, S., KITAJIMA, K. Tropical phenology: Recent advances and perspectives. **Ecological Research**. 2019. doi:10.1111/1440-1703.1131
- SACHS, I. Brasil rural: da redescoberta à invenção. **Estudos Avançados** 15 (43), 2001.
- SANTOS, G. G., SILVA, M. R. Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomez) ice cream prepared with fat replacers and sugar substitutes. **Food Science and Technology**. vol.32 no.3 Campinas Julho/Setembro 2012 . Epub Agosto 07, 2012.
- SANTOS, J.; VARASSIN, I. G.; MUSCHNER, V. C. Effects of neighborhood on pollination and seed dispersal of a threatened palm. **Acta Oecologica**. 2018. doi:10.1016/j.actao.2018.08.010
- SANTOS, M. C. et al. Efeito da sacarose e do sorbitol na conservação in vitro de segmentos nodais de mangabeira. **Revista Ciências Agronômica**. a, v. 42, n. 3, p. 735-741, Fortaleza. julho/setembro, 2011.
- SANTOS, M. G. M. et al. Drought responses and phenotypic plasticity of *Maprounea guianensis* populations in humid and dry tropical forests. **Rodriguésia**. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860202172077>
- SANZ-VEIGA, P. A. et al. The specialist of a specialist: the natural history of the pre-dispersal seed predator weevil *Hemicolpus abdominalis* (Coleoptera: Curculionidae). **Ecological Entomology**. 2021. DOI: 10.1111/en.13064
- SILVA, A. V. C. Identification and preliminary characterization of early fruiting mangabeira (*Hancornia speciosa* – Apocynaceae). **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 13, p. 115-128, 2019.

Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/208699/1/5462-21730-2-PB.pdf>

SILVA, S. S. L. et al. Flora vascular e perfil fisionômico de uma restinga no litoral sul de Pernambuco, Brasil. **Acta bot. bras.** 22(4): 1123-1135. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abb/a/Z93B5jwrFpXzDZzCssJrwbK/?format=pdf&lang=pt>

SILVA JÚNIOR, J. F. et al. *Hancornia speciosa* Mangaba. In: CORADIN, L. et al. (Ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Nordeste**. Brasília, DF: MMA, 2018. (Série Biodiversidade; 51) Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/publicacoes/biodiversidade/category/142-serie-biodiversidade.html>>, Acesso em: 20 Jan. 2020.

SOARES, T. F. S. N.; JÚNIOR, L. R. N. Population Structure of *Hancornia speciosa* Gomes along the Mangabeira Trail in Sergipe, Brazil. **Journal of Experimental Agriculture International** 26(1). 2018. DOI:10.9734/JEAI/2018/43689

SOUZA, I. M.; FUNCH, L. S. Synchronization of leafing and reproductive phenological events in *Hymenaea* L. species (Leguminosae, Caesalpinioideae): the role of photoperiod as the trigger. **Brazilian Journal of Botany**. 2017. DOI 10.1007/s40415-016-0314-7

VIEIRA, M.C. et al. Mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes): uma frutífera promissora do Brasil. **Scientific Eletronic Library**, v10, n2, 2017. Acessível em: <http://www.revista.seasinop.com.br/index.php?journal=SEA&page=article&op=view&path%5B%5D=354&path%5B%5D=pdf>. Acesso em: 24 Jan. 2020.

VIEIRA NETO, R. D. et al. Sistema de produção de mangaba para os tabuleiros costeiros e baixada litorânea. **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, Aracaju – SE. 2002.

VITALI, A. et al. The disruption of a keystone interaction erodes pollination and seed dispersal networks. **Ecology**. 2022. Disponível em: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/ecy.3547>

WILLIAMS-LINERA, G.; MEAVE, J.A. Patrones fenológicos de bosque lluvioso neotropical de bajura. In **Ecología de bosques lluviosos Neotropicales** (M. Guariguata; G. Kattan, eds.). Libro Universitario Regional, Costa Rica, 2002.

XU, Y. Pre-Dispersal Seed Predation in a Species-Rich Forest Community: Patterns and the Interplay with Determinants. **PLoS ONE** 10(11). 2015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0143040>

ZORZI, B. T. Frugivoria por *Tapirus terrestris* em três regiões do Pantanal, Brasil. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da UFMS. 2009. Disponível em http://atrium.tapirs.org/documents/ZORZI_-_FRUGIVORIA_POR_TAPIRUS_TERRESTRIS_EM_TR%C3%8AS_REGI%C3%95ES_.pdf. Acesso em 12 Jun. 2020.

CAPÍTULO 1

A FENODINÂMICA DA MANGABA (*Hancornia speciosa* Gomes var. *speciosa*) NÃO VARIA ENTRE SÍTIOS COM DISPONIBILIDADE HÍDRICA CONTRASTANTE, NO NORDESTE DO BRASIL¹

¹ Artigo a ser submetido ao periódico **Agroecology and Sustainable Food Systems**

ABSTRACT

Hancornia speciosa Gomes var. *speciosa* (Apocynaceae) occurs frequently in savanna vegetation of Central Brazil and coastal sandbanks, always on poor and sandy soils. In addition to being avidly sought after by the fauna, its fruits represent an important resource for extractive families. This study aimed to record and compare the phenodynamics of *H. speciosa* var. *speciosa* in Bahia – Brazil. For 24 months, 108 individuals equally distributed among three subpopulations located in the Coastal Zone of Bahia and three subpopulations located in Chapada Diamantina, had their vegetative (budding; mature leaves or crown; leaf fall) and reproductive (floral buds; flowering; immature fruits; and ripe fruits) phenophases monitored monthly. The frequency and intensity of the expression of the phenophases were calculated. Circular statistics based on phenophase frequency data showed unseasonal rhythm for vegetative phenophases and low to moderate seasonality for reproductive phenophases. Despite the phenophases being manifested at the same times of the year, there was an advance of 25 to 45 days in the average dates of Chapada Diamantina in relation to the Coastal Zone. Generalized Linear Models were developed to identify which are the most suitable environmental predictors and their performance on the intensities of the monitored phenophases. The photoperiod and the monthly mean temperature were the most influential variables acting as inducers on the intensity of the monitored phenophases. There was no significant difference in the intensity of flower and ripe fruit production, but the difference in the intensity of mature leaves suggests semideciduous leaf habit in Chapada Diamantina and evergreen in the Coastal Zone. There were no differences in the manifestations of phenophases between the two regions, despite the differences between the chemical attributes of the soil and between the rates of accumulated monthly precipitation. It is believed that the advance of the average dates in Chapada Diamantina is a conserved response to the recurrent water deficit and to the negative characteristics of the soil compared to the Coastal Zone. The same intensities in the production of ripe fruits suggest that there are physiological adaptations, associated with water storage, that allow the populations of Chapada Diamantina to maintain a reproduction rate equivalent to that of the Coastal Zone.

Keywords: Phenology. Chapada Diamantina. Restinga. Mangabeira. GLM

RESUMO

Hancornia speciosa Gomes var. *speciosa* (Apocynaceae) ocorre frequentemente em vegetações savânicas do Brasil Central e restingas litorâneas, sempre sobre solos pobre e arenosos. Além de serem avidamente procurados pela fauna, seus frutos representam um importante recurso para famílias extrativistas. Este estudo teve como objetivo registrar e comparar a fenodinâmica de *H. speciosa* var. *speciosa* na Bahia – Brasil. Por 24 meses, 108 indivíduos distribuídos igualmente por três subpopulações localizadas na Zona Costeira da Bahia e três subpopulações localizadas na Chapada Diamantina, tiveram suas fenofases vegetativas (brotamento; folhas maduras ou copa; queda foliar) e reprodutivas (botões florais; floração; frutos imaturos; e frutos maduros) monitoradas mensalmente. Calculou-se a frequência e a intensidade da expressão das fenofases. A estatística circular com base em dados de frequência das fenofases mostraram ritmo assazonais para as fenofases vegetativas e sazonalidade baixa a moderada para fenofases reprodutivas. Apesar das fenofases se manifestarem nas mesmas épocas do ano, houve adiantamento de 25 a 45 dias nas datas médias da Chapada Diamantina em relação à Zona Costeira. Modelos Lineares Generalizados foram elaborados para identificar quais os preditores ambientais mais adequados e qual seu desempenho sobre a intensidades das fenofases monitoradas. O fotoperíodo e a temperatura média mensal foram as variáveis mais influentes atuando como indutores sobre a intensidade das fenofases monitoradas. Não houve diferença significativa na intensidade da produção de flores e frutos maduros, porém a diferença na intensidade de folhas maduras sugere hábito foliar semidecíduo na Chapada Diamantina e sempre-verde na Zona Costeira. Não houve diferenças significativas nas manifestações das fenofases entre as duas regiões, apesar das diferenças entre os atributos químicos do solo e entre as taxas de precipitação mensal acumulada. Observou-se pequeno adiantamento das datas médias e leve estreitamento dos desvios angulares na Chapada Diamantina, provável resposta conservada ao déficit hídrico recorrente e ao solo mais pobre em comparação com a Zona Costeira. Mesmo assim, as intensidades iguais na produção de frutos maduros sugerem que existam adaptações fisiológicas, associadas ao armazenamento hídrico, que permitam às populações da Chapada Diamantina manter uma taxa de reprodução equivalente àquelas da Zona Costeira.

Palavras-chave: Fenologia. Chapada Diamantina. Restinga. Mangabeira. Modelos lineares generalizados

1.1 Introdução

Hancornia speciosa Gomes var. *speciosa* (Apocynaceae) é uma árvore encontrada em savanas e restingas, amplamente distribuída nos Neotrópicos, do Nordeste ao Centro-Oeste do Brasil, Paraguai, Bolívia e Peru (COLLEVATTI et al., 2018). O sabor característico e o alto valor nutricional de seus frutos, os tornaram alvo do extrativismo praticado por comunidades tradicionais (Oliveira & Aloufa 2021). Apesar de serem bastante perecíveis, os frutos são utilizados na preparação de doces, compotas, geleias, sucos e sorvetes, despertando o interesse agroindustrial e levando ao surgimento dos primeiros cultivos agrônômicos (LÉDO, et al., 2015). Ainda assim, a quase totalidade da produção anual é proveniente de arranjos produtivos que envolvem grande número de famílias extrativistas, subsidiando sua sobrevivência e promovendo a sociobiodiversidade (PEREIRA et al., 2006; PEREIRA et al., 2016; SILVA JÚNIOR et al., 2017; SILVA JÚNIOR et al., 2018). Porém, essas comunidades ainda exercem um manejo incipiente e não seletivo sobre *H. speciosa* var. *speciosa* (GONZÁLEZ-INSUASTI; CABALLERO 2006; OLIVEIRA; ALOUFA 2021), com a adoção de poucas técnicas voltadas à proteção da espécie e à promoção de melhores resultados produtivos, sem distinguir fenótipos de interesse.

Até o momento, a maior parte dos estudos envolvendo a espécie é direcionada ao uso do recurso vegetal, manejo sustentável e pressões antrópicas, principalmente em escala local (ALMEIDA et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2017). A informação disponível sobre a fenologia da espécie se baseia principalmente no monitoramento de indivíduos pertencentes a bancos de germoplasma, onde as condições ambientais das populações nativas não são reproduzidas. Assim, a literatura registra que a frutificação está associada ao período chuvoso (de outubro a abril), no cerrado, enquanto duas épocas reprodutivas, uma de dezembro a abril (safra de verão) e outra de junho a julho (safra de inverno) são encontradas na restinga litorânea do Nordeste do Brasil (MOTA; SANTOS, 2008; LIMA; SCARIOT, 2010; PEREIRA et al., 2016; SILVA JÚNIOR et al., 2018).

A fenologia é uma ciência integrativa que estuda a temporalidade dos eventos biológicos cíclicos com implicações agrônômicas e silviculturais (WILLIAMS-LINERA; MEAVE 2002) e na manutenção dos serviços ecossistêmicos (MORELLATO et al., 2016). O monitoramento fenológico de plantas úteis para populações tradicionais permite identificar as influências das mudanças climáticas nos ciclos de crescimento e produção destas espécies, informação

fundamental para prever os impactos nos ecossistemas, assim como para preparar estas populações para potenciais perturbações em suas práticas culturais (PREVÉY et al, 2020).

Espécies amplamente distribuídas podem apresentar variações intraespecíficas na fenologia e podem ocupar uma grande variedade de ambientes devido à sua alta plasticidade fisiológica e funcional (MORAES et al., 2017; COSTA et al., 2021; SANTOS et al., 2021). A ocorrência de populações de *H. speciosa* var. *speciosa* em vegetação sobre areia no interior e no litoral do Brasil apresenta uma excelente oportunidade para investigar variações intraespecíficas nas fenofases vegetativas e reprodutivas em resposta às variações ambientais. Procuramos assim examinar as respostas fenológicas (sazonalidade e intensidade) das populações de *H. speciosa* var. *speciosa* em relação às variações ambientais (chuva, comprimento do dia, radiação, umidade do ar, temperatura e características físicas e químicas do solo em vegetação sobre areia no interior na Chapada Diamantina e Zona Costeira, no Nordeste do Brasil.

Nas zonas de ocorrência de *H. speciosa* da Zona Costeira as chuvas são mais intensas, dominadas pelos regimes hídricos associados à Mata Atlântica, com concentração maior entre os meses de abril e setembro, enquanto na Chapada Diamantina as chuvas são irregulares devido a influência do clima semiárido, com maior concentração entre outubro e março e presença de déficit hídrico. Além disso, a diferença de altitude entre as duas regiões pode influenciar na temperatura média mensal, que na zona costeira apresenta ainda baixa amplitude anual graças à proximidade do oceano. Nós prevemos que seja possível identificar as diferenças fenológicas entre a Chapada Diamantina, onde a estação seca imprime déficit hídrico na região e a Zona Costeira. Esperamos poder confirmar estatisticamente as informações trazidas pela literatura sobre fenodinâmicas distintas entre os dois ambientes.

1.2 Material e Métodos

1.2.1 Espécie alvo e áreas de estudo

Hancornia speciosa var. *speciosa*, conhecida como mangabeira, é uma árvore de porte médio, com 4 a 7m de altura, podendo chegar até 15m, crescimento lento, copa ampla, tronco, tortuoso ou reto, com 20-30 cm de diâmetro, toda a planta exsuda látex de cor branca ou róseo-pálida; flor branca e posteriormente rósea ou amarela, tubulosa e perfumada; fruto baga elipsoidal ou arredondado de 2,5 a 6,0 cm, exocarpo amarelo, com manchas ou estrias avermelhadas, polpa de sabor bastante suave, doce, carnosu-viscosa, ácida, com 2-30 sementes (MONACHINO 1945;

COSTA e SILVA, 2013; PEREIRA et al., 2016; COLLEVATTI et al., 2018 e FLORES et al., 2018).

Neste estudo, foram monitoradas seis subpopulações (réplicas) de *H. speciosa* var. *speciosa* (Figura 1), sendo três localizadas no Zona Costeira no norte do estado da Bahia e três localizadas na borda oriental da Chapada Diamantina, centro da Bahia. Na Zona Costeira: a população N° 1 está localizada na Área de Proteção Ambiental Lagoas e Dunas do Abaeté (-38.34657, -12.92402, graus decimais) e as subpopulações N° 2 (-37.94478, -12.43544, graus decimais) e N° 3 (-37.96385, -12.43802, graus decimais) estão localizadas na Área de Proteção Ambiental do Litoral Norte. Estas três subpopulações encontram-se distribuídas ao longo do gradiente vegetacional entre restingas litorâneas e floresta ombrófila densa, seguindo o adensamento da vegetação no sentido mar-continente, sendo que a subpopulação N° 1, está caracterizada pela presença de dunas de areia branca, semimóveis e fixas, entremeadas por várias lagoas perenes e temporárias, com pequenas moitas de vegetação herbáceo-arbustiva. As subpopulações N° 2 e N° 3 encontram-se na transição para restinga arbustivo-arbórea, com maior densidade de plantas, grau de amadurecimento do solo e formação de serrapilheira, circundada por floresta ombrófila densa (COSTA et al., 2006; VIANA et al., 2006; MENEZES, 2007; FERNANDES, 2015; MENEZES, 2015; SANTOS, 2017). As subpopulações da região litorânea estão sob classificação climática As' (Köppen modificada) (ALVARES et al., 2014), sem déficit hídrico ao longo do ano conforme mostra o climograma desta região (Figura 2).

No interior, as subpopulações de *H. speciosa* var. *speciosa* foram monitoradas em vegetação sobre areia na Chapada Diamantina. A Chapada Diamantina (parte da Cadeia do Espinhaço, no nordeste do Brasil) apresenta alta diversidade florística associada a vários tipos de vegetação, incluindo a vegetação sobre areia denominada capitinga (FUNCH et al., 2009). A capitinga ocupa áreas pequenas (até cerca de 50 hectares), sobre solos arenosos, profundos e extremamente bem drenados, circundadas por matriz de floresta sempre-verde, sobre latossolos (FUNCH et al., 2009). A vegetação nestas áreas apresenta fisionomia similar à vegetação arbustiva das restingas costeiras, com relevo plano e solos arenosos e profundos (FUNCH et al., 2009, FUNCH et al., 2021). Na Chapada Diamantina, as três subpopulações (Figura 1) estão localizadas no município de Lençóis: a população n°4 encontra-se no Complexo Arqueológico da Serra das Paridas (-41.25185, -12.35061 graus decimais); as subpopulações n° 5 (-41.35203, -12.46288 graus decimais) e n° 6 (-41.36428, -12.54411 graus decimais) estão localizadas na Área de Proteção

Ambiental Marimbus Iraquara. A região da Chapada Diamantina está sob classificação climática Aw (Köppen modificada) (Alvares et al., 2014), com uma estação chuvosa concentrada entre dezembro e abril e uma estação seca entre julho e outubro, com déficit hídrico (Figura 2).

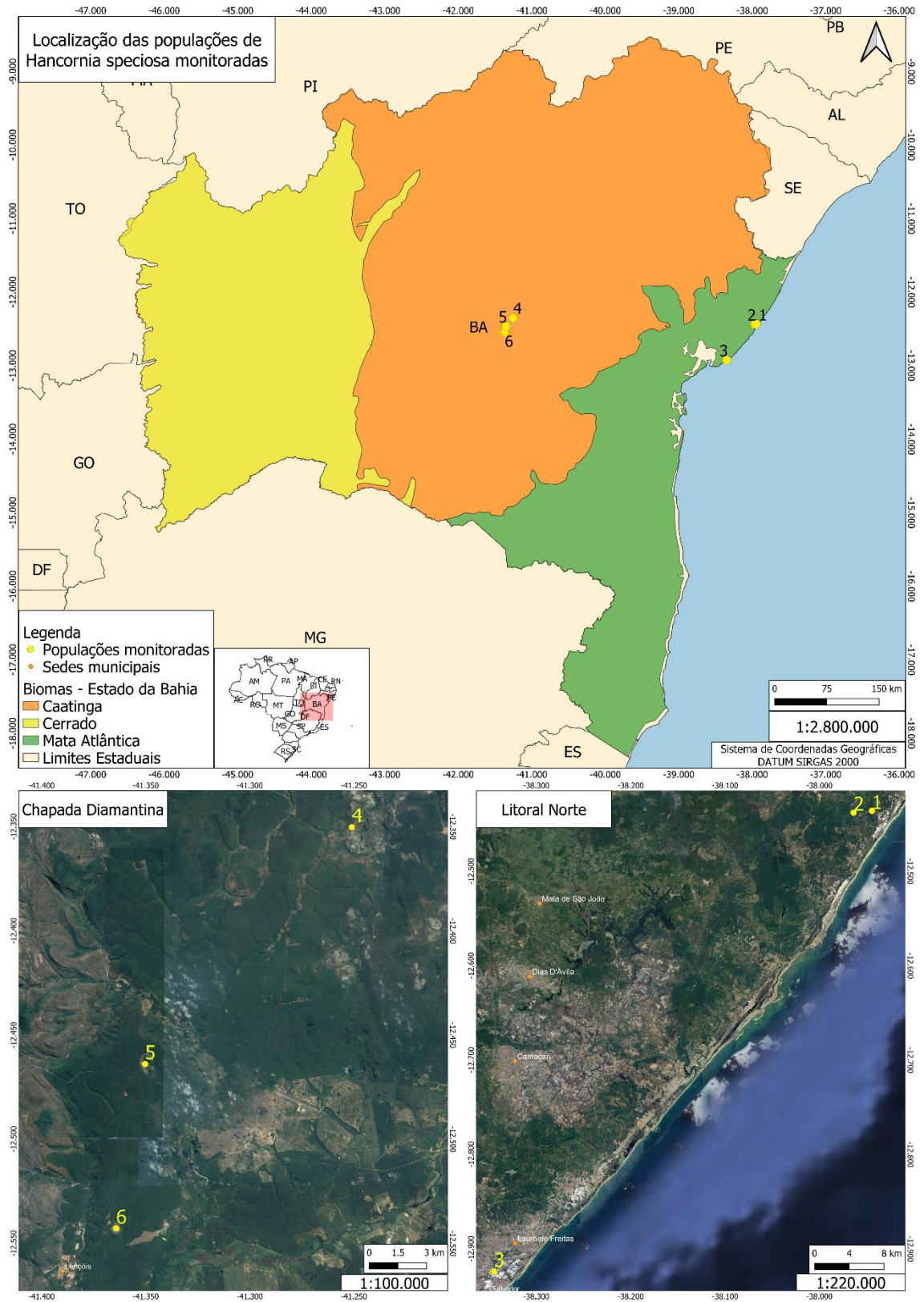


Figura 1: Mapa de localização das subpopulações de *Hancornia speciosa* Gomes var. *speciosa* monitoradas na Chapada Diamantina e no litoral da Bahia, Nordeste do Brasil.

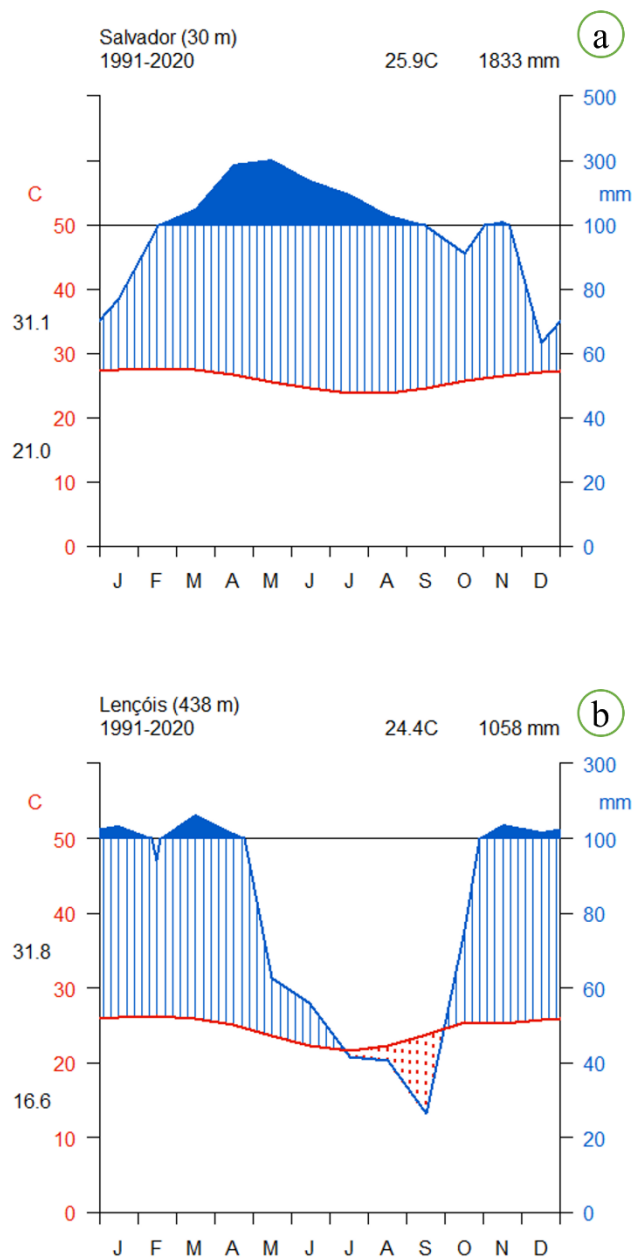


Figura 2: Climogramas baseados na Normal Climatológica 1991-2020 para a Zona Costeira (a) e Chapada Diamantina, Nordeste do Brasil (b). (Fonte: INMET, bases Lençóis e Salvador). Área pontilhada: déficit hídrico. Área hachurada: disponibilidade hídrica no solo. Área sólida: excedente hídrico.

1.2.2 Coleta de dados fenológicos

Em cada uma das seis subpopulações (Figura 1) foram escolhidos aleatoriamente 18 indivíduos reprodutivos de *H. speciosa* var. *speciosa*, distantes cerca de 10 metros uns dos outros, totalizando 54 indivíduos no Zona Costeira e 54 na Chapada Diamantina. As subpopulações foram acompanhadas entre setembro de 2019 e agosto de 2021 (24 meses) e as fenofases vegetativas (brotamento; copa e queda foliar) e reprodutivas (botão floral; flor; fruto imaturo e fruto maduro) foram registradas para cada indivíduo. O brotamento foi observado em folhas novas, pequenas, com coloração avermelhada; folhas maduras considerou aquelas folhas que já perderam a coloração avermelhada juvenil; e a queda foliar considerou as folhas com coloração cinza ou castanho escuro (Figura 3).



Figura 3: Aspectos da fenologia vegetativa de *Hancornia speciosa* Gomes var. *speciosa*. a: Indivíduo típico monitorado. b: Brotamento. c: Folhas maduras. d: Queda foliar.

As fenofases reprodutivas foram definidas: botão floral considerou desde os primórdios de botões até antes da abertura da flor; flor considerou flores desde abertas até secas; fruto imaturo foi considerado a partir do momento em que se inicia o processo de desenvolvimento até quando não apresentam coloração amarelada e brilhante; fruto maduro, por se tratar de um fruto climatérico, foi considerado com coloração amarelada e epiderme lisa-brilhante ainda presos à planta e também os frutos caídos, porém ainda não decompostos (Figura 4).



Figura 4: Aspectos da fenologia reprodutiva de *Hancornia speciosa* Gomes var. *speciosa*. a: Botões florais. b: Flores. c: Frutos imaturos. d: Frutos maduros.

Para a estimativa da intensidade das fenofases foi adotada a escala proposta por Fournier (1974), composta por cinco categorias: 0 = ausência da fenofase; 1 = 1% – 25%; 2 = 26% – 50%; 3 = 51% – 75%; e 4 = 76% – 100%. A intensidade de cada fase, expressa em porcentagem com

base nas cinco categorias (SAN MARTIN-GAJARDO; MORELLATO, 2003), foi convertida em gráficos lineares.

1.2.3 Obtenção de dados ambientais

Três amostras de solo compostas por 5 amostras simples (0 – 20 cm) foram coletadas em cada subpopulação, totalizando 9 amostras compostas para cada região, Zona Costeira e Chapada Diamantina. As amostras foram submetidas a análises químicas e granulométricas nos Laboratórios de Física e Química do Solo da Embrapa Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas – BA, segundo Donagema et al. (2011).

Dados de precipitação acumulada mensal, umidade relativa do ar média mensal, temperatura média mensal e radiação média mensal foram obtidos no portal do Instituto Nacional de Meteorologia a partir das estações A401 (Salvador) para a região litorânea e A425 (Lençóis) para a região da Chapada Diamantina (Figura 4). Para o comprimento do dia, foi acessado o site Photoperiod Calculator (<http://www.internetsv.info/PhotoPeriodC.html>) (Figura 5).

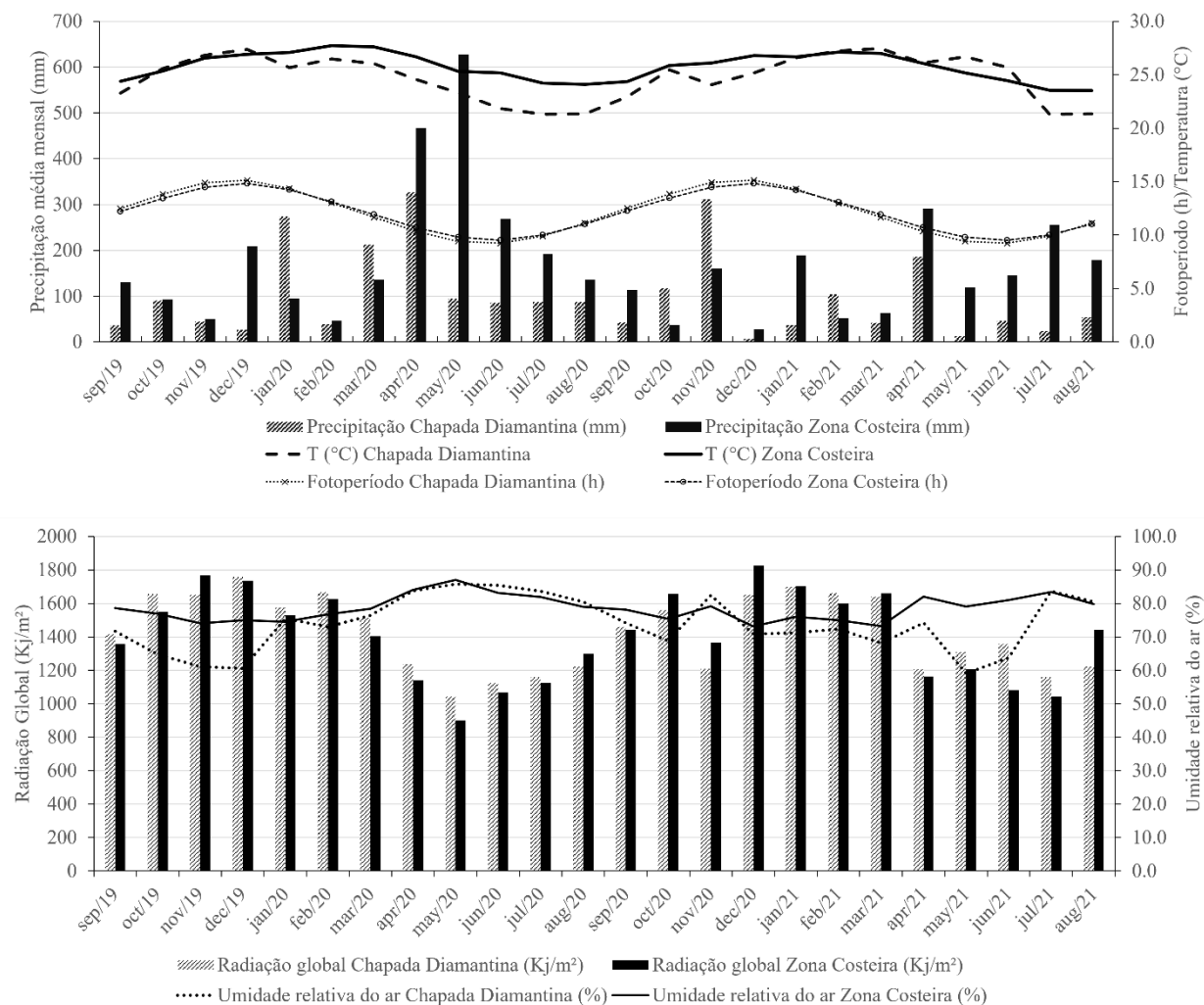


Figura 5: Médias mensais registradas para as variáveis ambientais na Chapada Diamantina e Zona Costeira, Bahia, Nordeste do Brasil (Fonte: INMET; site Photoperiod Calculator).

1.2.4 Análise dos dados

Os dados das variáveis ambientais (precipitação, comprimento do dia, radiação, umidade do ar, temperatura e atributos físico-químicos do solo) foram submetidos a testes de hipóteses (teste t de médias para dados com distribuição normal e teste Mann-Whitney de medianas para dados sem distribuição normal) para identificar semelhanças nestas variáveis entre a Zona Costeira e a Chapada Diamantina. A normalidade dos dados fenológicos foi testada com base em Shapiro & Wilk (ZAR 2010).

Para a compreensão dos atributos que melhor respondem pelas diferenças entre os solos de cada região, foi elaborada uma análise de componentes principais (PCA) incluindo todas as

variáveis fornecidas pelas análises físicas e químicas das amostras de solo coletadas. Os atributos foram gradualmente removidos buscando manter somente os atributos que agrupassem os principais elementos para evitar multicolinearidade. Buscou-se obter os dois primeiros componentes principais que respondessem pela maior variância do conjunto de dados, resumindo as diferenças entre os solos das duas regiões.

Para identificar semelhança ou diferença nas intensidades das fenofases entre a Zona Costeira e Chapada Diamantina, foram efetuados testes de hipóteses, t de Student em caso de distribuição normal dos dados ou teste Mann-Whitney em caso de ausência de normalidade.

A sazonalidade e sincronia das fenofases vegetativas e reprodutivas de *H. speciosa* var. *speciosa* durante o período de janeiro de 2020 a dezembro de 2020 na Zona Costeira e na Chapada Diamantina foi verificada através de estatística circular (MORELLATO et al., 2010). Foram adotados os seguintes procedimentos: a) calculou-se a frequência de ocorrência do evento fenológico da espécie para cada mês; b) os meses foram convertidos em ângulos, onde $15^\circ =$ janeiro e os meses sucessivos foram calculados no intervalo de 30° ; c) foram calculados o ângulo médio, concentração, grupo médio, desvio padrão angular e comprimento do vetor r ; e d) o teste de Rayleigh (z e p), que é utilizado para testar a distribuição uniforme de dados circulares. Foram consideradas sazonais as fenofases que tiveram comprimento vetorial (r) maior ou igual a 0,5 ($r \geq 0,5$) e foram significativas pelo teste de Rayleigh ($p < 0,05$) (ZAR, 2010). As fenofases com ângulo médio significativo ($p < 0,05$) foram convertidas para uma data média, ou seja, a data mais provável em que a espécie seria encontrada em cada fenofase durante o ano. Fenogramas circulares foram elaborados para ilustrar a sazonalidade das fenofases ao longo do ano. Comparamos o comportamento das fenofases entre cada região, Zona Costeira e Chapada Diamantina, por meio do teste mardia-watson-wheeler de homogeneidade de médias (ZAR, 2010) cuja hipótese nula afirma que os dados provêm de uma mesma população (BATSCHELET, 1972). As análises estatísticas circulares foram executadas no software R, pacote circular (R CORE TEAM, 2020), com exceção do teste mardia-watson-wheeler e dos histogramas circulares, executados no software Oriana 4.0 (MORELLATO et al., 2010). A frequência e duração das fenofases reprodutivas foram classificadas segundo Gentry (1974) e Newstrom et al. (1994).

Modelos Lineares Generalizados (GLM) foram elaborados com o intuito de identificar de que maneira as variáveis ambientais influenciam o desempenho das fenofases. Elegeu-se para cada fenofase o modelo mais adequado, considerando o Critério de Informação de Akaike (AIC), a

significância dos valores p do modelo mínimo, o desempenho dos estimadores e a significância do teste F.

1.3 Resultados

1.3.1 Variáveis ambientais

Os atributos físicos do solo enfatizaram os altos teores de areia em ambas as regiões monitoradas (acima de 800 gramas de areia por quilo de solo), enquanto os atributos químicos revelaram de maneira geral solos muito pobres, com baixa concentração de bases trocáveis e matéria orgânica, além de altos teores de elementos potencialmente tóxicos (H^+ e Al^{3+}) para a Chapada Diamantina (Tabela 1). Os atributos físicos e químicos observados acarretaram baixos valores para a soma de bases, Capacidade de Troca de Cátions (CTC) e para a Saturação por Bases (V%). Não houve diferenças significativas entre os teores de areia e silte e para os teores de potássio e matéria orgânica entre as regiões (Tabela 1). As principais diferenças significativas foram verificadas para o maior teor de argila e saturação por bases (V%) na Zona Costeira e para a maior saturação por alumínio (m%) na Chapada Diamantina (Tabela 1).

Tabela 1: Resultados dos testes de hipóteses para os atributos do solo das regiões monitoradas em restinga, na Zona Costeira, norte do estado da Bahia, e em capitanga, na Chapada Diamantina, centro do estado da Bahia, Brasil.

Atributo	Teste	p	Zona Costeira	Chapada Diamantina
Teor de Areia (g/kg)	t test	0.56	889	905.9
Teor de Silte (g/kg)	t test	0.64	61.5	70.67
Teor de Argila (g/kg)	Mann-Whitney	0.03*	61	10
Acidez (pH)	t test	<0.01*	5.4	4.58
Teor de P (mg/dm ³)	Mann-Whitney	<0.01*	1	2
Teor de K (cmol/dm ³)	Mann-Whitney	0.17	0.03	0.02
Teor de Ca (cmol/dm ³)	t test	<0.01*	0.43	0.15
Teor de Mg (cmol/dm ³)	t test	<0.01*	0.24	0.09
Teor de Ca+Mg (cmol/dm ³)	t test	<0.01*	0.67	0.24
Teor de Na (cmol/dm ³)	Mann-Whitney	<0.01*	0.04	0.01
Teor de Al (cmol/dm ³)	t test	<0.01*	0.17	0.82
Acidez potencial (cmol/dm ³)	t test	<0.01*	1.99	3.6
Soma de bases (cmol/dm ³)	t test	<0.01*	0.73	0.27
CTC (cmol/dm ³)	t test	0.03*	2.72	3.88
Saturação por bases (V%)	Mann-Whitney	<0.01*	28	7
Saturação por Al ³⁺ (m%)	t test	<0.01*	19.15	76.2
Teor de MO (g/kg)	t test	0.14	13.1	17.1

Métodos: Mehlich - 1: P, K, Na. KCl 1M: Ca, Mg, e Al trocáveis. Ca(CH₃CO₂)₂.H₂O 0,5M: Acidez potencial (H+Al). Colorimétrico: Matéria orgânica (MO). *: Dados apresentam diferença significativa.

A Análise de Componentes Principais dos atributos do solo (Figura 6) mostraram que pH, soma de bases (SB) e saturação por bases (V%) representaram melhor os solos da Zona Costeira enquanto os atributos saturação por alumínio (m%), acidez potencial (H+Al) e capacidade de troca de cátions (CTC) representaram os solos da Chapada Diamantina. A consideração destes atributos (pH, SB, CTC, m%, V% e acidez potencial) nos dois primeiros componentes principais da PCA foi responsável pela explicação de 95% da variação dos dados, com aparente equilíbrio entre eles (Tabela 2 e 3).

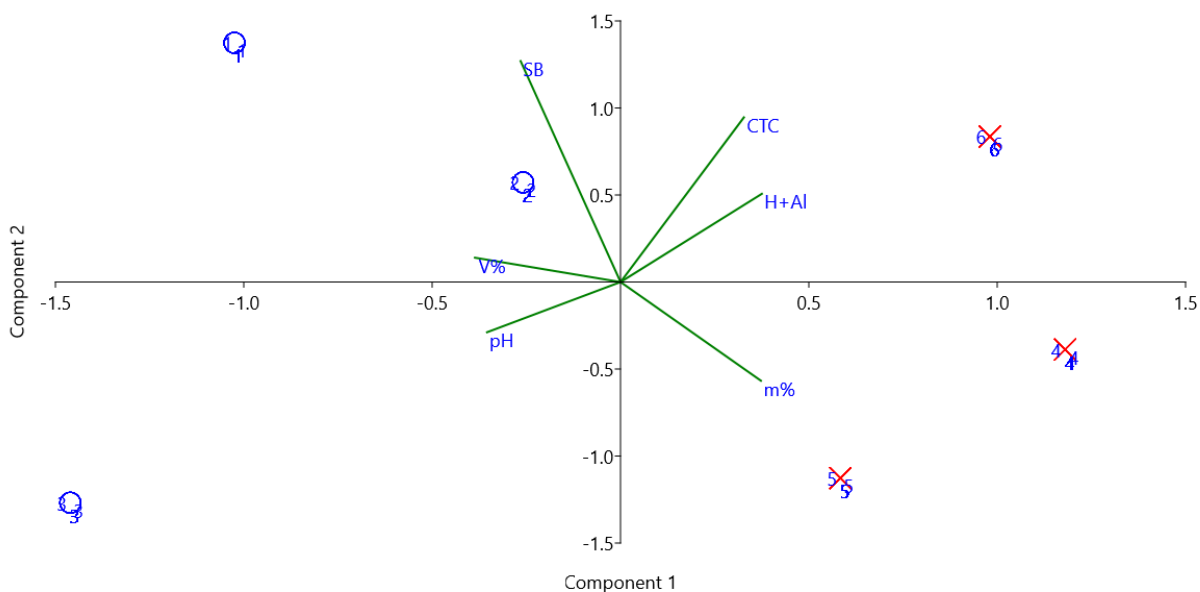


Figura 6: Resultados da Análise de Componentes Principais para os solos das duas regiões avaliadas. Quadrados: subpopulações da Zona Costeira. Pontos: Subpopulações da Chapada Diamantina

Tabela 2: Eigenvalues e percentual de variação explicada pelos componentes principais

PC	Eigenvalue	% variance
1	4.67319	77.763
2	1.07321	17.859
3	0.209638	3.4884
4	0.0450517	0.74967
5	0.00844499	0.14053
6	1.47E-31	2.45E-30

Tabela 3: Participação dos atributos nos dois primeiros componentes principais

Atributos	PC 1	PC 2
pH	-0.41409	-0.1615
H+Al	0.43848	0.28396
SB	-0.31004	0.71104
CTCt	0.38269	0.52982
V%	-0.45158	0.078244
m%	0.43561	-0.31762

Os testes de hipóteses mostraram que houve diferenças significativas para a precipitação média mensal e umidade relativa do ar média mensal entre as duas regiões (Tabela 2). A diferença entre as medianas da precipitação mensal acumulada foi atributo mais discrepante, com os valores para a Chapada Diamantina somando apenas 51.8% dos valores para a Zona Costeira. Na Chapada Diamantina, os meses mais chuvosos foram janeiro, abril e novembro de 2020, com até 330 milímetros, enquanto no Zona Costeira foram abril e maio de 2020, alcançando 630 milímetros. A umidade relativa do ar na Chapada Diamantina ficou abaixo de 60% em outubro, novembro e dezembro de 2019. Já na Zona Costeira nunca esteve abaixo de 78%. As demais variáveis pouco variaram (Tabela 2).

Tabela 4: Resultados dos testes de hipóteses para as variáveis ambientais das regiões monitoradas em restinga, na Zona Costeira, norte do estado da Bahia, e em capitinga, na Chapada Diamantina, centro do estado da Bahia, Brasil.

Variáveis ambientais	Teste	p	Zona Costeira	Chapada Diamantina
Radiação Global (Kj/m ²)	Mann-Whitney	0.79	1423.3	1438
Precipitação acumulada mensal (mm)	Mann-Whitney	0.01*	136.4	70.65
Temperatura média mensal (°C)	Mann-Whitney	0.14	25.98	25.52
Umidade relativa do ar (%)	Mann-Whitney	0.038*	78.51	73.58
Fotoperíodo (h)	Mann-Whitney	1	12.08	12.08

*: Dados coletados apresentam diferença significativa

1.3.2 Fenologia vegetativa

Hancornia speciosa var. *speciosa* apresentou fenologia vegetativa assazonal, com ritmos semelhantes nas duas regiões, Zona Costeira e Chapada Diamantina (Figura 7; Tabela 3). O brotamento exibiu datas médias em 29 de dezembro e 18 de novembro na Zona Costeira e Chapada Diamantina, respectivamente, um intervalo de 41 dias; o desvio angular mostra que este período de maior intensidade é cerca de sete dias mais curto na Chapada Diamantina, mesmo assim é amplo de 105 a 107 dias, ocorrendo simultaneamente nas duas regiões. Houve sincronia dos picos de folhas maduras nas duas regiões, com as datas médias em um intervalo de 26 dias; o desvio angular foi de 140 a 179 dias para Chapada Diamantina e Zona Costeira, respectivamente (Tabela 3). A queda foliar apresentou distribuição mais concentrada, com maiores comprimentos do vetor r e menores valores para ao desvio angular, com datas médias em 10 de julho e 15 de junho na Zona Costeira e Chapada Diamantina, respectivamente, com adiantamento de 25 dias entre a data média

da Chapada Diamantina em relação à Zona Costeira, mas ainda assim com sincronia da queda foliar entre as duas regiões (Tabela 3).

Tabela 5: Análise circular para a fenologia vegetativa de *Hancornia speciosa* var. *speciosa* na Zona Costeira e Chapada Diamantina, Bahia, Brasil, entre janeiro de 2020 e dezembro de 2020.

População	Zona Costeira	Chapada Diamantina
Fenofase		Brotamento
N° Observações	516	408
Ângulo médio	359.3°	318.56°
Data média	29/dez	18/nov
Desvio Padrão Angular	103.61°	100.45°
r	0.195	0.215
p	<0.01	<0.01
W(P)*		5.719 (0.057)
Fenofase		Folhas maduras
N° Observações	642	609
Ângulo médio	80.1°	55.6°
Data média	22/mar	25/fev
Desvio Padrão Angular	176.2°	138.4°
r	0.009	0.054
p	0.95	0.17
W(P)*		0.585 (0.746)
Fenofase		Queda foliar
N° Observações	416	423
Ângulo médio	189.03°	164.7°
Data média	10/jul	15/jun
Desvio Padrão Angular	83.13°	83.6°
r	0.35	0.344
p	<0.01	<0.01
W(P)*		0.043 (0.979)

*A homogeneidade das médias e sobreposição dos picos de atividade ocorrem quando o valor de W é inferior ao valor de p.

Houve certa variação na intensidade das fenofases vegetativas entre as duas regiões (Figura 7). Na Zona Costeira, as maiores intensidades de brotamento alcançaram 64.35% em fevereiro e 77.31% em outubro de 2020, enquanto na Chapada Diamantina maiores valores foram 49.07% em outubro de 2019 e 62.96% em outubro de 2020, evidenciando intensidades superiores na Zona Costeira. A fenofase de folhas maduras na Zona Costeira foi mais longa, com 8 a 9 meses em que a intensidade esteve acima de 80% e queda suave entre junho e setembro; enquanto na Chapada

Diamantina, este período foi de apenas 4 meses, com queda constante na intensidade de folhas maduras a partir de fevereiro de 2020 a dezembro de 2020. A intensidade de folhas maduras na Zona Costeira ficou sempre acima de 55%, enquanto na Chapada Diamantina este valor chegou a 20% (Figura 7). A queda foliar durante a estação seca na Chapada Diamantina foi superior à da Zona Costeira, com indivíduos chegando a ficar com predominância de folhas senescentes ou sem folhas na copa, o que não ocorreu no Zona Costeira. Ao contrário das outras fenofases vegetativas que tiveram maior intensidade no Zona Costeira, a intensidade da queda foliar se mostrou estatisticamente superior na Chapada Diamantina. *Hancornia speciosa* var. *speciosa* exibiu comportamento semidecíduo na Chapada Diamantina, enquanto na Zona Costeira o comportamento das fenofases vegetativas indicou maior prevalência de folhas maduras por quase o ano todo indicando o hábito sempre-verde, já que a queda foliar não provocou redução considerável na cobertura da copa.

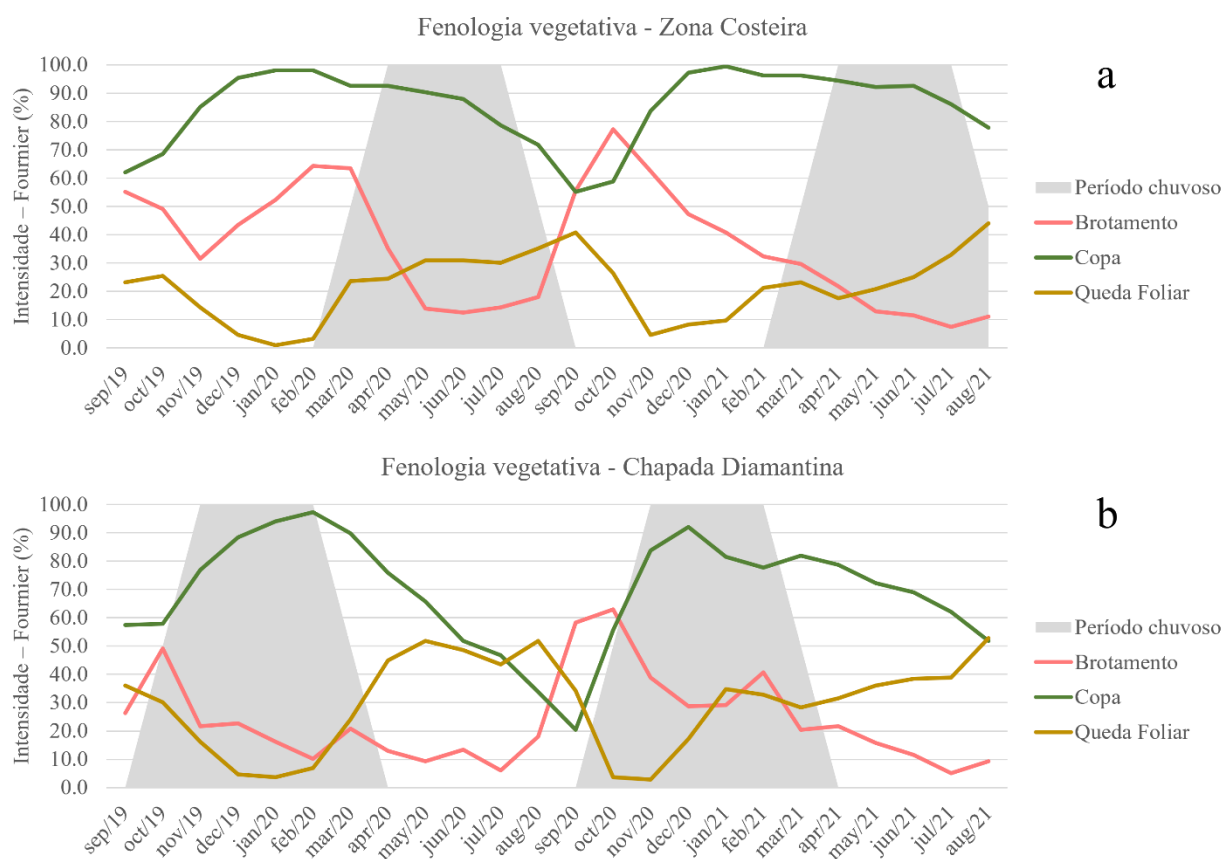


Figura 7: Intensidade da fenologia vegetativa de *Hancornia speciosa* var. *speciosa* na Zona Costeira (a) e Chapada Diamantina (b), Bahia, Brasil, entre setembro de 2019 e agosto de 2021.

1.3.3 Fenologia reprodutiva

A fenologia reprodutiva foi levemente sazonal, porém sem sincronia entre os picos de atividade de cada fenofase entre as regiões da Zona Costeira e Chapada Diamantina, sempre com maior sazonalidade na Chapada Diamantina (Figura 8; Tabela 4). As análises mostraram que a assincronia de datas-médias decorre do amplo período de expressão das fenofases, que por sua vez coincide ao longo do tempo. Assim, é possível notar o mesmo padrão de expressão nas duas regiões, durante o mesmo período do ano.

A emissão de botões florais mostrou sazonalidade moderada ao redor das datas médias para as duas regiões; na Zona Costeira ($r = 0.35$) a data média foi em 23 de dezembro enquanto para a Chapada Diamantina ($r = 0.47$) a data média foi em 08 de novembro; os desvios angulares mostram que há um adiantamento de 45 dias na Chapada Diamantina em relação a Zona Costeira (Tabela 4). As flores mostram maior agregação dos valores ao redor da data média em ambas as regiões (Zona Costeira: data média: 28 de dezembro; $r = 0.4$, Chapada Diamantina: data média: 24 de novembro; $r = 0.56$) e estreitamento dos desvios padrões angulares para 78.02° (79 dias) e 62° (63 dias) para a Zona Costeira e Chapada Diamantina, respectivamente (Tabela 4); com adiantamento de 34 dias na Chapada Diamantina. A fenofase frutos imaturos foi assazonal, cuja distribuição ocorre entre 129 e 119 dias para a Zona Costeira e Chapada Diamantina, respectivamente, cujas datas médias mostram adiantamento de 28 dias para a fenofase na Chapada Diamantina. Frutos maduros foi a fenofase que apresentou maior agregação e sazonalidade, com adiantamento de 25 dias da fenofase na Chapada Diamantina em relação à Zona Costeira (Tabela 4).

Tabela 6: Análise estatística circular para as fenofases reprodutivas em *Hancornia speciosa* var. *speciosa* na Zona Costeira da Bahia e Chapada Diamantina, entre janeiro de 2020 e dezembro de 2020.

População	Zona Costeira	Chapada Diamantina
Fenofase		Botões florais
N° Observações	374	215
Ângulo médio	353.6°	308.7°
Data média	23/dez	08/nov
Desvio Padrão Angular	83.1°	70.5°
r	0.35	0.47
p	<0.01	<0.01
W(P)		11.153(0.004)
Fenofase		Floração
N° Observações	284	179
Ângulo médio	358.2°	324.1°
Data média	28/dez	24/nov
Desvio Padrão Angular	78.02°	62°
r	0.4	0.56
p	<0.01	<0.01
W(P)		12.441(0.002)
Fenofase		Frutos imaturos
N° Observações	550	517
Ângulo médio	333.05°	305.7°
Data média	03/dez	05/nov
Desvio Padrão Angular	127.8°	118.1°
r	0.083	0.119
p	<0.05	<0.01
W(P)		2.081(0.353)
Fenofase		Frutos maduros
N° Observações	281	249
Ângulo médio	62.9°	37.1°
Data média	03/mar	07/fev
Desvio Padrão Angular	65°	52°
r	0.52	0.66
p	<0.01	<0.01
W(P)		3.505(0.173)

*A homogeneidade das médias e sobreposição dos picos de atividade ocorrem quando o valor de W é inferior ao valor de p.

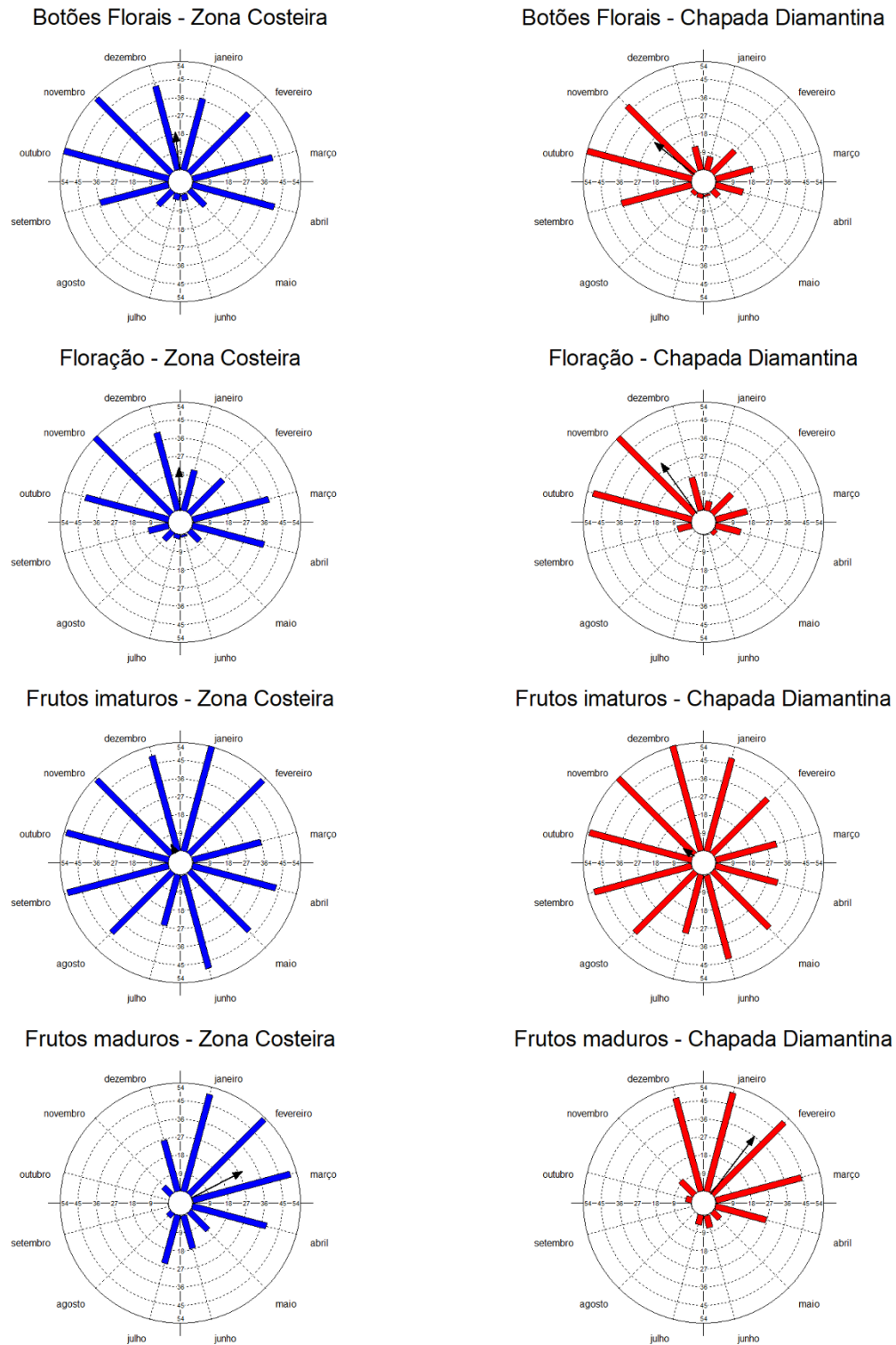


Figura 8: Histogramas circulares para fenofases reprodutivas de *Hancornia speciosa* var. *speciosa* na Zona Costeira da Bahia e Chapada Diamantina, centro da Bahia, Brasil, entre janeiro e dezembro de 2020.

A fenologia reprodutiva de *H. speciosa* var. *speciosa* mostrou ritmos similares nas duas regiões monitoradas (Figura 9). Foi possível notar que as fenofases botões florais e flores apresentam um pico de produção entre setembro e janeiro que pode se prolongar em um pulso menos intenso até junho. Em consequência a fenofase de frutos imaturos ocorre ao longo do ano. A maior disponibilidade de frutos maduros ocorre entre dezembro e abril. Todas as fenofases reprodutivas exibiram intensidades semelhantes nas duas regiões.

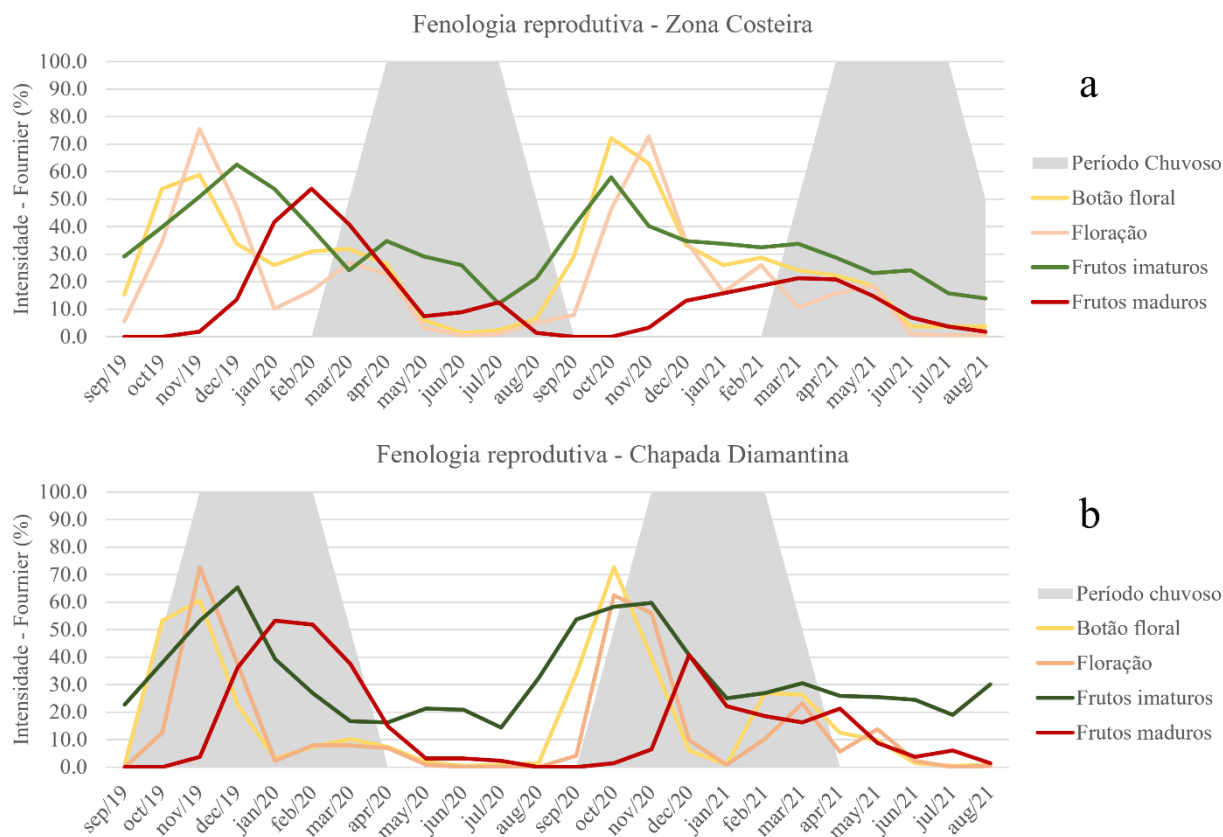


Figura 9: Intensidade da expressão das fenofases botões florais, floração, frutos imaturos e frutos maduros. a: Zona Costeira. b: Chapada Diamantina.

1.3.4 Relações com as variáveis ambientais

Os modelos lineares generalizados (GLM) (Tabela 5) esclareceram a forte influência do fotoperíodo e da temperatura sobre a fenodinâmica de *H. speciosa* tanto na Zona Costeira como na Chapada Diamantina. Os modelos mostraram que todas as fenofases demonstram incremento nas intensidades quando há incremento no comprimento do dia, na temperatura ou na interação entre

ambos, com exceção da fenofase queda foliar, cuja intensidade aumenta com o decréscimo da interação entre temperatura e fotoperíodo.

Tabela 7: Modelos Lineares Generalizados para a intensidade das fenofases de *Hancornia speciosa* sob variáveis ambientais

Fenofase	Região	Preditor	β	t	F
Brotamento	Zona Costeira	Fotoperíodo	8.14	<0.001	<0.001
	Chapada Diamantina	Fotoperíodo	4.198	<0.005	<0.005
Copa	Zona Costeira	Temperatura	6.129	<0.005	<0.005
	Chapada Diamantina	Temperatura	6.524	<0.001	<0.001
Queda foliar	Zona Costeira	Fotoperíodo +	- 2.321	<0.05	<0.001
		Temperatura	- 4.867	<0.005	<0.05
	Chapada Diamantina	Fotoperíodo +	- 4.984	<0.05	<0.001
		Temperatura	- 2.305	<0.001	<0.001
Botões Florais	Zona Costeira	Fotoperíodo	8.067	<0.001	<0.001
	Chapada Diamantina	Fotoperíodo	5.383	<0.005	<0.01
Floração	Zona Costeira	Fotoperíodo	8.239	<0.001	<0.001
	Chapada Diamantina	Fotoperíodo	5.677	<0.005	<0.005
Frutos Imaturos	Zona Costeira	Fotoperíodo	5.4125	<0.001	<0.001
	Chapada Diamantina	Fotoperíodo	5.272	<0.001	<0.001
Frutos maduros	Zona Costeira	Temperatura	7.885	<0.001	<0.001
	Chapada Diamantina	Temperatura	4.183	<0.01	<0.01

Não foram identificados modelos adequados que considerassem outras variáveis ambientais, mostrando que a espécie tem seu desempenho estritamente condicionados pelas variações no comprimento do dia e na temperatura média mensal. Os modelos mínimos obtidos consideraram as mesmas variáveis preditoras para cada fenofase nas duas regiões, sugerindo uma resposta padronizada aos estímulos ambientais. Mesmo assim, os valores de β para as fenofases reprodutivas foram sempre superiores na Zona Costeira, sugerindo maior poder de resposta aos estímulos ambientais nesta região e possivelmente maior disponibilidade de recursos. A maior disponibilidade hídrica na Zona Costeira associada às melhores condições nutricionais dos solos nesta região pode responder por esta variação na resposta aos estímulos ambientais.

1.4 Discussão

Nossa hipótese inicial foi parcialmente confirmada, com os resultados das análises mostrando maior sazonalidade fenológica no interior, na Chapada Diamantina, onde a estação seca imprime déficit hídrico. Nesta região houve maior intensidade na queda foliar imprimindo um hábito semidecíduo na população de *H. speciosa* var. *speciosa*, enquanto na Zona Costeira, onde não há déficit hídrico durante o ano, os ritmos foliares se mantiveram assazonais, com hábito foliar sempre-verde. Nossos resultados mostraram também que a espécie apresenta atividades reprodutivas sazonais concentradas principalmente durante as épocas do ano de maior comprimento do dia e de maior temperatura média mensal. Os resultados mostraram concordância com os dados apresentados por Machado et al. (2020) em indivíduos cultivados no Banco de Germoplasma de Mangaba da Embrapa Tabuleiros Costeiros e também por Almeida et al. (2018) e Pilon et al. (2015) no Cerrado.

Entretanto não houve diferença na intensidade das fenofases reprodutivas, com produção de frutos semelhante nas duas regiões, confirmando o estudo de Campos et al. (2018), que tampouco encontraram diferenças entre as intensidade das fenofases reprodutivas em populações de *H. speciosa* distribuídas por fitofisionomias diferentes no estado do Ceará, o que mostra que *H. speciosa* tende a exibir as fenofases nos mesmos períodos do ano ao longo de sua extensa zona de ocorrência natural, com o início das atividades fenológicas (brotamento, botões florais, flores e frutos imaturos) durante o final do período seco (meses de agosto e setembro), o amadurecimento de frutos no período de máxima temperatura média mensal e a queda foliar ocorrendo nos meses mais frios e de menor comprimento do dia.

As diferenças entre as fenofases reprodutivas de populações de Cerrado e do litoral do nordeste, sustentadas por Mota e Santos (2008), Lima e Scariot (2010), Pereira et al. (2016) e Silva Júnior et al. (2018), devem ser vistas com cautela, pois somente foram verificadas em uma análise mais profunda pela ausência de coincidência das datas médias das fenofases, ocorrendo de maneira adiantada na Chapada Diamantina em relação à Zona Costeira. Porém, a moderada sazonalidade com amplos desvios padrão angulares aponta para a sobreposição das fenofases e as intensidades estatisticamente iguais das fenofases floração, frutos imaturos e frutos maduros sugerem que as diferenças reprodutivas nas duas regiões não se sustentem. Estudos sobre variações no comportamento fenológico entre populações e seus habitats podem ajudar a explicar a variabilidade

fenológica como um fator de sobrevivência em diferentes ambientes e o papel dos fatores abióticos sobre a fenologia (SANTOS et al., 2020; COSTA et al., 2021).

As intensidades registradas sugerem que as condições ambientais da Zona Costeira possam ser mais favoráveis ao desenvolvimento de *H. speciosa* do que as verificadas da Chapada Diamantina. Isto pode ser afirmado pelo maior número de registros das fenofases e desvios padrão angulares mais amplos. A única exceção é observada pela fenofase queda foliar, que apresenta maior amplitude e intensidade na Chapada Diamantina, o que reforça esta observação. Estas diferenças quantitativas podem ser parcialmente explicadas pelas diferenças nos atributos do solo, particularmente os valores de saturação por bases (V%) e de saturação por alumínio (m%) entre os solos das duas regiões. Resultados que associam melhores condições de solo a fenodinâmicas mais produtivas também foram obtidos por Cardoso et al., (2012) ao se comparar o comportamento das fenofases sobre solos quimicamente distintos, evidenciando a importância da influência da fertilidade do solo na regulação da fenologia de plantas (AREND et al., 2015).

Estudos realizados em ambientes tropicais têm atenção concentrada na influência da precipitação sobre a fenologia de plantas, porém fotoperíodo, temperatura e radiação solar, apesar de negligenciados, estão entre os principais desencadeadores fenológicos (MENDOZA et al., 2017). Cortés-Flores et al. (2013), Borchert et al. (2014), Garcia et al. (2017) e Ávila et al (2022) enfatizaram a importância da temperatura, fotoperíodo e radiação global como elementos condutores da fenologia, principalmente em situações em que não há restrições hídricas para as plantas. Costa e Silva (2013) e Almeida et al. (2018) verificaram a existência de correlação significativa entre as variáveis abióticas (precipitação e umidade relativa) e a fenodinâmica de mangaba, possivelmente devido ao fato de que no Brasil Central a ocorrência de chuvas coincida com a primavera e verão. Porém, nossos modelos identificaram a influência do fotoperíodo e da temperatura sobre a expressão das fenofases, sem interferência significativa da precipitação ou umidade do ar. Isto sugere que para *H. speciosa*, as fenofases podem se manifestar nos mesmos períodos do ano, independentemente do desempenho do regime pluviométrico local.

Quanto às características dos solos, nossos resultados permitiram a compreensão de que apesar dos baixos valores em termos de nutrientes, há diferenças importantes quando se observa que a maior concentração de alumínio nos solos da Chapada Diamantina provoca uma alta saturação por este elemento em níveis de toxidez, o que leva à carência de outros elementos nutricionais, causando o baixo valor de saturação por bases e mais alta acidez do solo nesta região. Estes fatores

representam situações menos favoráveis para o desenvolvimento da espécie na Chapada Diamantina, podendo resultar em menores intensidades ou menor duração de determinadas fenofases mais dependentes de nutrientes. Além da baixa fertilidade, os solos nas duas regiões monitoradas apresentam baixa capacidade de retenção de água, fatores determinantes para a estruturação das fitofisionomias estudadas (MELO JÚNIOR; BOEGER, 2015; FUNCH et al., 2021). Portanto, *H. speciosa* necessita de estratégias especiais para otimizar o uso da água e desempenhar as funções fisiológicas associadas à fenologia, pois as características físicas do solo em suas zonas de ocorrência no estado da Bahia não garantem a presença de umidade ao longo de todo o ano, com períodos mais ou menos longos de escassez.

Borchert (1994) afirma que a fenologia e distribuição de plantas em ambientes sazonais secos está intimamente relacionada com a capacidade de armazenamento de água na madeira, que por sua vez apresenta correlação negativa com sua densidade relativa (BUCCI et al., 2004; COLGAN et al., 2014), o que permite que espécies com madeira menos densa iniciem o brotamento e floração ainda durante a estação seca. Vale et al. (2002), Jati et al. (2014), Silva et al. (2015) mostraram que espécies típicas de ambientes neotropicais savânicos apresentam valores para a densidades da madeira considerados baixos a médios (CORADIN et al., 2010), porém a literatura a respeito da densidade da madeira de *H. speciosa* ainda é escassa. Silva et al. (2018) encontrou valores de entre 0.37g/cm³ e 0.47g/cm³ para a densidade da madeira de *H. speciosa* e Lorenzi (2008) afirma que a espécie possui madeira leve e esponjosa, enquanto Silva et al. (2017) indicaram o uso da madeira de *H. speciosa* para a produção de papel, reforçando os baixos valores para a densidade já que madeiras mais indicadas para a produção de papel apresentam densidade entre 0,40 e 0,65 g/cm³ (RESQUIN et al., 2006; DIAS; SIMONELLI 2013).

Para que espécies de ambientes savânicos exibam homeostase mesmo sob déficit hídrico e potencial hídrico semelhante durante estações úmidas e secas (BUCCI et al., 2005) são necessários mecanismos compensatórios para melhorar o fornecimento de água às folhas, sendo que o armazenamento hídrico no caule desempenha um papel dominante na regulação do uso da água e na limitação de situações de desequilíbrio hídrico (SCHOLZ et al., 2007). Estas relações funcionais compartilhadas por espécies de savana, baseadas na densidade da madeira, podem haver sido sujeitas a pressões seletivas similares, resultando em convergência funcional na arquitetura hidráulica e no uso da água característico por estas espécies (BUCCI et al., 2004).

O adiantamento na expressão das fenofases observado na Chapada Diamantina já foi relatado em plantas cultivadas em associação a situações de déficit hídrico, como resultado da aceleração de processos fisiológicos e da biossíntese de compostos metabólicos (MEIRELES et al., 2009; CHAVES et al., 2010; CASTELLARIN et al., 2015; SHAVRUKOV et al., 2017). Estudos propuseram a habilidade de plantas em fixar os efeitos de situações de estresses a partir da acumulação de proteínas regulatórias, fatores de transcrição e metabólitos protetores, além de modificações epigenéticas e morfológicas. Esta memória, fixada após ocorrências cíclicas de estresses ecológicos ao longo da história evolutiva da planta, como a ocorrência de déficit hídrico, pode resultar em uma resposta mais rápida, além de maior tolerância a novas ocorrências do fator estressante (WALTER et al., 2013; CHARRIER et al., 2021). As adaptações fenológicas em *H. speciosa* na Chapada Diamantina podem ser respostas ecofisiológicas ao déficit hídrico recorrente, resultantes deste efeito memória.

O armazenamento e uso da água por *H. speciosa* var. *speciosa* pode ser o traço funcional que permite que as subpopulações brotem, floresçam e frutifiquem estimuladas principalmente pelo fotoperíodo e temperatura, com ou sem a ocorrência simultânea de chuvas. Na Chapada Diamantina, a adoção do hábito semidecíduo pode ser a característica que permite que, brevemente adiantadas, as subpopulações apresentem fenologias com intensidades semelhantes à Zona Costeira, mesmo sob a influência do clima semiárido, em situações de déficit hídrico e menor fertilidade do solo. O longo período de floração e frutificação verificados confirmam *Hancornia speciosa* como uma espécie chave na manutenção da estrutura de suas comunidades por garantir uma extensa oferta de recursos para a fauna e também para o ser humano.

Conforme discutido por Campos et al. (2018), há uma clara importância na descrição dos ritmos fenológicos de *H. speciosa* e suas correlações com os fatores ambientais para o planejamento das atividades extrativas, visando a manutenção da complementação de renda para grupos de mulheres catadoras de mangaba no Nordeste do Brasil. O reconhecimento dos ritmos fenológicos e suas causas e flutuações é parte do aprofundamento do processo de domesticação de plantas proposto por Gonzáles-Insuasti e Caballero (2007).

Entretanto, pesquisas verificaram que mudanças nos padrões fenológicos de plantas estão entre os primeiros efeitos das mudanças climáticas (CORLETT; LAFRANKIE 1998) podendo afetar a disponibilidade de recursos e a permanência de populações e sistemas socioeconômicos dependentes do extrativismo (KUNWAR et al., 2014; MAIKURI et al., 2017; IBE 2018;

GURUNG et al., 2021). Por outro lado, plantas não cultivadas apresentam maior resistência em relação aos produtos agrícolas, representando uma alternativa viável para a subsistência (TIEMINIE et al., 2021), o que em uma análise mais profunda acarretaria maior pressão de competição pelo recurso sobre as comunidades extrativistas originais.

Ademais, estudos têm mostrado que as alterações climáticas provocam tanto o aumento do número de gerações de insetos fitófagos ao longo do ano quanto da taxa de predação de folhas e flores (TOBIN et al., 2008; JACQUES et al., 2019). O aumento da assincronia entre plantas e seus polinizadores e entre insetos fitófagos e seus predadores também têm sido registrada com mais frequência ampliando a pressão sobre espécies vegetais (BEZERRA et al., 2019; URBANEJA-BERNAT et al., 2019; HAMANN et al., 2020). O surgimento de novos fitopatógenos e o agravamento dos impactos de doenças pré-existentes provocados pelo aquecimento global também tem o potencial de prejudicar a segurança alimentar de populações ao redor do mundo e tem sido cada vez mais relatados (AVILA-QUEZADA et al., 2018; JUROSZEK et al., 2019; RISTAINO et al., 2020).

Estes, entre outros impactos das mudanças climáticas, se somam às diversas pressões sobre as comunidades catadoras de mangaba do Nordeste do Brasil já relatadas anteriormente por Rocha et al. (2015), Rodrigues et al. (2017) e por Silva Júnior et al. (2018) marginalizando ainda mais a atividade e as famílias que dela dependem. Historicamente afastadas da tomada de decisão sobre o uso e ocupação do solo, assim como sobre ações de mitigação aos efeitos das mudanças climáticas, estas comunidades passaram a adotar estratégias para seu empoderamento (SILVA JÚNIOR et al., 2020), especialmente direcionadas para as mulheres catadoras de mangaba.

O monitoramento das fenofases, do ataque de predadores e da incidência de doenças, além da identificação de suas flutuações devem se somar saberes envolvidos no manejo, por fornecerem argumentos importantes que fortalecem o processo de reapropriação social da natureza como bem comum discutido por Schmitz et al., (2009) e por Melo e Souza e Costa (2011) devendo fazer parte dos arranjos locais para a gestão da atividade de coleta de mangaba. Estas informações podem subsidiar ações empoderadoras ao munir as comunidades extrativistas de argumentos necessários para as discussões envolvendo os riscos dos impactos antrópicos ao manejo sustentável de *Hancornia speciosa* e à própria permanência humana.

O estudo apresentado trouxe à luz a aptidão de *H. speciosa* em conservar seus padrões fenodinâmicos em ambientes com disponibilidades hídricas contrastantes, mostrando que a espécie

detêm alta capacidade de adaptação a situações ambientais diferentes. Isto ressalta a necessidade de incentivo a iniciativas de manejo sustentável e conservação desta espécie por representar, além de importante recurso vegetal, um modelo para estudos sobre adaptações às mudanças climáticas.

REFERÊNCIAS

- ABERNETHY, K. et al. Current issues in tropical phenology: a synthesis. **Biotropica**. 2018.
- ALBERTON, B. et al. Introducing digital cameras to monitor plant phenology in the tropics: applications for conservation. **Perspectives in ecology and conservation**. 2017.
- ALMEIDA, E. S. A. et al. Fenologia de *Hancornia speciosa* Gomes (Apocynaceae) em Montes Claros de Goiás, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**. Centro Científico Conhecer – Goiânia. 2018.
- ALMEIDA, L. M. et al. State of the art of scientific literature on *Hancornia speciosa*: trends and gaps. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, SP. 2016.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**. 2014.
- ARAÚJO, L. D. A. et al. Fenologia reprodutiva, biologia floral e polinização de *Allamanda blanchetii*, uma Apocynaceae endêmica da Caatinga. **Brasilian Journal of Botany**. 2011.
- ÁVILA, M. A. et al. Temperature as the main factor affecting the reproductive phenology of the dioecious palm *Mauritiella armata* (Arecaceae). **Acta Botanica Brasilica**. 2022. doi.org/10.1590/0102-33062021abb0111
- ÁVILA-QUEZADA, G. D. et al. Emerging plant diseases under a changing climate scenario: Threats to our global food supply. **Emirates Journal of Food and Agriculture**. 2018. doi: 10.9755/ejfa.2018.v30.i6.1715
- AZEVEDO, L.M.G. (coord.). Zoneamento Ecológico-Econômico da Área de Proteção Ambiental das Lagoas e Dunas de Abaeté. Salvador. **Seplantec/Conder**, Salvador. 1997.
- BATSCHULET, E. Recent statistical methods for orientation data. **Computer Science**, 1972. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Recent-statistical-methods-for-orientation-data-Batschelet/24f6ca9af83ff55100b882b5b4084f41055d70e6>. Acesso em 12 out. 2021.
- BENCKE, C. S. C.; MORELLATO, P. C. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. **Revista Brasileira de Botânica**, Rio de Janeiro, 2002.

BEZERRA, A. D. M., Agricultural area losses and pollinator mismatch due to climate changes endanger passion fruit production in the Neotropics. **Agricultural Systems**. 2019. doi:10.1016/j.agsy.2018.12.002

BORCHERT, R. et al. Insolation and photoperiodic control of tree development near the equator. **New Phytologist**. 2014.

BORCHERT, R. Soil and Stem Water Storage Determine Phenology and Distribution of Tropical Dry Forest Trees. **Ecology**. 1994. Disponível em: <https://www.ltrr.arizona.edu/~jburns/Articles%20-Read/rolf.pdf>

BUCCI, S. J. et al. Functional convergence in hydraulic architecture and water relations of tropical savanna trees: from leaf to whole plant. **Tree Physiology**. 2004. Disponível em: <https://academic.oup.com/treephys/article/24/8/891/1670327?login=false>

BUISSON, E. et al. Plant phenological research enhances ecological restoration. **Restoration Ecology**. 2016.

CAMPOS, L. Z. Use of local ecological knowledge as phenology indicator in native food species in the semiarid region of Northeast Brazil. **Ecological Indicators**. 2018. doi:10.1016/j.ecolind.2018.07.016

CARDOSO, F. C. G. et al. Stem growth and phenology of two tropical trees in contrasting soil conditions. **Plant Soil**. 354:269–281. 2012. DOI 10.1007/s11104-011-1063-9

CASTELLARIN, S. D. et al. Water deficits accelerate ripening and induce changes in gene expression regulating flavonoid biosynthesis in grape berries. **Planta**. 227:101–112. 2007. DOI 10.1007/s00425-007-0598-8

CHARRIER, G. et al. Interaction of drought and frost in tree ecophysiology: rethinking the timing of risks. **Annals of Forest Science**. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13595-021-01052-5>

CHAVES, M. M. et al. Grapevine under deficit irrigation: hints from physiological and molecular data. **Annals of Botany**. 2010. doi:10.1093/aob/mcq030.

- CHRISTIANINI, A. V. Fecundidade, dispersão e predação de sementes de *Archontophoenix cunninghamiana* H. Wendl.; Drude, uma palmeira invasora da Mata Atlântica. **Brazilian Journal of Botany**. 2006.
- COLGAN, M. S., et al. Structural relationships between form factor, wood density, and biomass in African savanna woodlands. **Trees**. 2014. DOI 10.1007/s00468-013-0932-7
- COLLEVATTI, R. G. et al. Unravelling the genetic differentiation among varieties of the Neotropical savanna tree *Hancornia speciosa* Gomes. **Annals of Botany**. 2018.
- CONCEIÇÃO, A. A., FUNCH, L. S.; PIRANI, J. R. Reproductive phenology, pollination and seed dispersal syndromes on sandstone outcrop vegetation in the “Chapada Diamantina”, northeastern Brazil: population and community analyses. **Brazilian Journal of Botany**. 2007.
- CORADIN, V. T. R. et al. Madeiras comerciais do Brasil: chave interativa de identificação baseada em caracteres gerais e macroscópicos. **Serviço Florestal Brasileiro**. Brasília, 2010.
- CORLETT, R. T.; LAFRANKIE, Jr., J. V. **Climatic Change**, 1998. doi:10.1023/a:1005328124567
- CORREIA-LIMA, A. P. A. et al. Spatio-temporal effects of climate change on the geographical distribution and flowering phenology of hummingbird-pollinated plants. **Annals of Botany**. 2019.
- CORTÉS-FLORES, J. et al. Fruiting phenology of seed dispersal syndromes in a Mexican Neotropical temperate forest. **Forest Ecology and Management**. 2013.
- COSTA, C. B. N. et al. Biologia reprodutiva de espécies simpátricas de Malpighiaceae em dunas costeiras da Bahia, Brasil. **Brazilian Journal of Botany**. 2006.
- COSTA, t. m. et al. Phenological dynamics of *Croton heliotropiifolius* populations in a savanna/caatinga gradient, Chapada Diamantina, Brazil. **Rodriguésia**. 2021. <https://doi.org/10.1590/2175-7860202172130>
- COSTA e SILVA, S. M. Caracterização agrônômica de variedades botânicas de *Hancornia speciosa* Gomes do cerrado. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Goiás. Goiania 2013. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/3378/5/Tese%20->

[%20Sandra%20Mascimo%20da%20Costa%20e%20Silva%20-%20Agronomia.pdf](#). Acesso em: 08 Jun. 2020.

DIAS, O. A.; SIMONELLI, G. Qualidade da madeira para a produção de celulose e papel. **Enciclopédia Biosfera**. 2013. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2013b/MULTIDISCIPLINAR/qualidade%20da%20madeira.pdf>

DONAGEMA, G. K. et al. Manual de métodos de análise de solos. **Embrapa Solos**. 2011. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/990374/1/ManualdeMtdosdeAnilisedeSolo.pdf> .

FERNANDES, V. O. et al. Análise socioambiental a partir dos zoneamentos ecológico econômico da Área de Proteção Ambiental das Lagoas e Dunas do Abaeté. **Revista GeoUERJ**. 2015.

FLORA e FUNGA DO BRASIL. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 13 jan. 2022

FLORES, I. S. et al. HR-MAS NMR Allied to Chemometric on *Hancornia speciosa* Varieties Differentiation. **Journal of the Brazilian Chemical Society**. 2018.

FUNCH, L. S. et al. (2021) Floristics, phytosociology and biogeography of capitinga vegetation in a white sand habitat in the Chapada Diamantina Mountains, Brazil. **Rodriguésia**. 2021. Available from: <https://www.scielo.br/j/rod/a/b8TyD7yD9NsxCCystwcvD5J/?format=pdf&lang=en>. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860202172126>.

FUNCH, L.S., RODAL, M.J.N.; FUNCH, R.R. Floristic aspects of forests of the Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. In: THOMAS, W.; BRITTON, E.G. (eds) **The coastal forests of Northeastern Brazil**. Springer and NYBG Press, New York. 2008.

FUNCH, R. R., HARLEY, R. M.; FUNCH, L. S. Mapping and evaluation of the state of conservation of the vegetation in and surrounding the Chapada Diamantina National Park, NE Brazil. **Biota Neotropica**. 2009. Disponível em: <HTTP://www.biotaneotropica.org.br/v9n2/en/abstract?article+bn00209022009>.

GARCIA, L. C., BARROS, F. V., LEMOS-FILHO, J.P. Environmental drivers on leaf phenology of ironstone outcrops species under seasonal climate. **Annals of the Brazilian Academy of Sciences**. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201720150049>

GARCIA, L. C., BARROS, F. V., LEMOS-FILHO, J.P. Fructification phenology as an important tool in the recovery of iron mining areas in Minas Gerais, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**. 2009

GONZÁLEZ-INSUASTI, M. S.; CABALLERO, J. Managing Plant Resources: How Intensive Can it be? **Hum Ecol**. 35:303–314. 2007 DOI 10.1007/s10745-006-9063-8

GURUNG, L. J. et al. Climate change adaptation for managing non-timber forest products in the Nepalese Himalaya. **Science of The Total Environment**. 2021. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.148853

IBE, G. O. Climate variation, its impact on non-timber forest products and livelihood of Ohafia People, Abia State Nigeria. **Global Journal of Agricultural Sciences**. 2018. doi:10.4314/gjass.v17i1.11

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Reunião Estadual das Estatísticas Agropecuárias**. Salvador, 2020.

JACQUES, J. et al. Climate change and voltinism of *Mythimna sequax*: the location and choice of phenological models matter. **Agricultural and Forest Entomology**. 2019. doi:10.1111/afe.12350

JUROSZEK, P. Overview on the review articles published during the past 30 years relating to the potential climate change effects on plant pathogens and crop disease risks. **Plant Pathology**. 2019. doi:10.1111/ppa.13119

KALLARACKAL, J.; RENUKA, R. Phenological Implications for the Conservation of Forest Trees. In: Kapoor, R. et al. (eds). **Plant Reproductive Biology and Conservation**. I.K. International Publishing House, New Delhi. 2015.

KUNWAR, R. M. et al. Medicinal Plants and Ethnomedicine in Peril: A Case Study from Nepal Himalaya. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**. 2014. doi:10.1155/2014/792789

LÉDO, A. S. et al. **A cultura da mangaba**. Coleção Plantar n°. 73. Brasília. 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165360/1/PLANTAR-MANGABA-ed01-2015-MIOLO.pdf>

LIMA, R. L. S. et al. Redistribuição de nutrientes em folhas de pinhão-mansão entre estádios fenológicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. vol.15 no.11 Campina Grande Nov. 2011.

LIMA, I. L. P., SCARIOT, A. Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável da Mangaba. **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**. Brasília, 2010.

LORENZI, H. Árvores Brasileiras. Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. **Instituto Plantarum de Estudos da Flora**. 2008.

MACHADO, C. A. et al. Fenologia de acessos do Banco de Germoplasma de mangaba da Embrapa Tabuleiros Costeiros. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 154. **Embrapa Tabuleiros Costeiros**. 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/219048/1/BP-154-20-Ana-Ledo-v1.pdf>

MACHADO, S. M. et al. Fenologia da frutificação de espécies vegetais nativas e a restauração florestal no arquipélago de Fernando de Noronha, PE, Brasil. **Hoehnea**. 2013.

MAIKHURI, R. K. et al. Assessment of Climate Change Impacts and its Implications on Medicinal Plants-Based Traditional Healthcare System in Central Himalaya, India. **Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science**. 2017. doi:10.1007/s40995-017-0354-2

MANTOVANI, A., MORELLATO, L. P. C.; REIS, M. S. Fenologia reprodutiva e produção de sementes em *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. **Brazilian Journal of Botany**. 2004.

MEIRELES, E. J. L. et al. Fenologia do Cafeeiro: Condições Agrometeorológicas e Balanço Hídrico do Ano Agrícola 2004–2005. **Embrapa Informação Tecnológica**. Brasília, DF. 2009

MELO E SOUZA, R; COSTA J. J. Gênero e espaço na apropriação fitogeográfica de *Hancornia speciosa* Gomes em Sergipe, Brasil. **Rev. Geogr. Acadêmica**. 2011. Disponível em: <https://biblat.unam.mx/hevila/Revistageograficaacademica/2011/vol5/no2/1.pdf>

- MELO JÚNIOR, J. C. F., BOEGER, M. R. T. Riqueza, estrutura e interações edáficas em um gradiente de restinga do Parque Estadual do Acaraí, Estado de Santa Catarina, Brasil. **Hoehnea**. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/2236-8906-40/2014>
- MENDOZA, I., PERES, C. A.; MORELLATO, L. P. C. Continental-scale patterns and climatic drivers of fruiting phenology: A quantitative Neotropical review. **Global and Planetary Change**. 2017.
- MENEZES, C. M. A vegetação de restinga no Litoral Norte da Bahia, influência da evolução quaternária da zona costeira: estudo de caso Fazenda Riacho das Flores, Mata de São João, Bahia. Dissertação de Mestrado. **Curso de Pós-Graduação em Geologia – UFBA**. 2007.
- MENEZES, L. A. Caracterização da Paisagem do Baixo Curso do Rio Itapicuru, Conde/Bahia. **Sitientibus**. 2015.
- MILLA, R. et al. Environmental constraints on phenology and internal nutrient cycling in the mediterranean winter-deciduous shrub *Amelanchier ovalis* Medicus. **Plant Biology**. 2005.
- MONACHINO, J. A Revision of *Hancornia* (Apocynaceae). **Lilloa**. 1945.
- MORAES, A. C. S. et al. Leaf phenology and morphofunctional variation in *Myrcia amazonica* DC. (Myrtaceae) in gallery forest and “campo rupestre” vegetation in the Chapada Diamantina, Brazil. **Brazilian Journal of Botany**. 2017. doi:10.1007/s40415-016-0348-x
- MORELLATO, L. P. C. et al. Linking plant phenology to conservation biology. **Biological Conservation**. 2016.
- MORELLATO, L. P. C. et al. A Review of Plant Phenology in South and Central America. In: Schwartz M. (eds) **Phenology: An Integrative Environmental Science**. Springer, Dordrecht. 2013.
- MORELLATO, L. P. C.; ALBERTI, L. F.; HUDSON, I. L. Applications of circular statistics in plant phenology: a case studies approach. In: HUDSON, I. L.; KEATLEY, M. **Phenological research: methods for environmental and climate change analysis**. 1. ed. Dordrecht: Springer, 2010.

MOTA, D. M.; SANTOS J. V. Uso e conservação dos remanescentes de mangabeira por populações extrativistas em Barra dos Coqueiros, Estado de Sergipe. **Acta Scientiarum. Humane Social Science**, 2008.

NADIA, T. L. et al. Fenologia reprodutiva e sistema de polinização de *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae): atuação de *Apis mellifera* e de visitantes florais autóctones como polinizadores. **Acta Botanica Brasilica**. 2007.

NEWSTROM, L.E. et al. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rainforest trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica**. 1994.

OLIVEIRA D. M. et al. Coletânea bibliográfica acadêmica sobre a mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes). **Gaia Scientia**. 2017.

OLIVEIRA, K. S.; ALOUFA, M. A. I. Knowledge, use, and management of mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) by extrativist communities on the coast of Rio Grande do Norte, Northeast Brazil. **Acta Botanica Brasilica**. 2021. doi: 10.1590/0102-33062020abb0108.

PENHALBER, E. F.; MANTOVANI. W. Floração e chuva de sementes em mata secundária em São Paulo, SP. **Brazilian Journal of Botany**. 1997.

PEREIRA A. V. et al. Mangaba. In: VIEIRA et al. (Ed.) **Frutas nativas da Região Centro-Oeste do Brasil**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. 2006. Disponível em: http://www.agabrasil.org.br/Dinamicos/livro_frutas_nativas_Embrapa.pdf. Acesso em: 24 Jan. 2020.

PEREIRA A. V., et al. *Hancornia speciosa* Mangaba. In: **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Centro-Oeste**. Brasília, DF: MMA, 2016.

PILON, N. A. L et al. Padrões fenológicos de 111 espécies de Cerrado em condições de cultivo. **Hoehnea**. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/2236-8906-07/2015>

PINTO, A. M. et al. Fenologia reprodutiva de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd (Fabaceae) em duas áreas de floresta na Amazônia Central. **Acta Amazônica**. 2008.

PREVÉY, J. S.; PARKER, L. E.; HARRINGTON, C. A. Projected impacts of climate change on the range and phenology of three culturally important shrub species. **PLOS One**. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232537>

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. 2020. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

RESQUIN, F. et al. Wood quality for kraft pulping of Eucalyptus globulus origins planted in Uruguay. **Scientia Forestalis**. 2006. Disponível em: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/13379/1/RESQUIN-2006.pdf>

REYS, P. et al. Fenologia reprodutiva e disponibilidade de frutos de espécies arbóreas em mata ciliar no rio Formoso, Mato Grosso do Sul. **Biota Neotropica**. 2005.

RISTAINO, J. B. et al. The persistent threat of emerging plant disease pandemics to global food security. **PNAS**. 2021. <https://doi.org/10.1073/pnas.2022239118>

ROCHA, M. M. L. et al. Conflitos em torno do extrativismo da mangaba em Sergipe: o caso do Povoado Pontal. **Fragmentos de Cultura**. 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/135042/1/Dalva2015.pdf>

RODRIGUES, R. F. A. et al. Mapa do extrativismo da mangaba em Sergipe: situação atual e perspectivas. Embrapa, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1085370/mapa-do-extrativismo-da-mangaba-em-sergipe-situacao-atual-e-perspectivas>

SAN MARTIN-GAJARDO, I.; MORELLATO, L. P. C. Fenologia de Rubiaceae do sub-bosque em floresta Atlântica no sudeste do Brasil. **Brazilian Journal of Botany**. 2003. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042003000300003>.

SANTOS, M. G. M. et al. Drought responses and phenotypic plasticity of *Maprounea guianensis* populations in humid and dry tropical forests. **Rodriguésia**. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860202172077>

SANTOS, S. B., PEDRALLI, G.; MEYER, S. T. Aspectos da fenologia e ecologia de *Hedychium coronarium* (Zingiberaceae) na estação ecológica do Tripuí, Ouro Preto-MG. **Planta Daninha**. 2005.

SANTOS, W. R. Vulnerabilidade ambiental na APA Litoral Norte do estado da Bahia, entre os rios Pojuca e Imbassá – município de Mata de São João. Dissertação de Mestrado. **Programa de Pós-Graduação em Geografia – UFBA**. Salvador, 2017.

SCHMITZ, H. et al. Gestão coletiva de bens comuns no extrativismo da mangaba no nordeste do Brasil. **Ambiente & Sociedade**. 2009. doi:10.1590/s1414-753x2009000200005

SHAVRUKOV, Y. et al. Early flowering as a drought escape mechanism in plants: how can it aid wheat production? **Front. Plant Sci.** 17. 2017 <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01950>

SHOLZ, F. G. et al. Biophysical properties and functional significance of stem water storage tissues in Neotropical savanna trees. *Plant, Cell and Environment*. 2007. doi: 10.1111/j.1365-3040.2006.01623.x

SILVA, C. J. et al. Densidade básica da madeira de espécies arbóreas de Cerradão no estado de Tocantins. **Brazilian Journal of Forestry Research**. 2015. doi: 10.4336/2015.pfb.35.82.822

SILVA, L. B. et al. Diversidade madeireira das dunas de Abaeté: uma análise da anatomia do lenho e potencial econômico. In: NUNES, J. M. C.; MATOS, M. R. B. (Org.). **Litoral Norte da Bahia. Caracterização Ambiental, Biodiversidade e Conservação**. Edufba. 2017.

SILVA, J. Z.; REIS, M. S. FENOLOGIA REPRODUTIVA E PRODUÇÃO DE FRUTOS EM *Euterpe edulis* (Martius). **Ciência Florestal**. 2018.

SILVA, V. P. G. et al. Densidade básica da madeira em diferentes posições da árvore de espécies arbóreas de cerrado. V Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG. **Universidade Estadual de Goiás**. 2018.

SILVA JÚNIOR, J. F. et al. Importância da tecnologia social “Estratégias para o empoderamento de mulheres catadoras de mangaba em Sergipe. **Embrapa Tabuleiros Costeiros**. 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/225381/1/DOC-238-20-Embrapa-Tabuleiros-Costeiros.pdf>

SILVA JÚNIOR, J. F. et al. Áreas remanescentes e extrativismo da mangaba no estado de Pernambuco. **Embrapa**. 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1101229/areas-remanescentes-e-extrativismo-da-mangaba-no-estado-de-pernambuco>

SILVA JÚNIOR, J. F. et al. *Hancornia speciosa* Mangaba. In: CORADIN, L. et al. (Ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Nordeste**. Série Biodiversidade 51. Brasília, DF: MMA, 2018. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/publicacoes/biodiversidade/category/142-serie-biodiversidade.html>>, Acesso em: 20 Jan. 2020.

SILVA JÚNIOR, J. F. et al. **Mangaba *Hancornia speciosa* Gomes**. Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA), 2017. Disponível em: http://www.procisur.org.uy/adjuntos/procisur_mangaba_476.pdf. Acesso em: 23 Jan. 2020.

SOUZA, I. M. et al. Estratégias fenológicas de Senna cana (Nees; Mart.) H.S. Irwin; Barneby (Fabaceae: Caesalpinioideae) como mecanismo eficiente para atração de polinizadores. **Acta Botanica Brasilica**. 2012.

TIEMINIE, R. N. et al. “Non-timber forest products and climate change adaptation among forest dependent communities in Bamboko forest reserve, southwest region of Cameroon.” **Environmental Systems Research**. 2021. 10(1). doi:10.1186/s40068-020-00215-z

TOBIN, P. C. et al. Historical and projected interactions between climate change and insect voltinism in a multivoltine species. **Global Change Biology**. 2008. doi:10.1111/j.1365-2486.2008.01561.x

URBANEJA-BERNAT, P. et al. Can interactions among predators alter the natural regulation of an herbivore in a climate change scenario? The case of *Tetranychus urticae* and its predators in citrus. **Journal of Pest Science**. 2019. doi:10.1007/s10340-019-01114-8

VALE, A. T. et al. Quantificação e caracterização energética da madeira e casca de espécies do cerrado **Ciência Florestal**. 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/WWfFVSvrLhYnRJ3FPn5prs/?format=pdf&lang=pt>

VIANA, B. F., et al. A flora apícola de uma área restrita de dunas litorâneas, Abaeté, Salvador, Bahia. **Brasilian Journal of Botany**. 2006.

VIEIRA, E. M.; IOB, G. Dispersão e Predação de Sementes da Araucária (*Araucaria angustifolia*). In: **Floresta de Araucária: Ecologia, Conservação e Desenvolvimento Sustentável** (Fonseca, C. R.; Souza, A. F., Leal-Zanchet, A. M.; Dutra, T.; Backes, A.; Ganade, G., Eds.). Editora Holos. Ribeirão Preto, SP. Brasil. 2009.

WALTER, J. et al. Ecological stress memory and cross stress tolerance in plants in the face of climate extremes. **Environmental and Experimental Botany**. 2013. Disponible em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0098847212000482?via%3Dihub>

WILLIAMS-LINERA, G. Leaf Dynamics in a Tropical Cloud Forest: Phenology, Herbivory, and Life Span. **Selbyana**, 1999.

WILLIAMS-LINERA, G.; MEAVE, J.A. Patrones fenológicos de bosque lluvioso neotropical de bajura. In **Ecología de bosques lluviosos Neotropicales** (M. Guarajuata; G. Kattan, eds.). Libro Universitario Regional, Costa Rica. 2002.

ZAR, J. H. Biostatistical Analysis. 5th Edition, **Prentice-Hall/Pearson**, Upper Saddle River. 2010.

CAPÍTULO 2

PRE-DISPERSAL PREDATION IN *Hancornia speciosa* GOMES (APOCYNACEAE)²

² Artigo submetido para publicação no periódico científico **Plant Ecology**.

RESUMO

A predação em pré-dispersão pode variar entre diferentes populações de plantas, frequentemente causando redução no número de sementes viáveis podendo impactar negativamente a capacidade de estabelecimento de novos indivíduos. *Hancornia speciosa* var. *speciosa* Gomes (Apocynaceae), popularmente conhecida como mangabeira, é uma árvore nativa do Brasil, com ampla distribuição por ambientes savânicos, principalmente formações do Cerrado e restingas litorâneas. Seus frutos comestíveis são largamente coletados e representam complementação de renda para milhares de famílias. Muitos frutos murcham durante o desenvolvimento, permanecendo aderidos à planta mãe por muito tempo. Nós monitoramos, durante 24 meses, seis subpopulações de *Hancornia speciosa* em duas regiões do estado da Bahia (Brasil) e investigamos se há correlação entre a predação de frutos imaturos e as variáveis ambientais. A predação pré-dispersão foi causada por *Asphondylia* sp (Cecidomyiidae), levando à murcha e ressecamento de frutos imaturos, com posterior colonização destes por *Hypothenemus obscurus* Fabricius. A predação em pré-dispersão chegou a 35.65% na Chapada Diamantina e foi influenciada pela temperatura e pela oferta de frutos imaturos. Na Zona Costeira o ataque de *Asphondylia* sp alcançou 47.22% e se correlacionou positivamente com fotoperíodo e temperatura. A predação em pré-dispersão em *H. speciosa* sugere a existência de um mecanismo de controle populacional, evitando o adensamento dos indivíduos da espécie nas populações monitoradas.

Pre-dispersal predation in *Hancornia speciosa* Gomes (Apocynaceae)

Vitor Alberto de Matos Pereira^{1*}, Carlos A.H. Flechtmann², Valéria Cid Maia³, Ligia Silveira Funch¹

¹ Laboratório de Flora e Vegetação, Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Feira de Santana, Av. Transnordestina, S/N, Novo Horizonte, Feira de Santana, BA 44036-900, Brazil

²Department of Plant Protection, FEIS/UNESP, Av. Brasil 56, 15385-000 Ilha Solteira, SP, Brazil

³Departamento de Entomologia, Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Quinta da Boa Vista, São Cristóvão, Rio de Janeiro, RJ, Brazil

*Corresponding author: vitordematos12@gmail.com – 55 71-98372-6453

ID ORCID: 0000-0002-8471-9850 (V. A. M. Pereira)

ID ORCID: 0000-0001-6693-3610 (C. A. H. Flechtmann)

ID ORCID: 0000-0001-9396-5618 (V. C. Maia)

ID ORCID: 0000-0001-7096-0187 (L. S. Funch).

Abstract: Pre-dispersal predation varies among plant species and populations, reducing the numbers of viable seeds. *Hancornia speciosa* Gomes (Apocynaceae), popularly known as mangabeira, is native to Brazil and is widely distributed in savanna and coastal restinga formations. Its edible fruits are harvested and generate income for thousands of families. During fruiting, many immature fruits wither. Here we present the causes of fruit withering and the association with environmental variables in populations in the Chapada Diamantina Highlands and the coast of Bahia State. Pre-dispersal predation by *Asphondylia* sp. led to withering and dessication of immature fruits, exacerbated by secondary predation by *Hypothenemus* sp. Pre-dispersal predation was correlated with the extent of immature fruit set and ambient temperature in the Chapada Diamantina; while at coastal sites, insect predation increased with photoperiod and temperature. Pre-dispersal predation would regulate population densities of *H. speciosa*.

Keywords: Cecidomyiidae, Scolytinae, environmental variables, mangaba, seasonality, gall

2.1 Introduction

Interactions between plants and their natural enemies, including pre-dispersal seed predators, are among the most common natural ecological interactions observed in nature, and they can affect the fitness of individual plants and the dynamics of their populations (Downey et al. 2020). Pre-dispersal seed predation reduces viable seed numbers (Crawley 2000) reducing its dispersal potential. Insects that prey on pre-dispersed seeds have to locate host plants while seeds are available (Rossi et al. 2011). Predatory invertebrates such as Coleoptera, Diptera, Hymenoptera, and Lepidoptera use seeds for shelter in which their larvae can develop, and such plant-animal interactions can be highly specialized (Janzen 1980; Kolb et al. 2007).

Pre-dispersal insect seed predators have the potential to influence the ecological and evolutionary dynamics of their hosts, as reductions in seed crop sizes limit individual fitness (Kolb et al. 2007). A large proportion of plant species are attacked by pre-dispersal seed predators, and the numbers of seeds damaged or destroyed can be substantial (Gripenberg 2018). By attacking mature and developing seeds, pre-dispersal insect seed predators drastically reduce plant fecundity and a species' survival (Hulme and Benkman 2002; Mezquida and Olano 2013). Individual plants have been observed to lose up to 90% of their seed crop to pre-dispersal seed predators (Crawley 2000), although the likely effect of reduced seed crops on plant population dynamics vary, they are generally poorly understood.

Native to Brazil, Paraguay, Bolivia, and Peru, *Hancornia speciosa* Gomes (Apocynaceae), popularly known as the mangabeira, is widely distributed in Brazil in savanna formations associated with sandy coastal plains (restinga) with well-drained nutrient-poor soils. It grows as a semideciduous heliophyte tree or shrub, produces abundant latex, and reaches heights of 15 m. *H. speciosa* produces oblong to elliptic fleshy berries or bacoid fruits 9 - 30 g. 2 - 6 cm diameter. Each fruit contains 3 to 22 seeds and comprises up to 91% pulp. The pulp has high concentrations of vitamins and minerals, antioxidant properties, and low caloric value (Flora do Brasil 2020; Silva et al. 2016; Silva Júnior et al. 2018; Pereira et al. 2016; Lederman et al. 2000).

Although technical guidelines for the genetic improvement and commercial cultivation of mangabeiras have been developed (Muniz et al. 2019; Ferreira and Marinho 2007; Lédo et al. 2015; Vieira Neto et al. 2002), almost all harvested fruits come from natural stands managed by traditional communities. Mangaba gatherers were responsible for harvesting 1,933 tons of fruit in

Brazil in 2020, with an estimated value of US\$966,852.00 (IBGE, 2021, December 31; 2020 currency). The popularity of the fruits has led to the development of local production chains, which have not been enough to halt deforestation of natural habitats of *H. speciosa*, especially those located on private property, where advances of agriculture and real estate projects have accelerated the process (Fajardo et al. 2018; Silva Júnior et al. 2017; Costa et al. 2015).

It has become increasingly necessary to support local harvesting arrangements with information and techniques that promote greater productivity and quality to ensure sustainability of extractive systems. Controlling attacks by predatory insects is important for increasing harvest yields and the quality of the fruits. Studies on *H. speciosa* have identified that aphids (*Aphis gossypii*), scale insects (*Coccus* sp; *Pseudaonidia* sp.), leaf-cutting ants (*Atta* sp.), caterpillars (*Erinnyis ello*, *Cocytius antaeus*), leaf footed bugs (*Theognis stigma*), Arapuá bees (*Trigona spinipes*), thrips (Thysanoptera), and fruit flies (Tephritidae and Lonchaeidae) (Silva et al. 2019; Léo et al. 2015; Pereira et al. 2006; Vieira Neto et al. 2002) that affect the productivity in both crop systems and natural populations.

The occurrence of pre-dispersal predation is recorded in multiple environments involving several organisms with potential to disrupt plant natural regeneration (Gautier-Hionet et al., 1993; Piatscheck et al., 2018; Jackson et al., 2022). Research has described the occurrence of pre-dispersal predation in non-timber forest products (Yirgu; Tsega 2015; Yirgu; Delvare 2019; Ferreira et al 2022) which requires the attention of traditional populations that depend on the management of these resources and the adoption of strategies to ensure the continuity of recruitment of new individuals.

Here we examine the period of mature fruit availability, the intensity of withered fruits, and the dynamics of fruiting and pre-dispersal predator interactions of *Hancornia speciosa* in northeastern Brazil. We hypothesized that mature fruit availability will be directly affected by the abundance of offered fruits, by interactions with pre-dispersal seed predators, and by environmental variables. We were also interested in determining the insect species causing fruit withering and those attacking the seeds

2.2 Materials and methods

Study area and target species

The present study was carried out in six populations of *Hancornia speciosa* var. *speciosa* (Table 1) growing in fine, deep, well-drained, white quartz sand soils, in Bahia State, Brazil. Three populations were located on sandy coastal plains (restinga vegetation) within the Atlantic Forest phytogeographic domain (Queiroz et al. 2017) (two in the municipality of Mata de São João and one in the municipality of Salvador). Three other populations were located in the municipality of Lençóis, in capitinga vegetation, within the Caatinga domain in the Chapada Diamantina highlands (Funch et al. 2021). The coastal region is under the climate classification Af, and the populations studied in the Chapada Diamantina region are under the climate Aw (Köppen, 1936, adapted by Alvares et al. 2013). *Hancornia speciosa* is widely distributed on sandy, nutrient poor and very well drained soils in savanna, coastal restinga, coastal plains, and cerrado in Brazil (Flora do Brasil 2020). It is a pioneer and heliophyte semideciduous tree or shrub, and can reach heights of 5-15 m. It produces oblong to elliptic bacoid fruits with masses between 9 and 30 grams, diameters between 2 and 6 cm, with up to 91% pulp, and 3 to 22 seeds (Silva et al, 2016).

Table 1: Geographic location of the *Hancornia speciosa* Gomes populations in sandy soil vegetation, in Bahia State, Brazil

Site	Environment	Vegetation type	Latitude	Longitude	m.a.s.l.*
1	Coast	Restinga	-12.924294°	-38.345788°	32
2	Coast	Restinga	-12.435781°	-37.945015°	31
3	Coast	Restinga	-12.438346°	-37.964066°	53
4	Chapada Diamantina	Capitinga	-12.350871°	-41.252855°	700
5	Chapada Diamantina	Capitinga	-12.463392°	-41.350049°	506
6	Chapada Diamantina	Capitinga	-12.543988°	-41.363839°	495

*: meters above sea level

Environmental variables

Rainfall, relative humidity, solar radiation, and temperature data were obtained from the National Institute of Meteorology online portal (<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>) from stations A401 (Salvador) for the Coast region and A425 (Lençóis) for the Chapada Diamantina region. The photoperiod was obtained from the Photoperiod Calculator site (<http://www.internetsv.info/PhotoPeriodC.html>). The environmental data are shown in the Table 1.

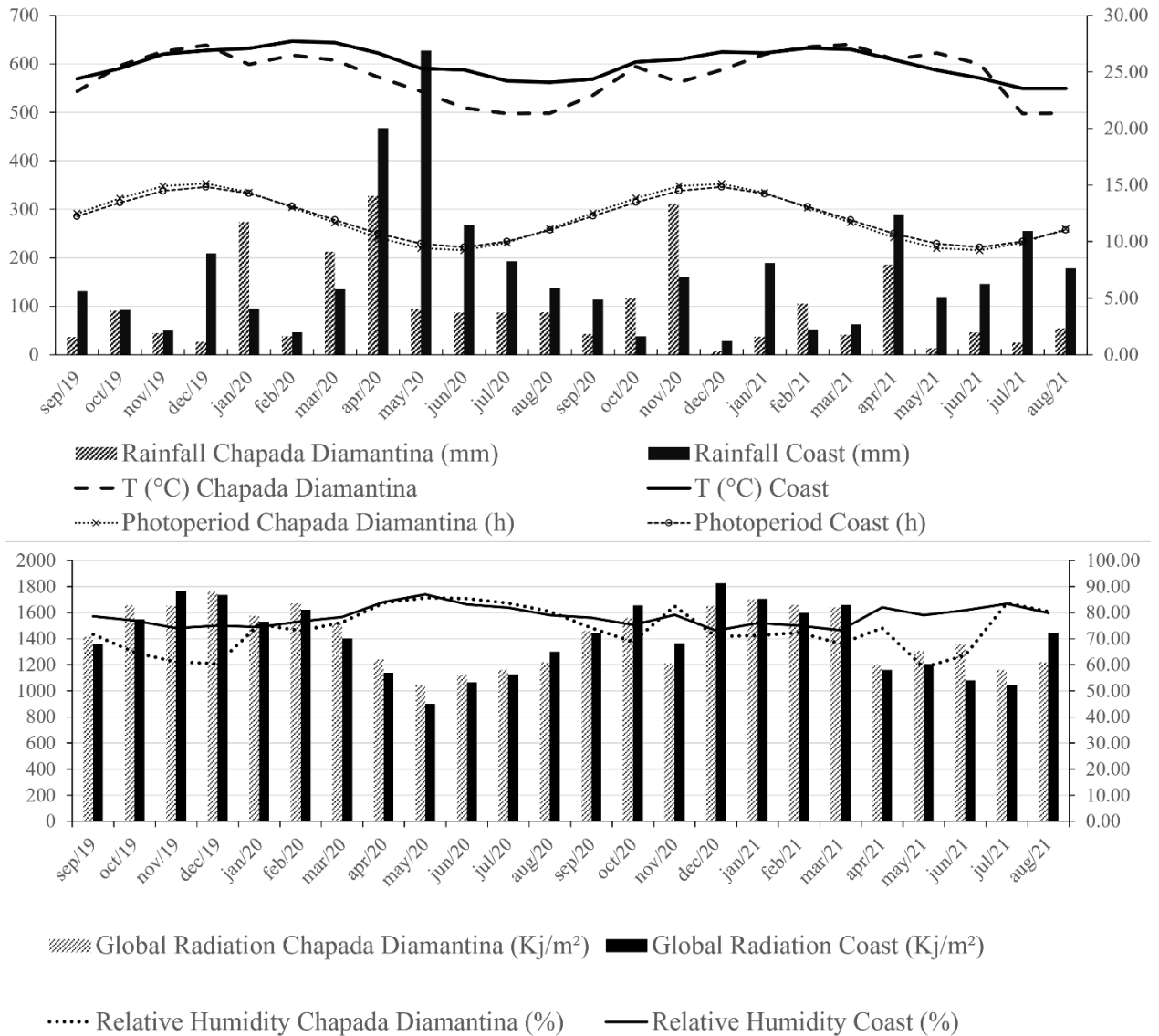


Figure 1: Environmental variables for the Coast and Chapada Diamantina study sites in northeastern Brazil, from September/2019 to August/2021. (A) Rainfall, temperature, and photoperiod; (B) Relative humidity and solar radiation.

Fructing data

The fructing phenologies of 108 individuals of *H. speciosa* were monitored monthly (from September/2019 to August/2021) with 54 individuals in each region. The observations were performed on marked adult individuals in each study population.

Immature and mature fruit phenophase densities were estimated during field observations using a semi-quantitative scale composed of five categories (0–4) at 25% intervals (Fournier 1974).

Phenophase intensities were measured as Fournier percentiles, determined by the following formula:

$$\%Fournier = \frac{\Sigma \text{ Fournier}}{4 \cdot N} \cdot 100$$

Where Σ is the sum of Fournier categories and N the number of monitored individuals in each region, (San Martin-Gajardo and Morellato 2003). Predation is characterized by withering of immature fruits. Withered fruits were also evaluated as a phenophase.

Data collection of interactions with seed predators during pre-dispersal processes

Fruits with signs of predation were collected from all populations. After collection, these fruits were opened and any larvae or pupae found inside were collected. The pupae were kept in screened containers to allow adult insects to emerge; after 48 hours the adults were transferred to 70° % alcohol (along with the other specimens) for further taxonomic classification.

Taxonomic studies of phytophagous insects

Samples of Cecidomyiidae (males, females, pupal exuviae, and 3rd instar larvae) were prepared following the methodology of Gagné (1994), and subsequently deposited in the Entomological Collection of the National Museum/ Federal University of Rio de Janeiro (MNRJ). We used the key provided by Gagné (1994) to identify them.

Adult specimens of Hypothenemus developing inside the seeds were collected, pinned, and identified. Voucher specimens were deposited in the Museu de Entomologia da FEIS/UNESP (MEFEIS), Ilha Solteira, São Paulo, Brazil.

Statistical analysis

We tested the correlations between the abundance immature fruits, environmental factors and predation using Spearman's correlation coefficient. Moisture and radiation were colinear with other variables. We removed these predictor variables from the modeling (cutoff = 0.7) to avoid multicollinearity effects and redundancy between factors. We performed linear regression to identify the equation that best described the influence of environmental factors on the occurrence of immature fruits and predation (response variables) of *Hancornia speciosa* fruits during the study years. The selection of the best model was based on the p-value of the F test, significance values

of the variables (p-value of the t test) and R² value, in addition to using the lowest value of the Akaike Selection Criteria – AIC (Akaike 1974) among all possible models. All tests were run on R software, 2021.09.0 version (R Core Team, 2020).

2.3 Results

Aspects of the interactions with seed predators during the pre-dispersal process

Fruit predation can be easily identified in *H. speciosa*, as it results in an opaque epicarp and wrinkled fruit texture, quite different from the shiny reddish epicarp of a healthy ripe fruit (Figure 2a-b). Figure 2c shows the stages of fruit withering. Withering starts when the fruit is still at an early developmental stage, about 2 centimeters in diameter, and it is not as firm as a healthy fruit. The fruit subsequently acquires pale spots and has a soft epicarp. The predated fruit then withers completely, drying out and becoming hard.



Figure 2: Aspect of the fruits of *Hancornia speciosa* Gomes. a) Healthy mature fruit; b) Predated fruit; c) Stages of fruit withering.

The analysis of withering fruits in all subpopulations revealed the existence of predation processes involving two distinct organisms (Figure 3 and Figure 4). In fruit stages 1-3 from Fig. 2 we encountered *Asphondylia* sp. (Cecidomyiidae, Diptera) feeding on fruit tissues; its larvae (Figure 3a-b) were found mainly in stage 1; its pupae (Figure 3c-d) in stages 2 and 3; often only pupal exuviae (Figure 3e) were found adhered to the external surfaces of stage 3 fruits, evidencing the successful emergence of the adult insect (Figure 3f).

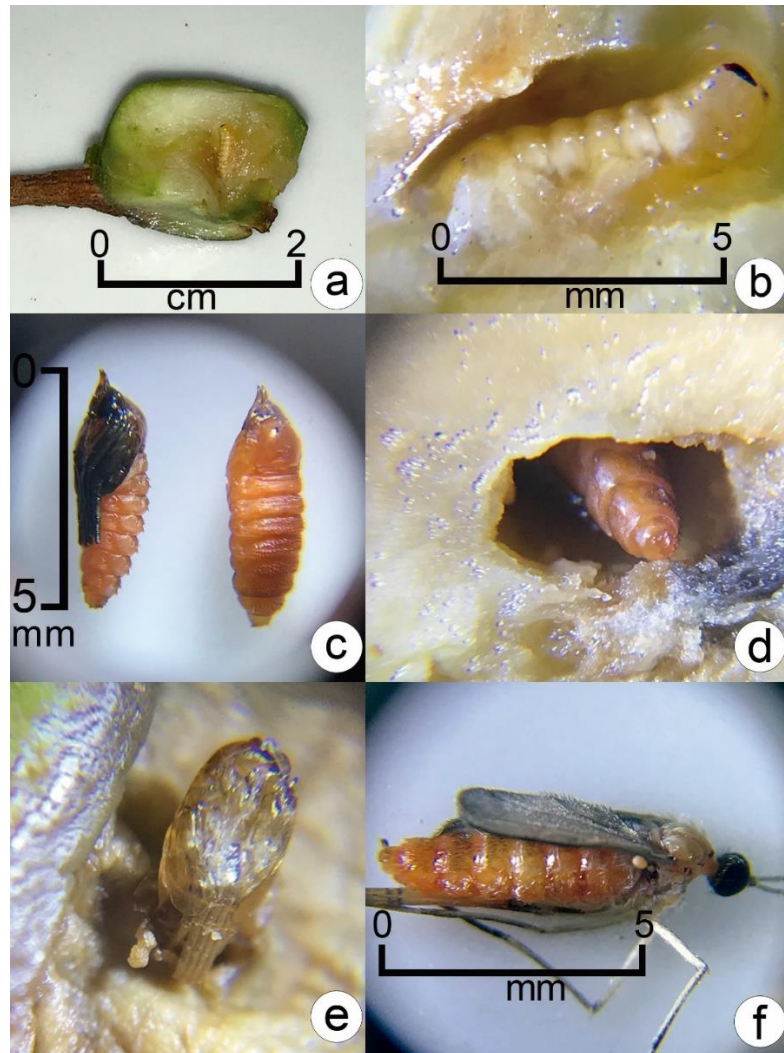


Figure 3: Predation on pre-dispersal fruits of *Hancornia speciosa* Gomes by *Asphondylia* sp. a-b: Larva. c-d: Pupa. e: Pupal exuvia. f: Adult

In fruit stages 6-8 (Figure 2) we encountered larval and adult individuals of *Hypothenemus obscurus* (Fabricius) (Scolytinae, Curculionidae) (Figure 4). Those beetles were feeding on the dry mesocarps of fruits initially attacked by *Asphondylia* sp.



Figure 4: Predation on pre-dispersal seeds and fruits of *Hancornia speciosa* Gomes by *Hypothenemus obscurus* (Fabricius). a: Specimen inside a dry fruit. b: Specimen collected in a dry fruit

Timing, intensities of the presence of mature and predated fruits, and climatic variables

Hancornia speciosa produced mature fruits in both study regions between November and July, reaching an intensity of 53.24% in Chapada Diamantina and 53.7% at the Coast (Fig. 5). Those values may be underestimations, however, due to mature fruit harvesting by local communities. Of the 108 individual trees monitored, only three (two on the Coast site and one in the Chapada Diamantina) did not bear predated fruits. The intensity of fruit predation was significantly different ($p < 0.01$) between both regions, reaching 42.13% in 2019 and 47.22% in 2020 in the Coast site, and 35.65% in 2019 and 31.02% in 2020 in the Chapada Diamantina. The peak intensities of fruit predation occurred between October and March.

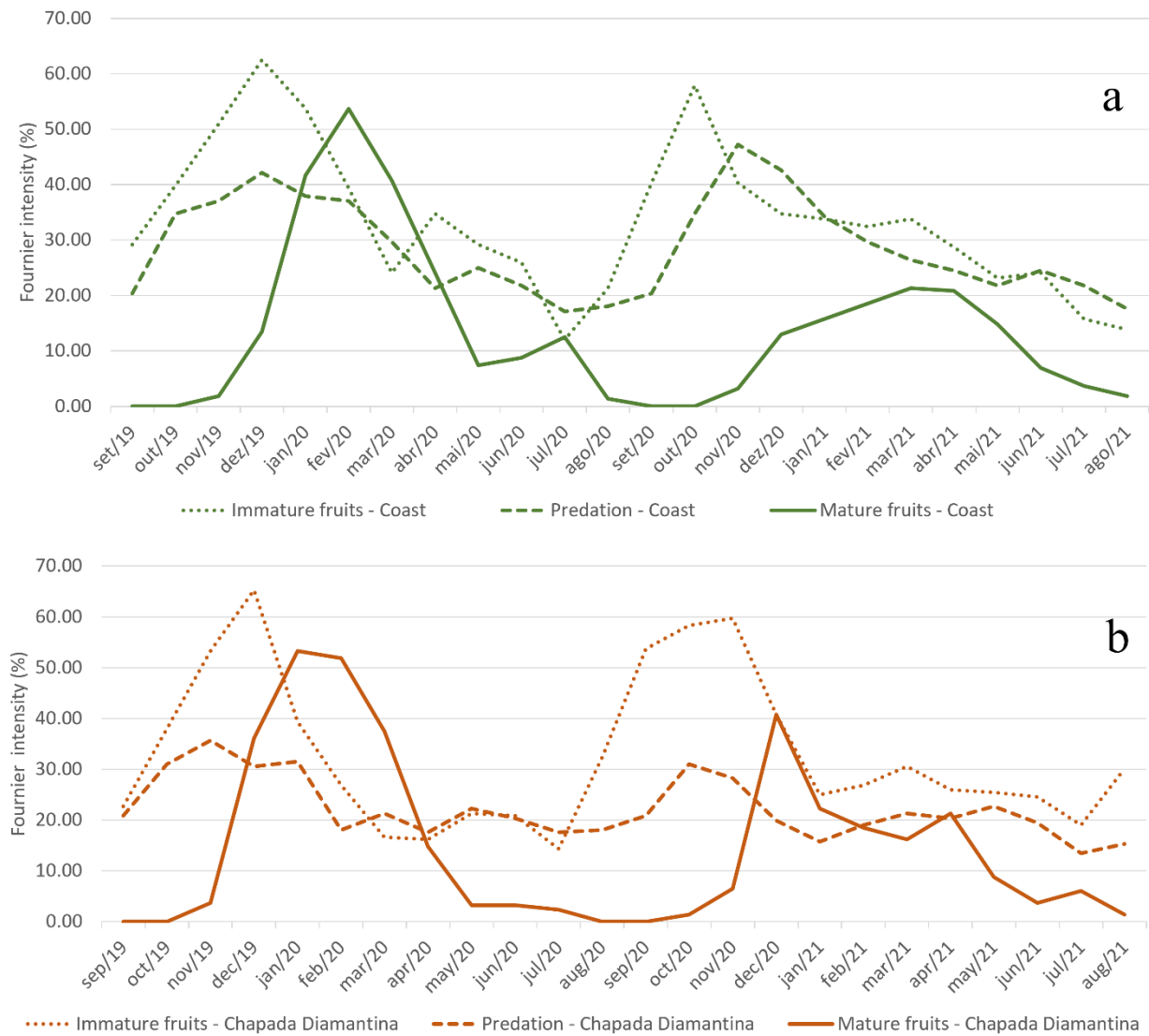


Figure 5: Intensities of immature fruit, mature fruit, and predation of *Hancornia speciosa* Gomes at the Coast (a) and Chapada Diamantina (b) study sites, Bahia State, Brazil.

The correlation tests pointed to a high correlation of moisture and solar radiation with all the other climate variables, resulting in their removal from the models. Predation showed moderate to high correlation with immature fruits (Coast=0.74; Chapada Diamantina=0.56) and low to no correlation with mature fruits (Coast=0.26; Chapada Diamantina=0.01), evidencing a predator preference for developing fruits. Fruit predation was positively correlated with temperature (Coast=0.74; Chapada Diamantina=0.41) and photoperiod (Coast=0.76; Chapada

Diamantina=0.42) and negatively correlated with humidity (Coastal=-0.61; Chapada Diamantina=-0.44).

The equation that best described the influence of environmental variables on the intensity of immature fruits production on the coastal region indicated photoperiod as the most suitable variable (each additional hour of sunlight increased fruit production by 5.41% ($R^2=0.58$; $F=30.36$, $p\text{-value}<0.01$), but the most adequate model to describe the intensity of pre-dispersal predation of *H. speciosa* fruits considered the predictor variables of photoperiod and temperature, suggesting that immature fruits have less influence on predation itself than those climatic factors.

The F test showed that both variables (temperature and photoperiod) are highly related to the occurrence of fruit predation, being responsible for 77.7% its observed intensity variation ($F=36.78$, $p\text{-value}<0.01$). The regression equation suggests that photoperiod and temperature are related to attacks on the fruits, and that for each additional hour of sunshine, there is a 3.32% increase in predation intensity ($p\text{-value}<0.01$), and a 1.82% increase for each degree of temperature elevation ($p\text{-value}<0.05$).

Immature fruit production models for the Chapada Diamantina constructed with all the combinations of predictor variables showed heteroscedasticity (Breusch-Pagan test), which led to the adoption of weighted least squares for the regression model. The most consistent adjusted model for fruit production in the Chapada Diamantina considered photoperiod as the only a predictor variable, with each additional hour of sunlight increasing fruit production by 5.27% ($R^2=0.54$; $F=26.04$, $p\text{-value}<0.01$).

Unlike the coastal site, the most adequate model to describe the intensity of pre-dispersal predation of *H. speciosa* fruits in the Chapada Diamantina comprised the predictor variables temperature and intensity of immature fruit production – suggesting that the predators are more dependent on the intensity of fruit offerings than on environmental variation, with the model explaining 58% of the occurrence of fruit predation ($F=14.68$, $p\text{-value}<0.01$).

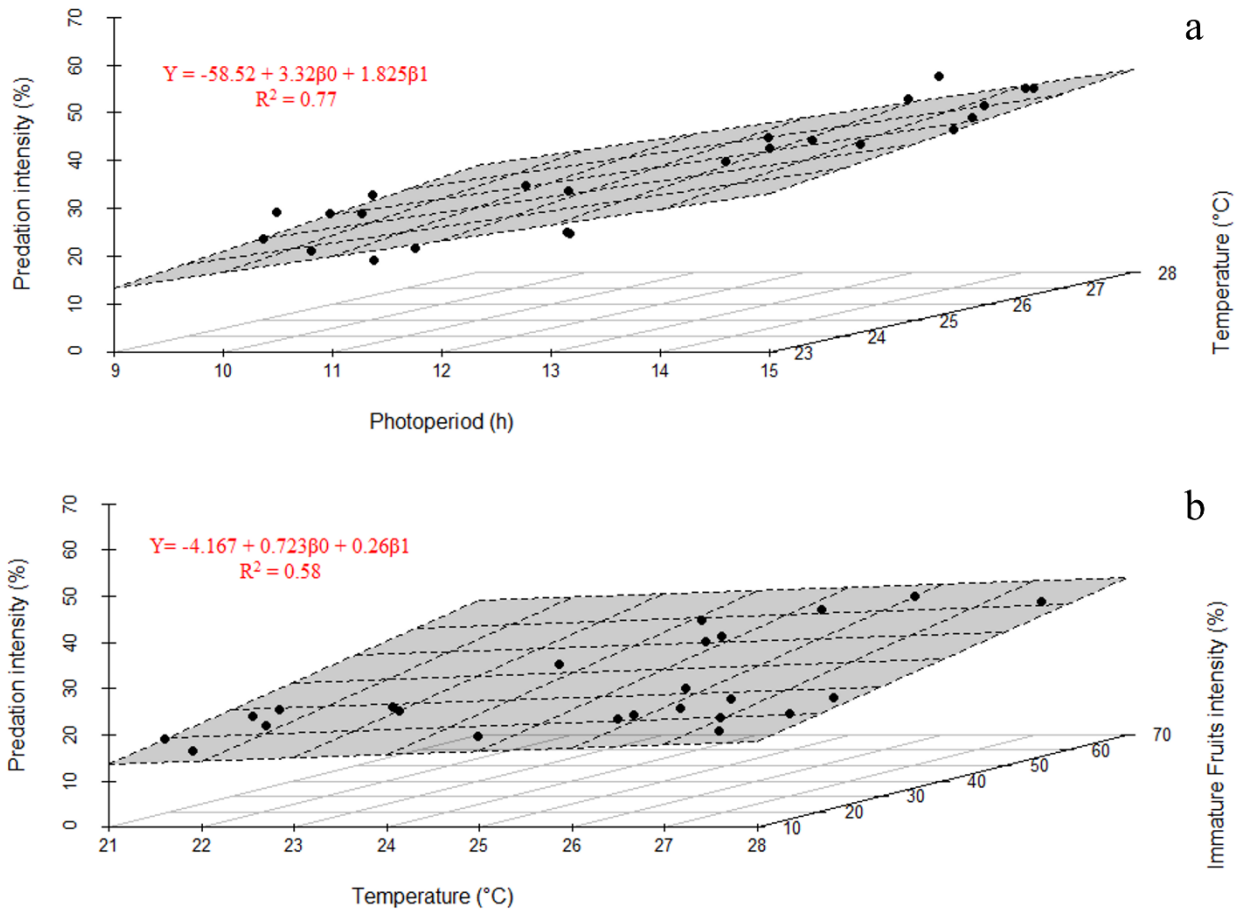


Figure 6: Performances of predictor variables photoperiod, temperature and intensity of immature fruits offer on predation intensity of *Hancornia speciosa* Gomes fruits **a**: predation model for the Coast site, Bahia State, Brazil, β_0 =Photoperiod; β_1 =Temperature. **b**: predation model for Chapada Diamantina site, Bahia State, Brazil, β_0 =Temperature; β_1 =Immature fruit intensity offer.

2.4 Discussion

Our study hypothesis that mature fruit availability is directly influenced by the intensity of fruit offering, by pre-dispersal seed predators, and by environmental variables was confirmed. We observed the timing and intensity of mature fruit availability in *Hancornia speciosa*, as well as the appearance of wilted fruits due to predation by *Asphondylia* sp. and *Hypothenemus obscurus* during their pre-dispersal development.

Spatial variations in predation intensity can be related to the synchronization between the life stages of predator insects and host plant phenologies (Rossi et al., 2011, Kolb et al., 2007),

which, in turn, are influenced by interannual climatic variations. The synchrony observed between the supply of fruits in their immature stages and predation highlights the close relationships between the predators and their hosts (Hulme & Benckman, 2002). Kolb et al., (2007) gathered evidence that pre-dispersal predation can significantly alter the recruitment of new individuals as well as the growth of plant populations, and that phenological patterns and the selection of evolutionary traits can also be affected. Also, pre-dispersal predation, related to the spatiotemporal availability of propagules, may be one of the elements responsible for maintaining the high diversity common in tropical environments by preventing certain plant species from having reproductive advantages over others (Janzen, 1970; Connell, 1971). The slight variations observed in predation intensities couldn't be answered, since the predictor variables do not change between sites. Is it possible that the other elements may also act as modulators in the observed process.

The vegetation in the monitored areas (the capitinga and coastal restinga) show field and savanna features, with low frequencies and diversities of tree species, with *H. speciosa* having the highest abundance (Funch et al., 2021, Soares and Junior, 2018). Unlike forest environments, where competition among tree species for space and sunlight determines the successional dynamics (Matsuo et al., 2021; Sangsupan et al., 2021), open environments present plentiful opportunities for the establishment of new individuals of *H. speciosa*. In this respect, the control of *H. speciosa* populations could prevent an excessive density of the species and contribute to the establishment of the high diversity of herbaceous and shrub plants observed in these environments. As stated by Gripenberg (2018; 2019), population control that maintains this high diversity tends to be carried out by specific predators, restricted to one or few taxonomically close hosts.

Among the vast global phytophagous entomofauna, the family Cecidomyiidae (Diptera) comprises insects responsible for gall formation, mostly in vegetative tissues of specific host plants (Carneiro et al., 2009). *Asphondylia* (Loew) comprises 308 species that mostly attack floral buds and flowers, diminishing fruiting in several families (Gagné and Jaschhof 2021).

Asphondylia is represented in Brazil by 25 described species (Maia and Oliveira 2021), although the number of undescribed species is apparently quite high (Flor and Maia 2017). *Asphondylia* is associated with 51 species of plants belonging to 20 families in Brazil (Flor and Maia 2017). Apocynaceae includes two host plants: *Peplonia asteria* (Vell.) Fontella & E.A. Schwarz and *Oxypetalum banksii* R.Br. ex Schult, whose floral buds are attacked by *Asphondylia peploniae* Maia. There are no records yet in the literature of an association between *Asphondylia*

and *Hancornia speciosa* (Gagné and Jaschhof 2021). Morphological studies indicate that it represents a new species of gall midges.

Hypothenemus aggregates species that are polyphagous and have a characteristic ability to develop in dry plant material, in contrast to the vast majority of Scolytinae species that require material with higher degrees of humidity. This genus, among others, is responsible for seed production losses and significant impacts on the reproduction of native plants (Wood 2007). *Hypothenemus seriatus*, a species closely related to *H. obscurus* (if not a synonym of it, as treated by Bright 2019), is known to have a behavior similar to the taxon observed here, in the sense that it is able to attack and develop in coffee berries, but only when they are dry (Fonseca 1937).

Previous attacks on growing fruits by *Asphondylia* created conditions for them to be subsequently colonized by *H. obscurus*. This is quite an interesting association, and to the best of our knowledge, never reported before between a Cecidomyiidae fly and a Scolytinae bark beetle – leading to considerable fruit loss in *H. speciosa*, with consequent losses of dispersal potential.

This form of predation on reproductive structures requires the insects to have a close synchrony with the reproductive phenology of their hosts in any environment in which they may occur and subject them therefore to long periods without appropriate resources (Cocoletzi et al., 2019; Harman 1999). In *H. speciosa*, the predator specificity and synchrony suggest the existence of a population control mechanism, which should be deeper examined.

Our results require the investigation of strategies that allow *H. speciosa* to circumvent the effects of seed dispersal disrupt by immature fruit predation. The satiation of predators could be the strategy adopted by *H. speciosa* to coexist with predation. Lev-Yadun (2021) treated these perpetuation strategies as statistical defences, when plants avoid the effects of predation by satiating enemies with large amounts of propagules or being rare and thus not profitable for a specific predator or even both strategies combined. As discussed by Kolb et al., (2007) and Hulme and Benkman (2002) such strategies involve the modulation of plant reproductive phenology, understood as result of coevolutionary adaptations, which allows the maintenance of host plant populations, but further studies are still necessary to better detail the satiation mechanism of *Hancornia speciosa*'s predators which assures the plant perpetuation.

Acknowledgements

The authors would like to thank the Postgraduate Program in Recursos Genéticos Vegetais/Universidade Estadual de Feira de Santana for providing the necessary infrastructure for the monthly collections and the experiments undertaken.

REFERENCES

Akaike H (1974) A new look at the statistical model identification, IEEE T Automat Contr. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1100705>.

Alvares CA et al (2013) Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorol Z <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

Bright D (2019) A taxonomic monograph of the bark and ambrosia beetles of the West Indies (Coleoptera: Curculionoidea: Scolytidae). Occasional Papers of the Florida State Collection of Arthropods. Available from: <https://thefsc.org/wp-content/uploads/2021/12/occasional-papers-vol-12.pdf>

Carneiro MA et al (2009) Are gall midge species (Diptera, Cecidomyiidae) host-plant specialists? Rev Bras Entomol 53(3): 365–378. <https://doi.org/10.1590/S0085-56262009000300010>

Cocoletzi E et al (2019) Incidence of galls on fruits of *Parkinsonia praecox* and its consequences on structure and physiology traits in a Mexican semi-arid region. Rev Mex Biodiv 90. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2758>

Collevatti RG et al (2018) Unravelling the genetic differentiation among varieties of the Neotropical savanna tree *Hancornia speciosa* Gomes. Ann Bot-London 122: 973–984. <https://doi.org/10.1093/aob/mcy060>

Connell JH (1971) On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rain forest trees. In: Den Boer PJ, and Gradwell GR (Eds.). Dynamics of populations Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, The Netherlands.

Costa DF, Vieira FA, Fajardo CG, Chagas KPT (2015) Diversidade genética e seleção de Iniciadores ISSR em uma população natural de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) (Apocynaceae). Ver Bras Frutic 37(4). <https://doi.org/10.1590/0100-2945-246/14>

- Crawley MJ (2000) Seed predators and plant population dynamics. In: Seeds: the Ecology of Regeneration in Plant Communities (ed. M. Fenner), pp. 167– 182. CABI Publishing, Oxford.
- Downey H et al (2020) Assessing the potential for indirect interactions between tropical tree species via shared insect seed predators. *Biotropica* 52:509–520. <https://doi.org/10.1111/btp.12759>
- Fajardo, C. G. Costa DF, Chagas KPT, Vieira FA (2018) Genetic diversity in natural populations of *Hancornia speciosa* Gomes: Implications for conservation of genetic resources. *Cienc Agrotec* 42(6) <https://doi.org/10.1590/1413-70542018426019018>
- Ferreira EG, Marinho SJO (2007) Produção de frutos da mangabeira para consumo *in natura* e industrialização. *Tecnologia e Ciência Agropecuária* 1(1) 9-14. https://revistatca.pb.gov.br/edicoes/volume-01-2007/volume-1-numero-1-setembro-2007/tca02_mangaba.pdf.
- Ferreira JR et al (2022). Frutification intensity and synchrony reduce seed predation by *Pachymerus nucleorum* (Bruchinae) during pre-dispersion of the tropical palm *Syagrus coronata* (Arecaeae). **SSRN**. Available at: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4071719
- Flor IC, Maia VC (2017) Representativity of the genus *Asphondylia* Loew, 1850 (Diptera, Cecidomyiidae) in Brazil. *Papéis Avulsos de Zoologia* 57: 393–404 <https://doi.org/10.11606/0031-1049.2017.57.30>
- Flora e Funga do Brasil. v393.274. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Dataset/Checklist. doi:10.15468/1mtkaw
- Fonseca JP (1937) A broca verdadeira e a falsa broca do café. *O Biológico*, 3(12): 366-368.
- Fournier LA (1974) Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. Turrialba, 24.
- Funch LS, Funch RR, et al (2021). Floristics, phytosociology and biogeography of capitanga vegetation in a white sand habitat in the Chapada Diamantina Mountains, Brazil. *Rodriguésia* 72. <https://doi.org/10.1590/2175-7860202172126>
- Gagné RJ. (1994). *The Gall Midges of the Neotropical Region*. Cornell University Press, Ithaca, New York, 352p.

Gagné RJ, Jaschhof M. (2021). A catalog of the Cecidomyiidae (Diptera) of the world. 5th Edition. United States Department of Agriculture. Available from: https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/12754100/gagne_2010_world_catalog_cecidomyiidae.pdf.

Gautier-Hion A, Gautier JP, Maisels F. (1993). Seed dispersal versus seed predation: an inter-site comparison of two related African monkeys. **Vegetatio**. DOI:10.1007/BF00052226.

Gripenberg S et al (2019) A highly resolved food web for insect seed predators in a species-rich tropical forest. *Ecol Lett* 22. <https://doi.org/10.1111/ele.13359>

Gripenberg S (2018) Do pre-dispersal insect seed predators contribute to maintaining tropical forest plant diversity? *Biotropica*, 50 (6) 839–845. <https://doi.org/10.1111/btp.12602>

Harman HM (1999) The Effect of Variability in the Phenology of the Reproductive Stages of Scotch Broom (*Cytisus scoparius*) on the Synchronization of the Life Stages of Broom Seed Beetle (*Bruchidius villosus*) in New Zealand. *Biol Control* (15) <https://doi.org/10.1006/bcon.1999.0715>

Hulme P, Benkman CW (2002) Granivory. In: *Plant-animal interactions: an evolutionary approach*. Ed: HERRERA, C.; PELLMYR, O. Blackwell Scientific Publications, New York. Available from: <http://www.uwyo.edu/benkman/publications.html>.

IBGE (2021) Quantidade produzida e valor da produção do Brasil, das Grandes Regiões e das Unidades da Federação, segundo os produtos extrativos (2020). PEVS - Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura. Available from: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html?=&t=resultados>. Accessed: 02 Nov. 2021.

INMET (2021). Normais Climatológicas 1981-2010. Available from: <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Accessed: 04 Nov. 2021.

Jackson EE, et al. (2022). Pre-dispersal seed predation could help explain premature fruit drop in a tropical forest. **Journal of Ecology**. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13867>

Janzen DH (1980) Specificity of seed-attacking beetles in a costa-rican deciduous forest. *J Ecol* 68(3) 929-952. <https://doi.org/10.2307/2259466>

Janzen DH (1970) Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *Am Nat.* 104 (940) 501-528. Available from:

https://www.researchgate.net/publication/232128658_Janzen_D_H_Herbivores_and_number_of_tree_species_in_tropical_forests_American_Naturalist

Kolb A, Ehrlén J, Eriksson O. 2007. Ecological and evolutionary consequences of spatial and temporal variation in pre-dispersal seed predation. *Perspect Plant Ecol.* <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2007.09.001>

Köppen W (1936). *Das geographische System der Klimate.* – Köppen, W., R. Geiger (Eds.): *Handbuch der Klimatologie.* – Gebüder Bornträger, Berlin, 1, 1–44, part C.

Lederman IE, Silva Junior JF, Bezerra JEF, Espíndola ACM. (2000) Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes). FUNEP.

Lédo AS et al (2015) A cultura da mangaba. Brasília, DF: Embrapa. Coleção Plantar (73) 84p. Available from: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165360/1/PLANTAR-MANGABA-ed01-2015-MIOLO.pdf>

Lev-Yadun S. (2021) Avoiding rather than resisting herbivore attacks is often the first line of plant defence. *Biol J Linn Soc* 134, pp. 775-802. <https://doi.org/10.1093/biolinnean/blab110>

Maia VC, Oliveira LA (2021) New species of *Asphondylia* (Diptera, Cecidomyiidae, Asphondyliini) from Brazil. *Papéis Avulsos de Zoologia* 61. <https://doi.org/10.11606/1807-0205/2021.61.57>

Matsuo T et al (2021) Forest structure drives changes in light heterogeneity during tropical secondary forest succession. *J Ecol.* 109(08). <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13680>

Mezquida ET, Olano JM. (2013). What makes a good neighborhood? Interaction of spatial scale and fruit density in the predator satiation dynamics of a masting juniper tree. *Oecology.* <https://doi.org/10.1007/s00442-013-2631-x>.

Monachino, J (1945) A revision of *Hancornia* (Apocynaceae). *Lilloa* 11, 19-48. Available from: <http://www.lillo.org.ar/journals/index.php/lilloa/article/view/733/734>

Muniz AVCS et al (2019) Morphological and physicochemical descriptors for characterization of mangaba tree germplasm. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 14(2) <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v14i2a5645>

Pereira AV et al (2016) *Hancornia speciosa* Mangaba. In: Vieira RF, Camillo J, Coradin L (Ed) Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Centro-Oeste. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, pp 237-246. Available from: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1073295/especies-nativas-da-flora-brasileira-de-valor-economico-atual-ou-potencial-plantas-para-o-futuro-regiao-centro-oeste>

Pereira AV et al (2006) MANGABA. In: Vieira RF, Costa TSA, Silva DB, Ferreira FR, Sano SM (Ed) Frutas Nativas da Região Centro-Oeste do Brasil. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, pp 188-213.

Piatscheck, F et al. (2018). Ecological factors associated with pre-dispersal predation of fig seeds and wasps by fig-specialist lepidopteran larvae. **Acta Oecologica**. doi:10.1016/j.actao.2018.03.001

Queiroz EP, Bautista HP, Matos MRB (2017) Flora fanerogâmica das restingas. In: Nunes JMC, Matos MRB. (Ed). Litoral Norte da Bahia. Caracterização Ambiental, Biodiversidade e Conservação. EDUFBA, Salvador, pp 129-155. Available from: https://www.researchgate.net/publication/320673383_Litoral_Norte_da_Bahia_Caracterizacao_ambiental_biodiversidade_e_conservacao

R CORE TEAM. (2020) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available from: <https://www.R-project.org/>

Rossi MN, Rodrigues LMS, Ishino MN, Kestring D. (2011). Oviposition pattern and within-season spatial and temporal variation of pre-dispersal seed predation in a population of *Mimosa bimucronata* trees. *Arthropod-Plant Inte* 5:209–217. <https://doi.org/10.1007/s11829-011-9130-y>

San Martín-Gajardo I, Morellato LPC (2003) Fenologia de Rubiaceae do sub-bosque em floresta Atlântica no sudeste do Brasil. *Braz J Bot* 26(3). <https://doi.org/10.1590/S0100-84042003000300003>

Sangsupan HA, Hibbs DE, Withrow-Robinson BA, Elliott S (2021) Effect of microsite light on survival and growth of understory natural regeneration during restoration of seasonally dry tropical forest in upland northern Thailand. *Forest Ecol Manag* 489 <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119061>

Silva JF et al (2019) Thrips species associated with varieties of the native Cerrado fruit tree *Hancornia speciosa*. Rev Bras Frutic 41(5). <https://doi.org/10.1590/0100-29452019053>

Silva LPV et al (2016) Characterization of mangabeira trees and fruits in the savannah-restinga transition zone. Rev Bras Frutic 39(4). <https://doi.org/10.1590/0100-29452017746>

Silva Júnior JF et al (2018) *Hancornia speciosa* Mangaba. In: Coradin L, Camillo J, Pareyn FGC (Ed.). Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Nordeste. Série Biodiversidade 51, MMA, Brasília. pp 177-192. Available from: <http://cumaru-pe.com.br/data/documents/Especies-Nativas-da-Flora-Brasileira-de-Valor-Economico-Atual-ou-Potencial-Nordeste.pdf>

Silva Júnior JF et al (2017) Mangaba *Hancornia speciosa* Gomes. Instituto Interamericano de Cooperación para a Agricultura (IICA). Available from: http://www.procisur.org.uy/adjuntos/procisur_mangaba_476.pdf.

Soares TFSN, Júnior LRN (2018) Population Structure of *Hancornia speciosa* Gomes along the Mangabeira Trail in Sergipe, Brazil. Journal of Experimental Agriculture International 26(1). DOI:10.9734/JEAI/2018/43689

Vieira Neto RD et al (2002) Sistema de produção de mangaba para os tabuleiros costeiros e baixadas litorâneas. Sistemas de Produção 02. Embrapa Tabuleiros Costeiros. 2002. Available from: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/SP2_000ght5g1b402wx5ok05vadr1nvusdok.pdf

Wood SL (2007) Bark and ambrosia beetles of South America (Coleoptera: Scolytidae). Brigham Young University, Provo. 900 pp.

Yirgu, A, Delvare G. First report of *Paradecatomia bannensis* Masi (Hymenoptera, Eurytomidae) as seed parasite of *Cordia africana* in Ethiopia. Phytoparasitica. <https://doi.org/10.1007/s12600-019-00763-w>

Yirgu A, Tsega, M. (2015). Pre-dispersal seed predation of *Faidherbia albida* in the Central Rift Valley of Ethiopia. Agroforestry Systems, 89(4), 759–763. doi:10.1007/s10457-015-9807-9

Statements and Declarations

The authors declare that no funds, grants, or other support were received during the preparation of this manuscript. All authors certify that they have no affiliations with or involvement in any organization or entity with any financial interest or non-financial interest in the subject matter or materials discussed in this manuscript.

Authors' contributions

VAMP and LSF contributed to the study conception and design. Material preparation, data collection and analysis were performed by VAMP. The first draft of the manuscript was written by VAMP and LSF and all authors commented on previous versions of the manuscript. Predator insects' identification were performed by CAHF and VCM. All authors read and approved the final manuscript.

Figures and Tables captions

Table 1: Geographic location of the *Hancornia speciosa* Gomes populations in sandy soil vegetation, in Bahia State, Brazil.

Fig. 1: Environmental variables for the Coast and Chapada Diamantina study sites in northeastern Brazil, from September/2019 to August/2021. (A) Rainfall, temperature, and photoperiod; (B) Relative humidity and solar radiation.

Fig. 2: Intensities of immature fruit, mature fruit, and predation of *Hancornia speciosa* Gomes at the Coast and Chapada Diamantina study sites, Bahia State, Brazil.

Fig. 3: Performances of predictor variables photoperiod, temperature and intensity of immature fruits offer on predation intensity of *Hancornia speciosa* Gomes fruits **a:** predation model for the Coast site, Bahia State, Brazil, β_0 =Photoperiod; β_1 =Temperature. **b:** predation model for Chapada Diamantina site, Bahia State, Brazil, β_0 =Temperature; β_1 =Immature fruit intensity offer.

Fig. 4: Aspect of the fruits of *Hancornia speciosa* Gomes. **a)** Healthy mature fruit; **b)** Predated fruit; **c)** Stages of fruit withering.

Fig. 5: Predation on pre-dispersal fruits of *Hancornia speciosa* Gomes by *Asphondylia* sp. **a-b:** Larva. **c-d:** Pupa. **e:** Pupal exuvia. **f:** Adult

Fig. 6: Predation on pre-dispersal seeds and fruits of *Hancornia speciosa* Gomes by *Hypothenemus obscurus* (Fabricius). **a:** Specimen inside a dry fruit.

CONCLUSÃO GERAL

Hancornia speciosa Gomes var. *speciosa* apresentou comportamentos foliares assazonais, porém com intensidades que permitiram identificar o hábito semidecíduo na Chapada Diamantina e sempre-verde na Zona Costeira. A espécie mostrou ainda a capacidade de conservar seus hábitos reprodutivos nas duas regiões. A floração e o amadurecimento de frutos, estimulados pelo fotoperíodo e pelo aumento temperatura apresentaram intensidades equivalente nos dois ambientes, com breve adiantamento na Chapada Diamantina. As desvantagens ambientais neste ambiente podem ter sido compensadas pelo hábito semidecíduo nesta região e pela suposta capacidade de armazenamento hídrico da espécie.

Registrou-se uma única época reprodutiva anual, de longa duração, composta de um pico mais intenso seguido ou não de outros de baixa expressividade. Este longo período de disponibilidade de recursos (flores e frutos maduros) enfatizam a importância da espécie como um dos elementos estruturantes das cadeias tróficas de suas comunidades, além de provedora de sustento para inúmeras famílias extrativistas.

Ficou constatado que a produção de frutos maduros é afetada pela predação de frutos imaturos por *Asphondylia* sp. (Cecidomyiidae), levando-os ao ressecamento. Frutos assim atacados são posteriormente colonizados por *Hypothenemus obscurus* (Scolytinae) num complexo processo interespecífico, que aparenta contribuir para o controle populacional de *Hancornia speciosa* ao reduzir sua capacidade de dispersão de propágulos. Insetos do gênero *Asphondylia* apresentam geralmente especificidade quanto à planta hospedeira, sugerindo um processo coevolutivo de controle populacional correlacionado com a intensidade do fotoperíodo e temperatura.

Novas análises ecofisiológicas poderão confirmar os mecanismos de conservação dos atributos fenológicos da espécie que possibilitam a semelhante produção de frutos. Novas coletas de frutos em predação também são necessárias para a classificação em nível específico de *Asphondylia* sp., além de aprofundar os detalhes do processo de predação e da quantificação do impacto sobre a dispersão de *Hancornia speciosa* var. *speciosa*.

As informações geradas por este estudo fortalecem o conjunto de técnicas e práticas adotadas no manejo sustentável da mangabeira e fornecem informações importantes para o monitoramento da reprodução da espécie frente às mudanças climáticas.