



MESTRADO PROFISSIONAL  
USO SUSTENTÁVEL DE RECURSOS NATURAIS EM REGIÕES  
TROPICAIS

HELLEN DA SILVA LOPES

**BIOLOGIA REPRODUTIVA DE SETE EPÉCIAS DE  
ASTERACEAE NA SERRA DOS CARAJÁS COM  
POTENCIAL PARA USO EM RECUPERAÇÃO AMBIENTAL**

Belém / PA

2021

**HELLEN DA SILVA LOPES**

**BIOLOGIA REPRODUTIVA DE SETE EPÉCIAS DE  
ASTERACEAE NA SERRA DOS CARAJÁS COM  
POTENCIAL PARA USO EM RECUPERAÇÃO AMBIENTAL**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, do Programa de Mestrado Profissional em Uso Sustentável de Recursos Naturais em Regiões Tropicais, do Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável (ITV DS).

Orientador: Dr. Maurício Takashi C. Watanabe  
Coorientadora: Dra. Ana Carolina Galindo da Costa

**Belém / PA**

**2021**

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

L864 Lopes, Helen da Silva

Biologia reprodutiva de sete espécies de Asteraceae na Serra dos Carajás com potencial para uso em recuperação ambiental / Hellen da Silva Lopes – Belém, 2021.

70 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Uso Sustentável de Recursos Naturais em Regiões Tropicais) – Instituto Tecnológico Vale, 2021.

Orientador: Dr. Maurício Takashi Coutinho Watanabe.

Coorientadora: Dra. Ana Carolina Galindo da Costa

1. Biologia - Sistema reprodutivo. 2. Botânica - Asteraceae. 3. Recuperação ambiental – Carajás, Serra dos (PA). I. Watanabe, Maurício Takashi Coutinho. II. Costa, Ana Carolina Galindo da. III. Título

CDD 23. ed. 581.46098115

---

Bibliotecária responsável: Nisa Gonçalves / CRB 2 – 525

**HELLEN DA SILVA LOPES**

# **BIOLOGIA REPRODUTIVA DE SETE EPÉCIAS DE ASTERACEAE NA SERRA DOS CARAJÁS COM POTENCIAL PARA USO EM RECUPERAÇÃO AMBIENTAL**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, do Programa de Mestrado Profissional em Uso Sustentável de Recursos Naturais em Regiões Tropicais, do Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável (ITV DS).

Data de aprovação:

Banca examinadora:

---

**Dr. Maurício Takashi Coutinho Watanabe**  
Orientador - Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável (ITV DS)

---

**Dra. Tereza Cristina Giannini**  
Membro interno - Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável (ITV DS)

---

**Dra. Nádia Roque**  
Membro externo - Universidade Federal da Bahia (UFBA)

---

**Dr. Arthur Domingos de Melo**  
Membro externo - Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

## **AGRADECIMENTOS**

Hellen da Silva Lopes

Agradeço a Deus por me guiar sempre com clareza, amor e determinação! Sem ti Senhor, eu nada seria, toda honra e glória somente a ti!

A minha amada e linda família que juntos trilhamos cada passo dessa caminhada. As minhas filhas que mesmo diante da sua ingenuidade entenderam e encararam da melhor forma cada momento de ausência. Em especial a minha amada mãe Lenimar Bandeira que sempre me acolheu com muito amor e cuidou das minhas pequenas nos momentos difíceis.

Ao meu amado pai Bento Lopes, que mesmo não estando fisicamente ao meu lado sei que está olhando e me protegendo sempre, trago comigo cada valor e ensinamento de honestidade que ele sempre me passou. Saudades eternas de ti paizinho obrigada por tudo que sempre fez por mim, por ter sido ao lado de minha mãe meu alicerce.

Ao meu amado esposo José Estevão pela compreensão e companheirismo de sempre, por acreditar em mim e lutar ao meu lado por dias melhores, por ser esse pai tão maravilhoso e presente. Sem você nada teria sido possível, obrigada por seu amor e companheirismo. Aos meus irmãos, parentes, amigos e colegas de trabalho que sempre me apoiaram nessa caminhada.

Agradecer a minha querida secretária Ivanete mais conhecida como tia Net, por sempre cuidar de nós com tanto amor. Obrigada por sua amizade e contribuições positivas em minha vida.

Aos meus queridos orientadores Dr. Maurício Takashi Coutinho Watanabe e Dr<sup>a</sup>. Ana Carolina Galindo da Costa, que mesmo diante de tanto conhecimento, sempre os compartilharam da melhor forma possível com humildade e paciência. Muito orgulho de ter sido orientada por vocês, dois seres humanos incríveis. Obrigada por sempre acreditarem em mim, mesmo sabendo das minhas tantas atribuições. Mestres como vocês fazem toda diferença durante a vida acadêmica. Por mais mestres assim! Gratidão e admiração!

Aos meus colegas de turma, professores e colaboradores do Programa de Mestrado Profissional em Uso Sustentável de Recursos Naturais em Regiões Tropicais do Instituto Tecnológico Vale (ITV), que sempre me incentivaram e me

ajudaram de todas as maneiras possíveis. Sem vocês tudo teria sido bem mais difícil, obrigada por cada palavra de carinho e pelo companheirismo prestado. A Mayara Pastore, por suas contribuições durante o desenvolvimento desse trabalho, gratidão pelos conhecimentos e gentileza compartilhada.

Ao Instituto Tecnológico Vale (ITV), pela oportunidade e confiança. Muito feliz em poder contribuir para a compreensão das espécies botânicas do ecossistema canga. Sem dúvida uma das experiências mais enriquecedoras da minha vida. Muito obrigada!

Enfim, meus eternos agradecimentos a todos que contribuíram direta ou indiretamente para que esse momento se concretizasse. Gratidão!

## RESUMO

No Bioma Amazônico, a Serra dos Carajás é um complexo montanhoso caracterizado por platôs de rochas ferruginosas com vasta concentração de recursos minerais e vegetação peculiar, as cangas. Os estudos sobre a biologia reprodutiva de espécies de plantas nativas e/ou endêmicas nas cangas de Carajás, tais como as espécies de Asteraceae selecionadas neste trabalho, são essenciais para subsidiar ações de conservação destas espécies, além de auxiliar no planejamento de programas de recuperação de áreas mineradas. O presente trabalho tem como objetivo avaliar a fenologia, biologia floral e o sistema reprodutivo de espécies nativas da vegetação de canga em Carajás, tais como *Cavalcantia glomerata*, *C. percymosa*, *Lepidaploa arenaria*, *L. paraensis*, *L. remotiflora*, *Monogereion carajensis* e *Parapiqueria cavalcantei*. Para fenologia foi utilizada a metodologia de Fournier, sendo analisadas as intensidades das fenofase de botão, flor, fruto maduro e fruto imaturo. Além disso, foram realizadas a análise da morfometria floral, testes para determinação do sistema reprodutivo, assim como registros dos visitantes florais. A maioria das espécies estudadas foram classificadas com padrão de floração anual, apresentando *Lepidaploa arenaria* padrão de floração contínua. A floração teve início no primeiro semestre do ano, no período chuvoso, e frutificação no final do semestre, no início da estação seca, com data média de frutos maduros entre os meses de maio e julho. As flores das espécies estudadas apresentaram características morfológicas semelhantes, apresentando hercogamia espacial. Todas as espécies avaliadas apresentaram alta formação de frutos nos tratamentos de autopolinização e/ou geitonogamia espontâneas e controle, não sendo identificado diferença estatística significativa entre os tratamentos. A maioria das espécies apresentaram razão P/O maior que 2000, sendo classificadas como xenógamas facultativas. *Parapiqueria cavalcantei* apresentou menor razão P/O (154,7), sendo classificada como autógama facultativa. Nas espécies em que foi possível registrar visitantes florais, verificamos que as mesmas são ecologicamente generalistas, havendo diferentes guildas de insetos nas flores. A partir dos resultados deste estudo, foi possível indicar o período de reprodução destas plantas, como estas espécies se reproduzem e o principal período para coleta de sementes, permitindo sua utilização com melhor planejamento em programas de conservação e restauração de áreas degradadas.

**Palavras-chave:** Amazônia. Canga. Fenologia. Sistema Reprodutivo. Visitantes Florais.

## ABSTRACT

In the Amazon Rainforest, the Serra dos Carajás is a mountainous complex characterized by plateaus of ferruginous rocks with a vast concentration of mineral resources and peculiar vegetation, the cangas. Studies about reproductive biology of native and / or endemic species of the cangas, such as Asteraceae's species studied here, are essentials in guiding the conservation of these species and in planning recuperation programs for mining. The present study aimed to evaluate the phenology, floral biology and the reproductive system of native species of the canga, such as *Cavalcantia glomerata*, *C. percymosa*, *Lepidaploa arenaria*, *L. paraensis*, *L. remotiflora*, *Monogereion carajensis* and *Parapiqueria cavalcantei*. Fournier's methodology was used for phenology. The intensities of bud, flower, ripe fruit and immature fruit were analyzed. In addition, floral morphometry, tests to determine the reproductive system, and records of floral visitors were performed. Most of species were classified with annual flowering pattern. *Lepidaploa arenaria* has a continuous flowering pattern. Flowering started in the first semester of the year, in the rainy season, and fruiting at the end of the first semester, in the beginning of the dry season, with the average date of ripening fruits between the months of May and July. The flowers showed similar traits and spatial herkogamy. All species showed high fruit set in the treatments of spontaneous self-pollination and / or geitonogamy and control, with no statistical difference between them. Most species had P/O ratio greater than 2000. They were classified as facultative xenogams. *Parapiqueria cavalcantei* showed a lower P/O ratio (154.7), and it was classified as optional autogamous. In the species which it was possible to register floral visitors we verified different guilds of insects; the species were classified as ecologically generalists. The results of this study indicated the reproduction period, how these species reproduce and the main period for collecting seeds, allowing their better use in programs of conservation and recuperation of degraded areas.

**Keywords:** Amazon.Canga. Phenology. Reproductive System. Floral Visitors.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Estatística circular dos eventos fenológicos reprodutivos das espécies *Cavalcantia glomerata*, *Cavalcantia percymosa*, *Lepidaploa arenaria*, *Lepidaploa paraensis*, *Monogereion carajensis* e *Parapiqueria cavalcantei* em área de canga na Floresta Nacional de Carajás, Pará. .... 36
- Tabela 2** – Correlação entre as variáveis ambientais “Precipitação total mensal” e “Temperatura média mensal” e as fenofases reprodutivas das espécies, *Cavalcantia glomerata*, *Cavalcantia percymosa*, *Lepidaploa arenaria*, *Lepidaploa paraensis*, *Monogereion carajensis* e *Parapiqueria cavalcantei* em área de canga na Floresta Nacional de Carajás, Pará. Legenda: Prec atual: Precipitação do mês corrente; Prec 1: Precipitação de um mês anterior à fenofase; Prec 2: Precipitação de dois meses anteriores à fenofase, Prec 3: Precipitação de três meses anteriores à fenofase; Temp atual: Temperatura média do mês corrente; Temp 1: Temperatura média de um mês anterior à fenofase; Temp 2: Temperatura média de dois meses anteriores à fenofase; Temp 3: Temperatura média de três meses anteriores à fenofase. .... 38
- Tabela 3** – Valores percentuais da classificação do sincronismo da primeira data e atividade máxima da floração das espécies *Cavalcantia glomerata*, *Cavalcantia percymosa*, *Lepidaploa arenaria*, *Lepidaploa paraensis*, *Monogereion carajensis* e *Parapiqueria cavalcantei* em área de canga na Floresta Nacional de Carajás, Pará. .... 39
- Tabela 4** – Calendário de frutos maduros das espécies avaliadas na Serra dos Carajás, no Pará. O X indica o mês de maior porcentagem da fenofase, a cor cinza claro, o período em que há presença da fenofase na população em menor intensidade. A cor cinza escuro indica a data média dos frutos maduros nas espécies estudadas. .... 41
- Tabela 5** – Valores percentuais da classificação do sincronismo da primeira data e atividade máxima da frutificação das espécies *Cavalcantia glomerata*, *Cavalcantia percymosa*, *Lepidaploa arenaria*, *Lepidaploa paraensis*, *Monogereion carajensis* e *Parapiqueria cavalcantei*, em área de canga na Floresta Nacional de Carajás, Pará. .... 42
- Tabela 6** – Medidas morfológicas das flores de *Cavalcantia glomerata*, *Cavalcantia percymosa*, *Lepidaploa arenaria*, *Lepidaploa paraensis*, *Lepidaploa remotiflora*, *Monogereion carajensis* e *Parapiqueria cavalcantei*, em área de canga na Floresta

Nacional de Carajás, Pará. ....	49
<b>Tabela 7</b> – Sistema reprodutivo de <i>Cavalcantia glomerata</i> , <i>Cavalcantia percymosa</i> , <i>Lepidaploa arenaria</i> , <i>Lepidaploa paraensis</i> , <i>Lepidaploa remotiflora</i> e <i>Monogereion carajensis</i> , em área de canga na Floresta Nacional de Carajás, Pará. Legenda: AG: Autopolinização e/ou Geitonogamia espontâneas; C: Controle. ....	51
<b>Tabela 8</b> – Razão pólen/óvulo de <i>Cavalcantia glomerata</i> , <i>Cavalcantia percymosa</i> , <i>Lepidaploa arenaria</i> , <i>Lepidaploa paraensis</i> , <i>Lepidaploa remotiflora</i> , <i>Monogereion carajensis</i> e <i>Parapiqueria cavalcantei</i> em área de canga na Floresta Nacional de Carajás, Pará. ....	52

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Mapa de localização das áreas de estudo no interior da Floresta Nacional de Carajás, situada na Serra dos Carajás, sudeste do Pará. .... 24
- Figura 2** – Espécies de vegetação de canga da família Asteraceae selecionadas para o presente estudo: (A) *Cavalcantia glomerata*, (B) *Cavalcantia percymosa*, (C) *Lepidaploa arenaria*, (D) *Lepidaploa paraensis*, (E) *Lepidaploa remotiflora*, (F) *Monogereion carajensis* e (G) *Parapiqueria cavalcatei*. .... 25
- Figura 3** – Gráficos circulares das fenofases reprodutivas de *Cavalcantia glomerata* na Serra Norte (A-D) e Serra Sul (E-H) na FLONA de Carajás: A e E: fenofases de botão; B e F: fenofases de flor; C e G: fenofases de fruto imaturo; e D e H: fenofases de fruto maduro. Seta apontando direção da data média e tamanho da seta relativo ao comprimento do vetor  $r$ , representando o grau de agregação temporal dos dados fenológicos. .... 43
- Figura 4** – Gráficos circulares das fenofases reprodutivas de *Cavalcantia percymosa* S11B 1 (A-D) e S11B 2 (E-H) na FLONA de Carajás: A e E: fenofases de botão; B e F: fenofases de flor; C e G: fenofases de fruto imaturo; e D e H: fenofases de fruto maduro. Seta apontando direção da data média e tamanho da seta relativo ao comprimento do vetor  $r$ , representando o grau de agregação temporal dos dados fenológicos. .... 44
- Figura 5** – Gráficos circulares das fenofases reprodutivas de *Lepidaploa arenaria* na Serra Norte (A-D) e na Serra Sul na S11 A (E-H) e S11B(I-L) na FLONA de Carajás: A, E e I: fenofases de botão; B, F e J: fenofases de flor; C, G e K: fenofases de fruto imaturo; e D, H e L: fenofases de fruto maduro. Seta apontando direção da data média e tamanho da seta relativo ao comprimento do vetor  $r$ , representando o grau de agregação temporal dos dados fenológicos. .... 45
- Figura 6** – Gráficos circulares das fenofases reprodutivas de *Lepidaploa paraensis* na Serra Norte (A-D) e na Serra Sul (E-H) na FLONA de Carajás: A e E: fenofases de botão; B e F: fenofases de flor; C e G: fenofases de fruto imaturo; e D e H: fenofases de fruto maduro. Seta apontando direção da data média e tamanho da seta relativo ao comprimento do vetor  $r$ , representando o grau de agregação temporal dos dados fenológicos. .... 46
- Figura 7** – Gráficos circulares das fenofases reprodutivas de *Monogereion carajensis* na Serra Norte (A-D) e na Serra Sul (E-H) na FLONA de Carajás: A e E: fenofases de

botão; B e F: fenofases de flor; C e G: fenofases de fruto imaturo; e D e H: fenofases de fruto maduro. Seta apontando direção da data média e tamanho da seta relativo ao comprimento do vetor  $r$ , representando o grau de agregação temporal dos dados fenológicos. .... 47

**Figura 8** – Gráficos circulares das fenofases reprodutivas de *Parapiqueria cavalcantei* na Serra Sul (A-D) na FLONA de Carajás: A: fenofase de botão; B: fenofase de flor; C: fenofase de fruto imaturo; e D: fenofase de fruto maduro. Seta apontando direção da data média e tamanho da seta relativo ao comprimento do vetor  $r$ , representando o grau de agregação temporal dos dados fenológicos. .... 48

**Figura 9** – Visitantes florais das espécies de vegetação de canga da família Asteraceae selecionadas para o presente estudo: (A) *Cavalcantia glomerata*, (G) *Cavalcantia percymosa*, (H) *Lepidaploa arenaria*, (L) *Lepidaploa remotiflora*, (O) *Monogereion carajensis*. .... 53

## **LISTA DE SIGLAS**

**FLONA** – Floresta Nacional

**ITV** – Instituto Tecnológico Vale

**RAD** – Recuperação de áreas degradadas

**MG** – Museu Paraense Emílio Goeldi

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	OBJETIVOS	18
2.1	OBJETIVO GERAL	18
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3	REVISÃO DE LITERATURA	19
3.1	FENOLOGIA	19
3.1.1	FENOLOGIA E BIOLOGIA REPRODUTIVA DE ESPÉCIES AMAZÔNICAS	20
3.1.2	FENOLOGIA APLICADA A RECUPERAÇÃO DE ÁREAS	21
3.2	BIOLOGIA FLORAL E REPRODUTIVA	21
3.3	FAMÍLIA ASTERACEAE	22
4	METODOLOGIA	24
4.1	LOCAL DE ESTUDO	24
4.2	ESPÉCIES ESTUDADAS	25
4.3	FENOLOGIA	27
4.4	BIOLOGIA FLORAL	28
4.5	SISTEMA REPRODUTIVO	29
4.6	INTERAÇÃO PLANTA/POLINIZADOR	29
4.7	ANÁLISE DOS DADOS	30
5	RESULTADOS	32
5.1	FENOLOGIA REPRODUTIVA	32
5.1.1	FLORAÇÃO: BOTÃO E FLOR	32
5.1.2	FRUTIFICAÇÃO: FRUTO IMATURO E FRUTO MADURO	33
5.2	BIOLOGIA FLORAL	49
5.3	SISTEMA REPRODUTIVO	50
5.4	VISITANTES FLORAIS	52
6	DISCUSSÃO	54
7	CONCLUSÃO	59
	REFERÊNCIAS	60

## **ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO**

O presente trabalho encontra-se organizado sob a forma de relatório técnico, como disposto no Regulamento Interno do Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais em Regiões Tropicais do ITV DS.

### **RELATÓRIO TÉCNICO**

**Biologia reprodutiva de sete espécies de Asteraceae na Serra dos Carajás com potencial para uso em recuperação ambiental**

**Sob autoria de**

Hellen da Silva Lopes ...

PROD.TEC.ITV.DS. - N006/2021  
DOI 10.29223/PROD.TEC.ITV.DS.2021.06.Lopes

**Belém / PA**

**Março / 2021**

## 1 INTRODUÇÃO

Estudos fenológicos contribuem para o entendimento da reprodução das plantas, da organização temporal dos recursos dentro da comunidade, das interações planta-animal e da evolução da história de vida dos animais que dependem das plantas para alimentação, como polinizadores, herbívoros e dispersores (MORELLATO, 1991; MORELLATO & LEITÃO-FILHO, 1992). Compreender estas interações e as estratégias reprodutivas de plantas nativas de um dado ecossistema são ferramentas fundamentais para manejo, conservação de áreas naturais e recuperação de áreas degradadas (MORELLATO *et al.*, 2000; GARCIA, *et al.*, 2009).

Um aspecto importante para a compreensão dos processos reprodutivos é analisar como os fatores climáticos, tais como temperatura, precipitação, umidade e fotoperíodo estão relacionados diretamente com eventos fenológicos das espécies (MORELLATO *et al.*, 1991). A possível correlação dos eventos fenológicos com os fatores climáticos permite uma melhor compreensão sobre a dinâmica funcional dos biomas florestais (BATALHA & MANTOVANI, 2000), como o amazônico.

A Amazônia, situada na porção norte da América do Sul, possui extensão de aproximadamente seis milhões de km<sup>2</sup>, abrangendo nove países. O Brasil dispõe da maior parte desse território e abriga muitas espécies nativas, sendo considerado, em virtude disso, o país de maior biodiversidade do mundo (PERCOPE *et al.*, 2011; TER STEEGE *et al.*, 2013). Nesse bioma, destacamos a Serra dos Carajás, um complexo montanhoso que dispõe de um relevo acidentado com presença de platôs de afloramentos de rochas ferruginosas isoladas, com uma vasta concentração de recursos minerais em seu interior (VIANA *et al.*, 2016).

A Floresta Nacional (FLONA) de Carajás, localizada na Serra dos Carajás, apresenta dois ambientes fitofisionômicos distintos: um ambiente predominantemente arbóreo, representado por formações florestais, e outro com características herbáceo-arbustivas, denominado canga, que também apresenta formações de capão (com predominância de arvoretas e árvores).

A vegetação da canga apresenta características peculiares, tais como solos ácidos com altas concentração de metais e pobres em nutrientes, além de temperaturas elevadas e alta sazonalidade (MOTA *et al.*, 2015). Essas características estão associadas a estreita relação com solos ricos em minério de ferro e ambientes de variação extrema, seja pela amplitude térmica diária ou pelo regime sazonal bem marcado (NUNES, 2009). Além disso, é composta por 1.042 espécies botânicas

incluindo, dentre estas, 38 endêmicas (GIULIETTI *et al.*, 2019). Por estarem associadas à substratos ferríferos, estas espécies estão submetidas a atividade mineradora para extração do minério de ferro, um importante recurso no contexto da matéria prima nacional. Desta forma a estabilidade dessas populações e do ecossistema de canga é comprometida (GARCIA *et al.*, 2010).

Neste contexto, a família Asteraceae é uma das mais ricas no ambiente de canga na FLONA de Carajás, representada por 26 gêneros e 34 espécies, incluindo dois gêneros e quatro espécies endêmicas (CRUZ *et al.*, 2016; MOTA *et al.*, 2018; GIULIETTI *et al.*, 2019). Algumas espécies do grupo são indicadas como potenciais para recuperação de áreas degradadas (RAD), em virtude de sua grande produção de sementes, estarem associadas aos afloramentos ferríferos e serem nativas e/ou endêmicas, tornando-as espécies críticas para RAD (GIANNINI *et al.*, 2016; ZAPPI *et al.*, 2018).

Devido a sua representatividade na flora local, para este estudo selecionamos espécies nativas e/ou endêmicas da família Asteraceae das cangas da Serra dos Carajás, tais como *Cavalcantia glomerata* (G.M.Barroso & R.M.King) R.M.King & H.Rob., *Cavalcantia percymosa* R.M.King & H.Rob., *Lepidaploa arenaria* (Mart.exDC.) H.Rob., *Lepidaploa paraensis* (H.Rob.) H.Rob., *Lepidaploa remotiflora* (Rich.) H.Rob., *Monogereion carajensis* G.M.Barroso & R.M.King e *Parapiqueria cavalcantei* R.M.King & H.Rob., com possível potencial para RAD.

Foram investigados aspectos da biologia floral reprodutiva destas espécies, tais como fenologia, morfologia floral, sistema reprodutivo e interação planta-polinizador. Com este estudo foi possível ampliar o conhecimento sobre as espécies das cangas de Carajás, apontamos o período e o modo de reprodução destas plantas e o principal período para coleta de sementes para utilização em programas de conservação e recuperação de áreas degradadas, uma vez que existem poucos estudos com essa abordagem para espécies de canga (GARCIA, *et al.*, 2009). Desta forma, a partir desses dados levantados, este estudo auxiliará na adoção de estratégias eficazes para conservação do ecossistema de canga e planejamento para recuperação de áreas mineradas da FLONA de Carajás

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a biologia reprodutiva das espécies nativas da vegetação de canga, tais como *Cavalcantia glomerata*, *C. percymosa*, *Lepidaploa arenaria*, *L. paraensis*, *L. remotiflora*, *Monogereion carajensis* e *Parapiqueria cavalcantei* pertencentes à família Asteraceae.

### 2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Conhecer o período de ocorrência das fenofases reprodutivas das espécies avaliadas;
- ✓ Avaliar a intensidade das diferentes fenofases reprodutivas ao longo de um ano;
- ✓ Correlacionar as diferentes fenofases reprodutivas com as variáveis ambientais;
- ✓ Classificar o tipo de floração das espécies estudadas;
- ✓ Analisar a morfologia floral das sete espécies estudadas;
- ✓ Determinar o sistema reprodutivo das espécies estudadas;
- ✓ Realizar registros dos visitantes florais nas espécies estudadas e avaliar o comportamento destes animais nas flores;
- ✓ Levantar informações que contribuam para utilização das espécies na recuperação de áreas degradadas e conservação de áreas naturais e recuperadas.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 FENOLOGIA

Estudos fenológicos abordam acontecimentos biológicos repetitivos relacionados ao clima, como os eventos de floração e frutificação, auxiliando na compreensão dos padrões reprodutivos das plantas (LIETH, 1974; MORELLATO, 1995). A relação das diferentes fenofases (botão, flor, fruto imaturo e fruto maduro) com as variáveis ambientais permitem a compreensão da dinâmica reprodutiva das espécies (WRIGHT, 1991; MORELLATO & LEITÃO-FILHO, 1992; FUNCHS *et al.*, 2003; MUNHOZ & FELFILI, 2003; CHAMBERS *et al.*, 2013; SOUZA *et al.*, 2014).

Dentre os aspectos da dinâmica de populações e comunidades que o conhecimento dos ciclos fenológicos reprodutivos das plantas proporcionam, podemos destacar: (1) a biologia floral das espécies e suas estratégias reprodutiva (GLEESON, 1981); (2) a interação planta-polinizador (GUSSON *et al.*, 2006); (3) a interação planta-dispersor (CONCEIÇÃO *et al.*, 2007); (4) a distribuição de recursos na comunidade (FREITAS *et al.*, 2014); (5) a conservação das espécies (MANTOVANI *et al.*, 2003); (6) os efeitos das mudanças climáticas nos ciclos reprodutivos (MORELLATO *et al.*, 2016); e (7) a recuperação de áreas degradadas e plano de manejo de áreas (BUISSON *et al.*, 2017).

Dados fenológicos podem direcionar o período adequado para estudos sobre a reprodução das espécies vegetais (PIEDEDE-KIILL *et al.*, 1999; DUTRA *et al.*, 2009; SOUZA *et al.*, 2014). Além disso, possibilitam avaliar as interações plantas-polinizador e planta-dispersor, que estão relacionados a oferta dos recursos florais, frutos e sementes, respectivamente, disponíveis na comunidade (CONCEIÇÃO *et al.*, 2007; FREITAS *et al.*, 2014).

Os fatores abióticos exercem influências sobre o ciclo reprodutivo das plantas. Mudanças climáticas podem afetar as interações planta-animal devido a possíveis deslocamentos temporais da data do período reprodutivo das plantas, afetando a oferta de recursos florais na comunidade, podendo resultar em consequências negativas para os visitantes e para a reprodução das plantas (DONNELLY *et al.*, 2011; MORELLATO *et al.*, 2016). Ainda, o conhecimento sobre a dinâmica dos ciclos reprodutivos das espécies pode direcionar o processo de conservação, recuperação e plano de manejo de áreas (MANTOVANI *et al.*, 2003; REYS *et al.*, 2005; BUISSON *et al.*, 2017).

### 3.1.1 FENOLOGIA E BIOLOGIA REPRODUTIVA DE ESPÉCIES AMAZÔNICAS

O levantamento de informações sobre a biologia reprodutiva das espécies da vegetação canga na Amazônia, apresenta-se como uma ferramenta no direcionamento do manejo e conservação desse ecossistema (SHEAFER *et al.*, 2016). No entanto, estudos fenológicos de espécies amazônicas se apresentam de forma fragmentada, estando voltados principalmente para espécies com potencial econômico (MUNIZ, 2008).

Nesse contexto, os estudos de biologia reprodutiva ainda são limitados em florestas tropicais, estando, principalmente, voltados a vegetações herbáceo-arbustivo em áreas campestres (CONCEIÇÃO *et al.*, 2007). Há uma escassez de trabalhos sobre fenologia, geralmente de curta duração, com enfoque para espécies arbóreas ou lenhosas (MORELLATO, 2007), havendo também poucos estudos voltados para o estrato herbáceo arbustivo (GALDIANO, 2017).

Embora até o momento não haja estudos publicados sobre fenologia de espécies ocorrentes de canga na Amazônia, Vasconcelos *et al.* (in prep.), realizaram um estudo sobre fenologia de algumas espécies endêmicas das cangas na FLONA de Carajás. No estudo mencionado, todas as espécies avaliadas apresentaram ciclo reprodutivo anual. Além disso, foi determinado no presente estudo o pico de cada fenofase para cada espécie com todas as populações apresentando pico de floração em março, pico de frutos imaturos em maio e pico de frutos maduros em junho. Ainda, todas as espécies apresentaram sazonalidade para as diferentes fenofases, sendo a água um importante estímulo para a floração.

Nas cangas do Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais, Garcia *et al.* (2009) realizaram um estudo fenológico e demonstraram que as espécies avaliadas apresentam padrões fenológicos distintos, com espécies com floração anual (*Calypttranthes* sp. e *Miconia sellowiana*), subanual (*Coccoloba acrostichoides*) e contínua (*Alibertia vaccinioides*). Além disso, Garcia *et al.* (2009) elencaram também a importância dos conhecimentos fenológicos para a seleção de espécies que dispersam em diferentes períodos, mantendo a relação planta-dispersor ao longo do ano, contribuindo para o sucesso reprodutivo das populações em programas de RAD.

Portanto, para a adoção de estratégias eficazes de conservação e recuperação de áreas, torna-se fundamental a compreensão da dinâmica reprodutiva das espécies alvo (MONASTERIO & SARMIENTO, 1976; MONTEIRO *et al.*, 2006; ANTUNES, 2013). A ausência de dados sobre os padrões fenológicos na Amazônia dificulta o

planejamento e utilização de espécies nativas em projetos de recuperação de áreas degradadas neste ecossistema (GARCIA *et al.*, 2009).

### 3.1.2 FENOLOGIA APLICADA A RECUPERAÇÃO DE ÁREAS

Estudos fenológicos são uma ferramenta ambiental integrativa (MORELLATO *et al.*, 2016). Entretanto, são pouco utilizados como base para a recuperação de áreas degradadas (MORELLATO *et al.*, 2016). A partir da determinação do período reprodutivo das plantas é possível direcionar a época ótima de produção de semente, bem como sua coleta, além de compreender a competição de plantas por polinizadores e dispersores e como os recursos estão ofertados pelas espécies de plantas ao longo do ano, sendo esses conhecimentos úteis na seleção de espécies para manejo e utilização em programas de recuperação de áreas (BIONDE *et al.*, 2007; GARCIA *et al.*, 2009; MORELLATO *et al.*, 2016; BUISSON *et al.*, 2017).

A utilização de sementes de espécies nativas é a mais indicada para projetos de recuperação (BUCHAROVA *et al.*, 2016). Em estudo realizado por Miller *et al.* (2011), foi demonstrado que as informações sobre a fenologia reprodutiva das espécies locais são relevantes para a utilização de sementes viáveis, contribuindo para o sucesso na introdução de espécies nativas no ambiente em recuperação.

Em ecossistema de canga nos Campos Rupestres do Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais, Garcia *et al.* (2009) realizaram um estudo fenológico com foco para RAD. Os autores sugeriram a seleção de espécies com diferentes padrões fenológicos em função de maior período de oferta de recursos ao longo do ano, o que poderia aumentar a capacidade de autorregeneração da comunidade, promovendo um processo de recuperação de áreas mais bem-sucedido. Desta forma, o estudo fenológico viabiliza a indicação de diferentes espécies e a construção de um calendário de coleta de sementes eficaz para RAD (GARCIA *et al.*, 2009; BUISSON *et al.*, 2017).

### 3.2 BIOLOGIA FLORAL E REPRODUTIVA

O conhecimento sobre a biologia floral e o sistema reprodutivo das espécies nos permite entender melhor as interações entre flores e polinizadores, as estratégias reprodutivas das plantas, bem como a dispersão dos diásporos que influenciam diretamente a distribuição dos indivíduos no ambiente (GLEESON, 1981; GUSSON *et al.*, 2006; SILVA & PINHEIRO, 2007).

O mecanismo de reprodução das espécies, seja por autogamia (plantas, em sua grande maioria hermafroditas, que se reproduzem por autofertilização) ou xenogamia (plantas que se reproduzem predominantemente por fecundação cruzada), pode apresentar vantagens e desvantagens (OLIVEIRA & MARUYAMA, 2014).

De maneira geral, podemos destacar que espécies autógamias apresentam um genótipo parental com elevada adaptação local e mantém sua reprodução na ausência de polinizadores, entretanto há redução das chances de certas recombinações genéticas, implicando negativamente na variabilidade genética (RAMÍREZ & BRITO, 1990; JAIMES & RAMÍREZ, 1999; BARRINGER, 2007), estando mais expostas à eventos de extinção. Já espécies xenógamas apresentam fluxo gênico entre os indivíduos, contribuindo para um maior sucesso reprodutivo (maior produção de frutos), entretanto, são altamente dependentes de polinização cruzada (NUCCI, 2017).

Nessa perspectiva, Scariot *et al.* (1991) afirmam que as espécies xenógamas facultativas, por combinar os dois mecanismos supracitados, “garantem um alto nível de adaptabilidade da população às condições vigentes do ambiente associado à manutenção de elevado potencial evolutivo através da recombinação, capacitando a espécie para a colonização de novas e extensas áreas”. Portanto, estudos dos mecanismos de cruzamento de espécies de plantas tornam-se necessários para melhor compreensão de suas estratégias reprodutivas, especialmente em novos ambientes de recuperação, além de indicar possíveis susceptibilidades das espécies à riscos.

### 3.3 FAMÍLIA ASTERACEAE

A família Asteraceae destaca-se como uma das mais representativas dentre as angiospermas, sendo composta por 25.037 espécies (PANERO & CROZIER 2016), distribuídas em aproximadamente 1700 gêneros, 13 subfamílias e 44 tribos (PANERO *et al.*, 2014).

Dentre as características gerais da família, destacam-se a organização das flores em capítulos altamente modificados, anteras sinânteras, presença de ovário bicarpelar ínfero com formação de cipsela e sépalas ausentes ou modificadas em pápus (JANSEN & PALMER, 1988; ROQUE & BAUTISTA, 2008). Além disso, apresentam ampla distribuição, estando presente, com exceção da Antártida, em

todos os continentes do mundo, sendo mais representativas em regiões semiáridas e temperadas (ROQUE & BAUTISTA, 2008).

No Brasil, existem cerca de 2.100 espécies, agrupadas em 28 tribos e 290 gêneros, com ocorrência em todos os biomas brasileiros (BFG, 2018). Dentre as espécies da família Asteraceae mencionadas, 1.330 são endêmicas e estão agrupadas em 70 gêneros, apresentando ocorrência nos diferentes domínios fitogeográficos do país (BFG, 2018).

Nas cangas da Serra dos Carajás, destaca-se como uma das famílias mais representativas desse ecossistema, com ocorrência de 34 espécies distribuídas em 26 gêneros (CRUZ, 2016). Dentre as Asteraceae presentes da Serra dos Carajás, quatro são endêmicas, sendo três delas de distribuição bastante restrita (GIULIETTI *et al.*, 2019).

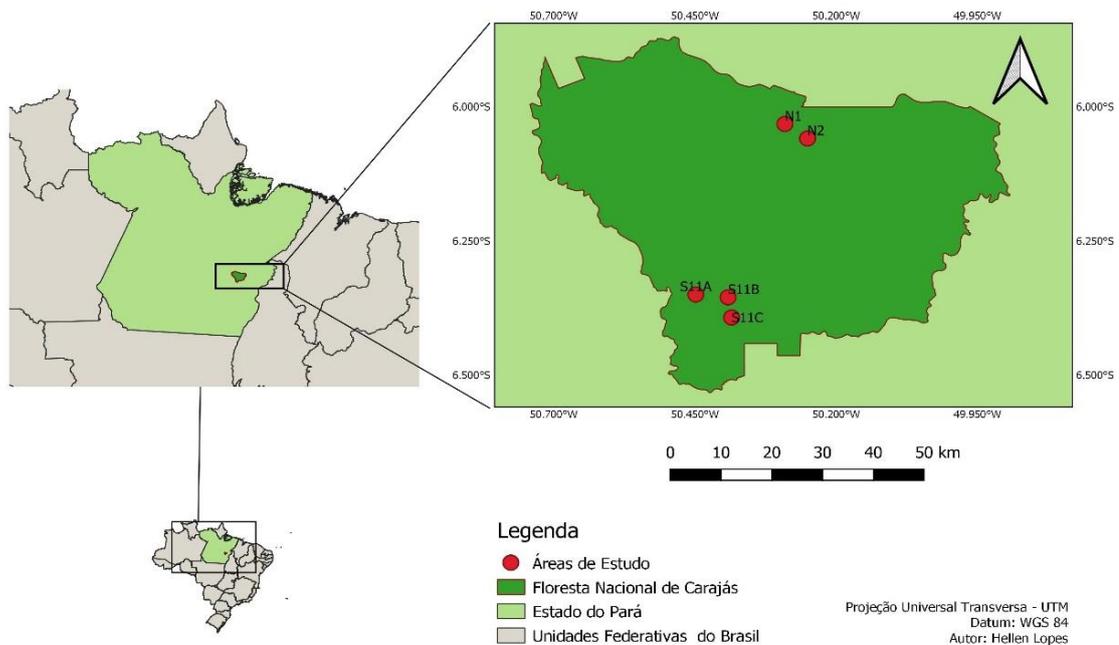
Portanto, considerando a representatividade dentre as angiospermas e o endemismo nas Asteraceae, torna-se de suma importância o desenvolvimento de estudos que levantem informações sobre particularidades das espécies e que possam auxiliar na conservação e manejo das áreas naturais e na recuperação de áreas mineradas (JUSAITIS *et al.*, 2003; SUN & RITLAND, 1998; CLAMPITT, 1987).

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 LOCAL DE ESTUDO

O estudo foi realizado na FLONA de Carajás, pertencente ao bioma Amazônico, localizada na Serra dos Carajás, no sudeste do Pará, mais especificamente nos platôs N1 (6°01'55" S, 50°17'27" W) e N2 (6°03'32" S, 50°15'03" W) da Serra Norte e S11A (6°20'57" S, 50°26'56" W), S11B (6°21'17" S, 50°23'28" W) e S11C (6°22'59" S, 50°23'07" W) da Serra Sul (Figura 1). O estudo ocorreu nestes platôs devido serem as áreas de ocorrência das espécies selecionadas.

**Figura 1** - Mapa de localização das áreas de estudo no interior da Floresta Nacional de Carajás, situada na Serra dos Carajás, sudeste do Pará.



**Fonte:** LOPES, 2019.

O clima de acordo com a classificação de Köppen se enquadra no tipo Aw, apresentando um clima tropical com estações bem definidas por períodos secos (inverno) e chuvosos (verão) (ALVARES *et al.*, 2013). O inverno dura, em média, de maio a outubro, e o verão, de novembro a abril, marcado por chuvas torrenciais (SCHAEFER *et al.*, 2016).

A média de precipitação é considerada elevada com valor de 2.033 mm ao ano, concentrando-se o período de maior precipitação entre os meses de janeiro a

março. Já a umidade relativa do ar apresenta-se elevada durante todo ano com média mensal que oscila entre 76,8 e 88,5 %. A temperatura média mensal encontra-se entre 25,1° C e 26,3° C (VIANA *et al.*, 2016).

A vegetação predominante na área de estudo é caracterizada como sendo de canga, apresentando espécies herbáceo-arbustivas anuais e perenes que constituem as diferentes fitofisionomias (DEVECCHI *et al.*, 2020; NUNES, 2009). A vegetação de canga apresenta uma notável sazonalidade em função dos períodos bem definidos de precipitação e estiagem (VIANA *et al.*, 2016).

#### 4.2 ESPÉCIES ESTUDADAS

Para realização do presente estudo, foram selecionadas sete espécies da família Asteraceae presentes na vegetação de canga: *Cavalcantia glomerata*, *C. percymosa*, *Lepidaploa arenaria*, *L. paraensis*, *L. remotiflora*, *Monogereion carajensis* e *Parapiqueria cavalcatei* (Fig. 2). Foram selecionados vouchers (espécime-testemunho) para cada espécie, sendo as mesmas identificadas e depositadas no herbário do Museu Paraense Emílio Goeldi (MG) sob os números de coleta de Mayara Pastore (MP 823; 827; 818; 821; 846; 828 e 519, respectivamente).

**Figura 2** - Espécies de vegetação de canga da família Asteraceae selecionadas para o presente estudo: (A) *Cavalcantia glomerata*, (B) *Cavalcantia percymosa*, (C) *Lepidaploa arenaria*, (D) *Lepidaploa paraensis*, (E) *Lepidaploa remotiflora*, (F) *Monogereion carajensis* e (G) *Parapiqueria cavalcatei*.



Fonte: COSTA, 2019.

*Cavalcantia glomerata* e *C. percymosa* são caracterizadas pelos ramos com folhas basais deltoides e opostas, e as apicais lanceoladas e alternas com margem denteada. *Cavalcantia glomerata* apresenta capitulescência glomeruliforme e brácteas involucrais bisseriadas, enquanto *C. percymosa* dispõe de capitulescência paniculiforme e brácteas involucrais em uma série (CRUZ *et al.*, 2016).

*Lepidaploa arenaria*, *L. remotiflora* e *L. paraensis* apresentam algumas características florais morfológicas em comum, tais como capítulos lilases a roxos em arranjos escorpioides, o que dificulta a diferenciação entre elas (CRUZ *et al.*, 2016). Estas espécies podem se diferenciar principalmente a partir de suas características vegetativas (CRUZ *et al.*, 2016).

*Monogereion carajensis* possui tricomas pubescentes glandulares ao longo dos ramos, pecíolos, folhas e pedúnculos, oferecendo à planta leve odor e textura pegajosa, além de dispor de capitulescência corimbiforme ou capítulo solitário (CRUZ *et al.*, 2016).

*Parapiqueria cavalcantei* é uma erva que se caracteriza por apresentar folha sésstil, linear, capitulescência em panículas tirsóides e capítulos laxos, flores desprovidas de pápus e corola com 4 lobos. Difere-se das demais Asteraceae principalmente por seu tamanho de até 15 cm de altura e por ser adaptada a ambientes úmidos e sombreados, desenvolvendo-se entre rachaduras de rochas que ocorrem em associação com cursos d'água intermitente (CRUZ *et al.*, 2016).

Dentre as espécies estudadas, *Cavalcantia glomerata*, *Lepidaploa paraensis*, *Monogereion carajensis* e *Parapiqueria cavalcantei* são endêmicas da Serra dos Carajás, sendo indicadas, com exceção de *P. cavalcantei*, para restauração de áreas mineradas (ZAPPI *et al.*, 2018). Além disso, em função da abrangência de *C. glomerata* e *L. paraensis* ser menor que 5000 km<sup>2</sup>, porém maior que 100 km<sup>2</sup>, são consideradas espécies endêmicas de alcance restrito. *Parapiqueria cavalcantei* além de microendêmica, é considerada altamente restrita em função da sua extensão de ocorrência ser < 100 km<sup>2</sup>, condições que a torna espécie crítica para conservação. *Monogereion carajensis* é endêmica, porém possui abrangência > 5.000 km<sup>2</sup> não sendo classificada como espécie de alcance restrito (GIULIETTI *et al.*, 2019). As espécies apresentam diferentes padrões de distribuição no ambiente estudado. Foi observado que *C. percymosa*, *C. glomerata*, *L. remotiflora* e *M. carajensis* ocupam preferencialmente bordas de capão ou áreas perturbadas, como bordas de

estradas/caminhos, enquanto as demais estão predominantemente distribuídas em ambientes menos perturbados (ou mais homogêneos) nas áreas de canga.

As espécies selecionadas neste estudo têm características que as tornam potenciais para recuperação de áreas degradadas, tais como uma expressiva produção de sementes, dispersão pelo vento (anemocoria), desenvolvimento em solos inóspitos e a distribuição restrita de algumas espécies (GIANNINI *et al.*, 2016).

### 4.3 FENOLOGIA

Foram selecionados de 10 a 30 indivíduos com distância mínima de um metro de cada espécie em fase reprodutiva para o monitoramento da fenologia nas áreas de estudo. Já para *P. cavalcantei* a seleção foi contínua, sendo a seleção inicial de 10 indivíduos sendo analisado um total de 35 indivíduos. Entretanto, ao longo do monitoramento, à medida que os indivíduos selecionados morriam era realizada uma nova remarcação, levando em consideração para a seleção dos novos indivíduos a semelhança da fenofase, tamanho e proximidade do indivíduo substituído. Os indivíduos foram avaliados quanto à intensidade de floração, botão e flor, e frutificação, fruto imaturo e fruto maduro.

As fenofases foram monitoradas mensalmente, no período de abril de 2019 a fevereiro de 2020, sendo aplicado para essa avaliação o índice de intensidade de Fournier (1974) que atende uma escala de cinco categorias que variam de 0 a 4: (0) ausência de fenofase, 0%; (1) intensidade da fenofase entre 1 e 25%; (2) intensidade da fenofase entre 26 e 50%; (3) intensidade da fenofase entre 51 e 75%; e (4) intensidade da fenofases entre 76 e 100%.

Devido a pandemia de Covid-19 não foi possível coletar dados em campo para o último mês da amostra fenológica (março de 2020). Para obtenção deste dado foi calculado o valor médio do mês anterior, fevereiro, e do mês posterior, abril, para cada indivíduo de cada população de cada espécie. Entretanto, este cálculo não foi realizado para *L. remotiflora*, que passou a ser monitorada no mês de maio 2019, não sendo possível realizar o fechamento da amostra fenológica de um ano.

Para cada população de cada espécie, o percentual de intensidade de Fournier foi calculado mensalmente por meio do somatório dos valores individuais das categorias de intensidade obtidos para todos os indivíduos, dividido pelo número total de indivíduos multiplicado por quatro, de acordo com a fórmula  $[(\sum \text{Fournier}) \cdot (4N) - 1] / 100$  (Fournier 1974). A partir desse método, foi possível avaliar o período e a

intensidade de ocorrência das diferentes fenofases em cada população.

A classificação quanto a estratégia de floração de cada espécie foi realizada de acordo com os critérios de Newstrom *et al.* (1994): contínua (ocorrência ao longo do ano), sub-anual (ocorre mais de uma vez por ano), anual (um evento a cada ano) e supra-anual (a cada dois anos ou mais). Buscando avaliar a sincronia dessas fases dentro das populações, foram avaliadas as seguintes variáveis a) data da primeira floração, b) data do pico da floração, (c) data da primeira frutificação e (d) data do pico de frutificação. Foram considerados eventos fenológicos assíncronicos: < 20% de indivíduos apresentarem a mesma fenofase; sincronia baixa: 20-60% de indivíduos na mesma fenofase e sincronia alta: > 60% de indivíduos na mesma fenofase (BENCKE & MORELLATO, 2002).

Para verificar possível influência das condições ambientais nas diferentes fenofases de cada espécie, foram obtidas variáveis ambientais como temperatura média mensal, temperatura mínima mensal, temperatura máxima mensal, umidade relativa do ar mensal e precipitação total mensal das áreas de estudo. Os dados climáticos foram provenientes das estações meteorológicas do Instituto Tecnológico Vale - Desenvolvimento Sustentável (ITV) do projeto Salobo (Serra Norte), no município de Parauapebas (05° 58' 37" S 50° 08' 24" W, alt.: 209 m) e Sossego (Serra Sul) em Canaã dos Carajás (06 ° 26 '35 "S, 50 ° 02' 05" W, alt .: 236 m), no Pará.

#### 4.4 BIOLOGIA FLORAL

A morfologia floral foi analisada por meio botões, flores e frutos de indivíduos distintos de cada espécie selecionada. O material biológico foi coletado em campo e armazenado em álcool 70%. Posteriormente, no laboratório, com auxílio de estereomicroscópio (ZEISS StreREO Discovery.V8, Alemanha) acoplado a uma câmera (ZEISS AxioCam ICc5, Alemanha), foram tomadas medidas das diferentes estruturas florais utilizando o software Zen (blue edition, 2014).

Foram selecionados 10 capítulos provenientes de 10 indivíduos distintos de cada espécie, e posteriormente selecionadas 3 flores por capítulo para análise das estruturas, totalizando 30 flores analisadas por espécie. Entretanto, para *L. remotiflora* em virtude de ter sido inclusa neste estudo no final de sua floração, foi possível analisar apenas seis capítulos e 18 flores no total (3 por capítulo). Medições e quantificações das estruturas foram padronizadas da seguinte maneira: número de flores por capítulo; tipo de sépala e pétala; comprimento e diâmetro da corola;

comprimento do androceu (antras + filetes) e gineceu (estigma, estilete e ovário); assim como diâmetro do ovário.

#### 4.5 SISTEMA REPRODUTIVO

Para determinar o sistema reprodutivo foram selecionados dez indivíduos de cada espécie, sendo realizados os seguintes tratamentos: 1) autopolinização e/ou geitonogamia espontâneas, e 2) controle. No tratamento 1, devido a impossibilidade de isolar um único botão devido ao pequeno tamanho da estrutura para checar a autopolinização, foi necessário isolar o capítulo. Desta forma, o resultado deste tratamento pode incluir autopolinização da própria flor e entre flores do mesmo capítulo (geitonogamia) de forma espontânea. Ainda, em virtude do pequeno tamanho dos indivíduos, capítulos e flores de *P. cavalcantei*, não foi possível realizar o experimento. Os indivíduos selecionados para cada espécie foram distintos dos indivíduos do estudo fenológico.

No primeiro tratamento, para cada espécie, foram isolados dez capítulos exclusivamente com botões em pré-antese em sacos de tecidos para avaliar a capacidade de autopolinização e/ou geitonogamia espontâneas. Para o tratamento do controle, outros dez capítulos com botões em pré-antese foram marcados e as estruturas reprodutivas ficaram livres para serem visitadas por possíveis vetores de pólen. Após 30 dias, os tratamentos foram coletados para observação da formação dos frutos e verificação de possíveis diferenças na formação de frutos entre os dois tratamentos aplicados para cada espécie.

A razão pólen/óvulo de cada espécie estudada também foi determinada. Para isso, foram utilizados 10 botões florais em pré-antese de 10 indivíduos diferentes para cada espécie, com exceção de *L. remotiflora*, que foram utilizados seis botões de indivíduos distintos. O número de grãos de pólen por flor foi contado, através de contagem direta. A contagem dos grãos de pólen de cada antera e o número de óvulos foi realizada com auxílio de microscópio óptico. Foi adotado o cálculo e classificação dos sistemas reprodutivos proposto por Cruden (1977), onde o total de grãos de pólen foi dividido pelo número de óvulos presentes em cada flor de cada espécie.

#### 4.6 INTERAÇÃO PLANTA/POLINIZADOR

Buscando compreender a interação entre as espécies estudadas e seus

visitantes florais, foram realizados, a partir de caminhada em campo, registros fotográficos de visitantes das espécies avaliadas. Para *L. paraensis* e *P. cavalcantei* não foi possível realizar registro de visitantes. A partir dos registros realizados, os visitantes foram identificados com auxílio de especialistas em pelo menos a ordem e/ou família a que pertencem, e a nível de espécie quando possível. Os registros foram realizados ao longo do período de estudo.

#### 4.7 ANÁLISE DOS DADOS

Para análise da fenologia foi aplicada a análise estatística circular por meio do software ORIANA 4 (Kovach, 2002). Para aplicação da análise circular, os meses foram convertidos em ângulos, de  $0^{\circ}$  = janeiro ( $n^{\circ}$  1) a  $330^{\circ}$  = dezembro ( $n^{\circ}$  12) em intervalos de  $30^{\circ}$ . Para cada espécie e cada população de cada espécie foram calculados os seguintes parâmetros: (1) ângulo médio ( $u$ ) ou data média da atividade dos eventos fenológicos, (2) o comprimento do vetor médio ( $r$ ), (3) o desvio padrão circular e (4) a significância do ângulo médio. O vetor  $r$  representa o grau de agregação temporal dos dados fenológicos, fenofases com valores superiores a 0,5 para esse parâmetro são consideradas agregadas. Para determinar a significância do ângulo médio, determinando uma possível sazonalidade dos eventos fenológicos aplicou-se o teste de Rayleigh (MORELLATO *et al.*, 2010)

Foi realizada a correlação de Spearman ( $r$ ) entre as variáveis ambientais buscando identificar aquelas não correlacionadas, e, posteriormente, aplicada a mesma correlação entre as intensidades das fenofases de cada espécie e as variáveis selecionadas buscando identificar se há correlação significativa entre as mesmas. As variáveis ambientais que apresentaram correlação positiva significativa foram temperatura média e mínima mensal (Estação Salobo:  $r_s = 0,96$ ;  $p < 0,01$ ; Estação Sossego:  $r_s = 0,97$ ;  $p < 0,01$ ), temperatura média e máxima mensal (Estação Salobo:  $r_s = 0,86$ ;  $p < 0,01$ ; ; Estação Sossego:  $r_s = 0,96$ ;  $p < 0,01$ ), temperatura máxima e mínima mensal (Estação Salobo:  $r_s = 0,83$ ;  $p < 0,01$ ; Estação Sossego:  $r_s = 0,89$ ;  $p < 0,01$ ) e precipitação total mensal e umidade relativa do ar (Estação Salobo:  $r_s = 0,83$ ;  $p < 0,01$ ; Estação Sossego:  $r_s = 0,87$ ;  $p < 0,01$ ).

Portanto, a partir dessa análise, selecionamos as variáveis temperatura média mensal e precipitação total do mês corrente do pico de cada fenofase, bem como um, dois e três meses anteriores a expressão da fenofase devido a possíveis atrasos de

estímulo pelos fatores ambientais. As correlações foram realizadas utilizando o software BioEstat 5.3. (AYRES *et al.*, 2007).

Para avaliar possíveis diferenças no sucesso reprodutivo entre os tratamentos para cada espécie estudada foi aplicado o teste Qui-quadrado utilizando o software BioEstat 5.3. (AYRES *et al.*, 2007).

## 5 RESULTADOS

### 5.1 FENOLOGIA REPRODUTIVA

Foi possível observar no presente trabalho que a maioria das espécies de Asteraceae avaliadas apresentaram floração no primeiro semestre do ano e frutificação no final do semestre em questão, com exceção para *Monogereion carajensis* (N1/S11B) que apresentou o pico de floração e frutificação no mês de abril. Abaixo detalhamos cada fenofase das espécies estudadas.

#### 5.1.1 FLORAÇÃO: BOTÃO E FLOR

A partir das análises circulares verificamos que as seis espécies monitoradas, quanto a intensidade de botões e flores, apresentaram data média de ambas as fenofases em abril. A fenofase de botão durou de dois a onze meses e a de flor de três a 11 meses. Dentre as espécies analisadas, *Lepidaploa arenaria* nos platôs S11A e S11B apresentou maior período com botões e flores, com ocorrência de 9 e 11 meses em ambas as fenofases. As espécies que apresentaram menor período com botões e flores foram *L. paraensis* e *M. carajensis*, com duração de dois a três meses em ambas as fenofases. *Parapiqueria cavalcantei* também apresentou curto período de floração a nível individual, com duração de um a dois meses com botões e flores, e a nível populacional, duração de cinco meses para ambas as fenofases. As datas e ângulos médios da fenofase de botões e flores das espécies estudadas estão na Tabela 1. Verificamos que todas as espécies estudadas apresentam comprimento do vetor maior que 0.7. Além disso, o teste de uniformidade de Rayleigh revelou que as espécies estudadas para essas fenofases apresentam sazonalidade (Tabela 1).

Embora para *L. remotiflora* não tenha sido possível determinar a data média e pico da fenofase de botão e flor, foi possível observar que estas fases estiveram presentes nos meses de maio e junho. Dentre esses dois meses de observação, esta espécie apresentou maior concentração de botões e flores no mês de maio.

Levando em consideração as variáveis ambientais, a precipitação foi um fator correlacionado positivamente com a fenofase de botão e flor com da maioria das populações das espécies estudadas. Destacamos que para algumas populações dessas espécies, esta correlação ocorreu com os dados de precipitação de dois ou três meses anteriores a expressão da fenofase, caracterizando um atraso destas fenofases em relação a variável ambiental. A temperatura foi um fator ambiental que esteve correlacionado significativamente com a fenofase de botão e flor das

populações de *C. glomerata*, *L. Arenaria*, *L. paraensis* e *M. carajensis* localizadas na Serra Norte (Tabela 2).

De acordo com a classificação proposta por Newstrom (1994), a maioria das espécies estudadas foram classificadas com padrão de floração anual, uma vez que expressam essa fenofase apenas por alguns meses durante o ano. *Lepidaploa arenaria* apresentou padrão de floração classificada como contínua, com expressão da fenofase de flor ao longo do ano.

Considerando a primeira data de floração e atividade máxima das populações estudadas, os indivíduos das espécies *C. glomerata*, *C. percymosa*, *L. arenaria* (N1), *L. paraensis* e *M. carajensis* apresentaram elevado grau de sincronismo, variando entre 90 a 100 % para ambos os critérios avaliados (Tabela 3). *Lepidaploa arenaria* (S11A) e *Parapiqueria cavalcantei* apresentaram baixo sincronismo entre os indivíduos para a primeira floração com 30 e 20 % (respectivamente) e elevado durante o pico dessa fenofase com 90 e 80%, respectivamente. Já *L. arenaria* (S11B) apresentou assincronia entre os indivíduos (10%) para primeira data de floração, e elevado sincronismo durante a atividade máxima desta fenofase (100 %).

#### 5.1.2 FRUTIFICAÇÃO: FRUTO IMATURO E FRUTO MADURO

A maioria das populações das espécies apresentaram mês médio de frutos imaturos em abril, apresentando *C. glomerata* (S11B) e *C. percymosa* (S11B1) data média em maio e *P. cavalcantei* com data média em junho (Tabela). Foi possível observar que a fenofase de fruto imaturo para as espécies analisadas, teve uma duração de dois a oito meses.

A data média de frutos maduros variou entre as espécies e populações estudadas. As populações de *M. carajensis* apresentaram data média em abril, *C. glomerata* em N2, *C. percymosa* em S11B 2 e *L. paraensis* em N1 tiveram data média no mês de maio. Já *C. glomerata* (S11B), *C. percymosa* (S11B 1), *Lepidaploa arenaria*, nos platôs S11A e S11B, *L. paraensis* (S11A) e *P. cavalcantei* apresentaram data média de frutos maduros em junho, e a população do platô N1 de *L. arenaria* apresentou data média no mês de julho. As espécies analisadas apresentaram diferentes datas médias da fenofase de fruto maduro, com duração de três a doze meses.

*Lepidaploa arenaria*, nos platôs S11A e S11B, apresentou maior período com ambas as fenofases de frutificação, apresentando frutos imaturos de oito a sete

meses, respectivamente, e frutos maduros, de 12 e 10 meses, respectivamente. As espécies que se destacaram com menor período de frutos foram *L. paraensis*, *M. carajensis* e *P. cavalcantei*. *Lepidaploa paraensis* e *P. cavalcantei* apresentaram a fase de fruto imaturo por dois meses e *M. carajensis* por três meses. Já com relação a duração de frutos maduros, *L. paraensis* e *M. carajensis* apresentaram ocorrência desta fenofase por três meses. *Parapiqueria cavalcantei* também apresentou curto período de frutos maduros a nível individual, com duração de 1 a 2 meses, e a nível populacional, com duração de 4 meses.

As datas e ângulos médios das fenofase de fruto imaturo e maduro das espécies estudadas estão na Tabela 1. Todas as populações das espécies estudadas dispuseram de comprimento do vetor maior que 0.7, indicando que ambas as fenofases estão concentradas nas datas médias mencionadas acima. O teste de uniformidade de Rayleigh revelou que as fenofases de frutificação das espécies estudadas apresentam sazonalidade (Tabela 1).

Embora para *L. remotiflora* não tenha sido possível determinar as datas médias e picos das fenofases de fruto imaturo e maduro, foi possível observar que os frutos imaturos estiveram presentes nos meses de maio e junho e os frutos maduros nos meses de maio a outubro. Dentre os meses observados, os frutos imaturos apresentaram maior concentração no mês de maio e os frutos maduros maior concentração em junho.

Levando em consideração as variáveis ambientais, a precipitação foi um fator correlacionado significativamente com a fenofase de fruto imaturo e maduro da maioria das populações das espécies *C. glomerata*, *C. percymosa*, *L. arenaria*, *L. paraensis* e *M. carajensis*. Destacamos que para *C. glomerata* em S11B, *L. arenaria* em N1 e S11B, e *P. cavalcantei*, os frutos maduros estiveram correlacionados negativamente com os dados do mês corrente desta variável ambiental. A temperatura de meses anteriores foi um fator ambiental que esteve correlacionado com as fenofases de frutificação de algumas populações das espécies estudadas da Serra Norte. Porém, estas fenofases não estiveram correlacionadas à temperatura do mês atual (Tabela 2).

Foi possível observar que a fenofase de fruto maduro se iniciou geralmente nos meses chuvosos para maioria das populações avaliadas, entre março e maio, terminando para maioria das espécies na estação seca, entre junho e outubro. A data média e o período de maior concentração desta fenofase, esta discriminada no

calendário de frutificação das espécies estudadas (Tabela 4).

Considerando a primeira data de frutificação das espécies estudadas, os indivíduos das espécies *C. percymosa* (S11B2), *L. arenaria* (N1), *L. paraensis* e *M. carajensis* (S11B) apresentaram elevado grau de sincronismo, variando entre 80 e 100% (Tabela 3). *Lepidaploa arenaria* (S11A e S11B), *Cavalcantia glomerata* (N2), *C. percymosa* (S11B1), *M. carajensis* (N1) e *Parapiqueria cavalcantei* apresentaram baixo sincronismo, variando entre 20 e 60 %. Já *Cavalcantia glomerata* (S11B) apresentou comportamento assincrônico entre os indivíduos (10%) (Tabela 5).

No momento de atividade máxima da frutificação, *C. glomerata*, *C. percymosa*, *L. arenaria*, *L. paraensis* (N1), e *Parapiqueria cavalcantei*, apresentaram alta sincronia entre os indivíduos, variando entre 70 e 100 % (Tabela 5). *Monogereion carajensis* (N1) apresentou baixo sincronismo para a atividade máxima de frutificação, com 50 % dos indivíduos nessa fenofase e *L. paraensis* (S11A) apresentou assincronismo (10%).

**Tabela 1** - Estatística circular dos eventos fenológicos reprodutivos das espécies *Cavalcantia glomerata*, *Cavalcantia percymosa*, *Lepidaploa arenaria*, *Lepidaploa paraensis*, *Monogereion carajensis* e *Parapiqueria cavalcantei* em área de canga na Floresta Nacional de Carajás, Pará.

Fenofase	Espécie	Platô	Número de observações	Data média (mês)	Ângulo médio do vetor	Desvio padrão circular	Comprimento médio do vetor	Teste de Rayleigh (Z)	Teste de uniformidade de Rayleigh (p)
Botão	<i>Cavalcantia glomerata</i>	N2	157	abril	99.82	18.63°	0.94	141.24	<0.01
	<i>Cavalcantia glomerata</i>	S11B	175	abril	102.64°	20.59°	0.93	153.79	<0.01
	<i>Cavalcantia percymosa</i>	S11B 1	159	abril	101.26°	21.11°	0.93	138.81	<0.01
	<i>Cavalcantia percymosa</i>	S11B 2	134	abril	100.44°	18.39°	0.95	120.88	<0.01
	<i>Lepidaploa arenaria</i>	N1	100	abril	93.67°	11.78°	0.97	95.85	<0.01
	<i>Lepidaploa arenaria</i>	S11A	186	abril	96.14°	40.61°	0.77	112.54	<0.01
	<i>Lepidaploa arenaria</i>	S11B	209	abril	99.89°	57.11°	0.60	77.38	<0.01
	<i>Lepidaploa paraensis</i>	N1	110	abril	94.18°	11.61°	0.98	105.56	<0.01
	<i>Lepidaploa paraensis</i>	S11A	102	abril	99.92°	17.81°	0.95	92.60	<0.01
	<i>Monogereion carajensis</i>	N1	116	abril	94.70°	12.67°	0.97	110.45	<0.01
	<i>Monogereion carajensis</i>	S11B	90	abril	98.26°	16.80°	0.95	82.58	<0.01
	<i>Parapiqueria cavalcantei</i>	S11C	200	abril	106.01°	25.04°	0.90	165.20	<0.01
Flor	<i>Cavalcantia glomerata</i>	N2	121	abril	112.58°	24.40°	0.91	100.92	<0.01
	<i>Cavalcantia glomerata</i>	S11B	115	abril	115.89°	25.70°	0.90	94.03	<0.01
	<i>Cavalcantia percymosa</i>	S11B 1	94	abril	115.24°	29.35°	0.87	72.30	<0.01
	<i>Cavalcantia percymosa</i>	S11B 2	114	abril	108.29°	22.23°	0.92	98.06	<0.01
	<i>Lepidaploa arenaria</i>	N1	89	abril	94.92°	12.95°	0.97	84.56	<0.01
	<i>Lepidaploa arenaria</i>	S11A	100	abril	104.27°	43.46°	0.75	56.25	<0.01
	<i>Lepidaploa arenaria</i>	S11B	120	abril	117.06°	54.54°	0.63	48.47	<0.01

	<i>Lepidaploa paraensis</i>	N1	92	abril	96.18°	14.50°	0.96	86.28	<0.01
	<i>Lepidaploa paraensis</i>	S11A	66	abril	92.32°	12.12°	0.97	63.10	<0.01
	<i>Monogereion carajensis</i>	N1	72	abril	93.31°	13.80°	0.97	67.94	<0.01
	<i>Monogereion carajensis</i>	S11B	92	abril	97.11°	16.01°	0.96	85.08	<0.01
	<i>Parapiqueria cavalcantei</i>	S11C	113	maio	122.38°	34.68°	0.83	78.33	<0.01
	<i>Cavalcantia glomerata</i>	N2	83	Abril	116.98°	25.49°	0.90	68.09	<0.01
	<i>Cavalcantia glomerata</i>	S11B	60	Maio	132.09°	19.94°	0.94	53.15	<0.01
	<i>Cavalcantia percyamosa</i>	S11B 1	93	Maio	122.15°	28.35°	0.88	72.80	<0.01
	<i>Cavalcantia percyamosa</i>	S11B 2	100	Abril	105°	21.79°	0.93	86.52	<0.01
	<i>Lepidaploa arenaria</i>	N1	97	abril	94.83°	12.86°	0.97	92.23	<0.01
Fruto imaturo	<i>Lepidaploa arenaria</i>	S11A	106	abril	108.84°	46.32°	0.72	55.13	<0.01
	<i>Lepidaploa arenaria</i>	S11B	137	abril	112.79°	42.23°	0.76	79.56	<0.01
	<i>Lepidaploa paraensis</i>	N1	62	abril	96.71°	15.83°	0.96	57.44	<0.01
	<i>Lepidaploa paraensis</i>	S11A	33	abril	91.39°	12.26°	0.97	31.52	<0.01
	<i>Monogereion carajensis</i>	N1	26	abril	93.29°	16.68°	0.95	23.88	<0.01
	<i>Monogereion carajensis</i>	S11B	58	abril	95.98°	19.07°	0.94	51.91	<0.01
	<i>Parapiqueria cavalcantei</i>	S11C	38	junho	150.80°	12.32°	0.97	36.28	<0.01
	<i>Cavalcantia glomerata</i>	N2	100	mai	125.23°	27.07°	0.89	79.99	<0.01
	<i>Cavalcantia glomerata</i>	S11B	207	junho	177.64°	47.20°	0.71	104.99	<0.01
	<i>Cavalcantia percyamosa</i>	S11B 1	253	junho	164.33°	45.94°	0.72	133.01	<0.01
	<i>Cavalcantia percyamosa</i>	S11B 2	211	mai	137.08°	40.59°	0.77	127.71	<0.01
		<i>Lepidaploa arenaria</i>	N1	190	julho	191.09°	57.44°	0.60	69.52
Fruto maduro	<i>Lepidaploa arenaria</i>	S11A	280	junho	161.18°	61.45°	0.56	88.63	<0.01
	<i>Lepidaploa arenaria</i>	S11B	271	junho	161.25°	52.47°	0.65	117.12	<0.01
	<i>Lepidaploa paraensis</i>	N1	82	maio	148.43°	17.99°	0.95	74.29	<0.01
	<i>Lepidaploa paraensis</i>	S11A	64	junho	150.19°	22.15°	0.92	55.11	<0.01
	<i>Monogereion carajensis</i>	N1	36	abril	105.00°	23.21°	0.92	30.54	<0.01
	<i>Monogereion carajensis</i>	S11B	93	abril	106.67°	21.54°	0.93	80.74	<0.01
	<i>Parapiqueria cavalcantei</i>	S11C	141	junho	165.91	27.58°	0.89	111.82	<0.01

Fonte: elaborado pela autora, (2021).

**Tabela 2** - Correlação entre variáveis ambientais, Temperatura média mensal e Precipitação total mensal, e as fenofases reprodutivas das espécies estudadas em área de canga na Floresta Nacional de Carajás, Pará. Legenda: Prec atual: Precipitação do mês corrente; Prec 1: Precipitação de um mês anterior à fenofase; Prec 2: Precipitação de dois meses anteriores à fenofase, Prec 3: Precipitação de três meses anteriores à fenofase; Temp atual: Temperatura média do mês corrente; Temp 1: Temperatura média de um mês anterior à fenofase; Temp 2: Temperatura média de dois meses anteriores à fenofase; Temp 3: Temperatura média de três meses anteriores à fenofase. Os Valores com correlação significativa estão destacados em negrito.

	Platô	Temp atual	Prec atual	Temp 1	Prec 1	Temp2	Prec 2	Temp 3	Prec 3
<b>Botão</b>									
<i>Cavalcantia glomerata</i>	N2	rs: -0.008; p= 0.97	rs: 0.4; p=0.17	rs: -0.39; p= 0.19	<b>rs: 0.69; p&lt; 0.01</b>	<b>rs: -0.68; p &lt; 0.01</b>	<b>rs: 0.81; p&lt; 0.01</b>	<b>rs: -0.64; p&lt;0.01</b>	<b>rs: 0.61; p&lt; 0.05</b>
<i>Cavalcantia glomerata</i>	S11B	rs: 0.14; p= 0.64	rs: 0.21; p= 0.50	rs: 0.22; p= 0.47	rs: 0.46; p= 0.12	rs: 0.02; p= 0.93	rs: 0.52; p= 0.07	rs: -0.25; p= 0.41	<b>rs: 0.75; p&lt; 0.01</b>
<i>Cavalcantia percymosa</i>	S11B	rs: 0.14; p= 0.64	rs: 0.21; p= 0.50	rs: 0.22; p= 0.47	rs: 0.46; p= 0.12	rs: 0.02; p= 0.93	rs: 0.52; p= 0.07	rs: -0.25; p= 0.41	<b>rs: 0.75; p&lt; 0.01</b>
<i>Cavalcantia percymosa</i>	1	rs: 0.14; p= 0.64	rs: 0.21; p= 0.50	rs: 0.22; p= 0.47	rs: 0.46; p= 0.12	rs: 0.02; p= 0.93	rs: 0.52; p= 0.07	rs: -0.25; p= 0.41	<b>rs: 0.75; p&lt; 0.01</b>
<i>Cavalcantia percymosa</i>	S11B	rs: 0.32; p= 0.30	rs: 0.41; p= 0.18	rs: 0.0555; p= 0.86	rs: 0.57; p= 0.05	rs: -0.11; p= 0.73	rs: 0.36; p= 0.23	rs: -0.30; p= 0.33	<b>rs: 0.70; p&lt; 0.01</b>
<i>Lepidaploa arenaria</i>	N1	rs: -0.17; p= 0.58	<b>rs: 0.56; p&lt; 0.01</b>	<b>rs: -0.65; p&lt; 0.05</b>	rs: 0.53; p= 0.07	rs: -0.49; p= 0.10	rs: 0.52; p= 0.08	rs: -0.35; p<= 0.25	rs: 0.28; p= 0.36
<i>Lepidaploa arenaria</i>	S11A	rs: -0.04; p= 0.89	rs:0.45; p= 0.13	rs: 0.16; p= 0.60	<b>rs: 0.62; p&lt; 0.05</b>	rs: 0.28; p= 0.37	<b>rs: 0.79; p&lt; 0.01</b>	rs: -0.04; p= 0.87	<b>rs: 0.84; p&lt; 0.01</b>
<i>Lepidaploa arenaria</i>	S11B	rs: -0.03; p= 0.92	rs: 0.41; p= 0.18	rs: 0.22; p= 0.48	rs: 0.53; p= 0.07	rs: 0.32; p= 0.30	<b>rs: 0.77; p&lt; 0.01</b>	rs:-0.09; p= 0.76	<b>rs:0.85; p&lt; 0.01</b>
<i>Lepidaploa paraensis</i>	N1	rs: -0.17; p<=.58	<b>rs: 0.56; p&lt; 0.05</b>	<b>rs: -0.65; p&lt; 0.05</b>	rs: 0.53; p= 0.07	rs: -0.49; p= 0.10	rs: 0.52; p= 0.08	rs: -0.35; p= 0.25	rs: 0.28; p= 0.36
<i>Lepidaploa paraensis</i>	S11A	rs: 0.32; p= 0.30	rs: 0.41; p= 0.18	rs: 0.05; p= 0.86	<b>rs:0.57; p&lt; 0.05</b>	rs: -0.11; p= 0.73	rs: 0.36; p= 0.23	rs:-0.30; p= 0.33	<b>rs:0.70 p&lt; 0.01</b>
<i>Monogereion carajensis</i>	N1	rs: 0.04; p= 0.88	<b>rs: 0.59; p&lt;0.05</b>	<b>rs: -0.58; p&lt; 0.05</b>	<b>rs: 0.65; p&lt; 0.05</b>	<b>rs: -0.71; p&lt; 0.01</b>	<b>rs: 0.73; p&lt; 0.01</b>	rs: -0.48; p= 0.10	rs: 0.42; p= 0.17
<i>Monogereion carajensis</i>	S11B	rs: 0.32; p= 0.30	rs: 0.41; p= 0.18	rs: 0.05; p= 0.86	<b>rs: 0.57; p&lt; 0.05</b>	rs: -0.11; p= 0.73	rs: 0.36; p= 0.23	rs:-0.30; p= 0.33	<b>rs: 0.70; p&lt; 0.01</b>
<i>Parapiqueria cavalcantei</i>	S11C	rs: 0.082; p= 0.79	rs: 0.28; p= 0.36	rs: 0.25; p= 0.43	rs: 0.48; p= 0.11	rs: 0.04; p= 0.88	<b>rs: 0.71; p&lt; 0.01</b>	rs: -0.27; p= 0.38	<b>rs: 0.77; p&lt; 0.01</b>
<b>Flor</b>									
<i>Cavalcantia glomerata</i>	N2	rs: 0.05; p= 0.85	rs: 0.38; p= 0.21	rs: -0.35; p= 0.25	<b>rs: 0.70; p&lt; 0.01</b>	<b>rs: -0.70; p&lt; 0.01</b>	<b>rs: 0.83; p&lt; 0.01</b>	<b>rs: -0.68; p&lt; 0.01</b>	<b>rs: 0.65; p&lt; 0.05</b>
<i>Cavalcantia glomerata</i>	S11B	rs: 0.21; p= 0.51	rs: 0.09; p= 0.76	rs: 0.30; p= 0.34	rs: 0.49; p= 0.10	rs: 0.05; p= 0.87	rs:0.53; p= 0.071	rs: -0.25; p= 0.45	<b>rs: 0.70; p&lt; 0.01</b>
<i>Cavalcantia percymosa</i>	S11B	rs: 0.20; p= 0.52	rs: 0.14; p= 0.64	rs: 0.27; p= 0.38	rs: 0.48; p= 0.11	rs: 0.02; p= 0.93	rs: 0.54; p= 0.06	rs: -0.27; p= 0.37	<b>rs: 0.72; p&lt; 0.01</b>
<i>Cavalcantia percymosa</i>	1	rs: 0.20; p= 0.52	rs: 0.14; p= 0.64	rs: 0.27; p= 0.38	rs: 0.48; p= 0.11	rs: 0.02; p= 0.93	rs: 0.54; p= 0.06	rs: -0.27; p= 0.37	<b>rs: 0.72; p&lt; 0.01</b>
<i>Cavalcantia percymosa</i>	S11B	rs: 0.38; p= 0.22	rs: 0.34; p= 0.27	rs: 0.1109; p= 0.73	<b>rs: 0.59; p&lt; 0.05</b>	rs: -0.11; p= 0.73	rs: 0.38; p= 0.21	rs:- 0.32; p= 0.30	<b>rs: 0.68; p&lt; 0.01</b>
<i>Lepidaploa arenaria</i>	N1	rs: -0.17; p= 0.58	<b>rs: 0.59; p&lt; 0.05</b>	<b>rs: -0.58; p&lt; 0.05</b>	<b>rs:0.65; p&lt; 0.05</b>	<b>rs:-0.71; p&lt; 0.01</b>	<b>rs:0.71; p&lt; 0.01</b>	rs:-0.48; p= 0.10	rs: 0.42; p= 0.17
<i>Lepidaploa arenaria</i>	S11A	rs: -0.00; p= 0.98	rs: 0.30; p= 0.33	rs: 0.27; p= 0.39	<b>rs 0.62; p&lt; 0.05</b>	rs: 0.22; p= 0.48	<b>rs:0.71; p&lt; 0.01</b>	rs: -0.17; p= 0.58	<b>rs: 0.80; p&lt; 0.01</b>
<i>Lepidaploa arenaria</i>	S11B	rs: 0.07; p= 0.82	rs: 0.35; p= 0.256	rs: 0.17; p= 0.58	rs:0.35; p= 0.25	rs: 0.31; p= 0.32	rs:0.52; p= 0.07	rs: -0.11; p= 0.71	<b>rs: 0.78; p&lt; 0.05</b>
<i>Lepidaploa paraensis</i>	N1	rs: 0.04; p= 0.88	<b>rs: 0.59; p&lt; 0.05</b>	<b>rs: -0.58; p&lt; 0.05</b>	<b>rs: 0.65; p&lt; 0.05</b>	rs: -0.48; p= 0.10	<b>rs: 0.73; p&lt; 0.01</b>	rs: -0.48; p= 0.10	rs: 0.42; p= 0.17
<i>Lepidaploa paraensis</i>	S11A	rs: 0.12; p= 0.69	<b>rs:0.57; p&lt; 0.05</b>	rs: -0.11; p< 0.72	rs:0.39; p= 0.20	rs: -0.14; p= 0.65	rs:0.27; p= 0.38	rs: -0.25; p= 0.42	<b>rs: 0.64; p&lt; 0.05</b>

<i>Monogereion carajensis</i>	N1	rs: 0.04; p= 0.88	<b>rs: 0.59; p&lt; 0.05</b>	rs: -0.58; p< 0.04	<b>rs: 0.65; p&lt; 0.05</b>	<b>rs: -0.70; p&lt; 0.01</b>	<b>rs: 0.73; p&lt; 0.01</b>	rs: -0.48; p= 0.10	rs: 0.42; p= 0.17	
<i>Monogereion carajensis</i>	S11B	rs: 0.32; p= 0.30	rs: 0.41; p= 0.18	rs: 0.05; p< 0.86	<b>rs: 0.57; p&lt; 0.05</b>	rs: -0.11; p= 0.73	rs: 0.36; p= 0.23	rs: -0.30; p= 0.33	<b>rs: 0.70; p&lt; 0.01</b>	
<i>Parapiqueria cavalcantei</i>	S11C	rs: 0.05; p= 0.85	rs: 0.02; p= 0.93	rs: 0.40; p< 0.18	rs: 0.42; p= 0.17	rs: 0.14; p= 0.66	<b>rs: 0.75; p&lt; 0.01</b>	rs: -0.22; p= 0.47	<b>rs: 0.67; p&lt; 0.01</b>	
<b>Fruto imaturo</b>										
<i>Cavalcantia glomerata</i>	N2	rs: 0.09; p= 0.77	rs: 0.36; p= 0.24	rs: -0.30; p= 0.33	<b>rs: 0.68; p&lt; 0.01</b>	<b>rs: -0.71; p&lt; 0.01</b>	<b>rs: 0.84; p&lt; 0.01</b>	<b>rs: -0.66; p&lt; 0.01</b>	<b>rs: 0.64; p&lt; 0.05</b>	
<i>Cavalcantia glomerata</i>	S11B	rs: 0.10; p= 0.75	rs: -0.05; p= 0.87	rs: 0.38; p= 0.22	rs: -0.40; p= 0.18	rs: 0.13; p= 0.66	<b>rs: 0.56; p&lt; 0.05</b>	rs: -0.18; p= 0.56	<b>RS: 0.65; p&lt; 0.05</b>	
<i>Cavalcantia percymosa</i>	S11B	rs: 0.21; p= 0.51	rs: 0.09; p= 0.76	rs: 0.30; p= 0.34	rs: 0.49; p= 0.10	rs: 0.05; p= 0.87	rs: 0.53; p= 0.07	rs: -0.25; p= 0.42	<b>rs: 0.70; p&lt; 0.01</b>	
<i>Cavalcantia percymosa</i>	S11B	2	rs: 0.35; p= 0.25	rs: 0.37; p= 0.22	rs: 0.08; p= 0.79	<b>rs: 0.57; p&lt; 0.05</b>	rs: -0.11; p= 0.73	rs: 0.37; p= 0.22	rs: -0.31; p= 0.31	<b>rs: 0.69; p&lt; 0.01</b>
<i>Lepidaploa arenaria</i>	N1	rs: 0.04; p= 0.88	rs: 0.59; p= 0.04	<b>rs: -0.58; p&lt; 0.05</b>	<b>rs: 0.65; p&lt; 0.05</b>	<b>rs: -0.71; p&lt; 0.01</b>	<b>rs: 0.73; p&lt; 0.01</b>	rs: -0.48; p= 0.10	rs: 0.42; p= 0.17	
<i>Lepidaploa arenaria</i>	S11A	rs: -0.04; p= 0.88	rs: 0.23; p= 0.47	rs: 0.21; p= 0.50	rs: 0.54; p= 0.06	rs: 0.26; p= 0.39	<b>rs: 0.65; p&lt; 0.01</b>	rs: -0.13; p= 0.68	<b>rs: 0.86; p&lt; 0.01</b>	
<i>Lepidaploa arenaria</i>	S11B	rs: -0.003; p= 0.58	rs: 0.29; p= 0.35	rs: 0.06; p= 0.83	rs: 0.47; p= 0.11	rs: 0.24; p= 0.43	rs: 0.50; p= 0.09	rs: 0.07; p= 0.82	<b>rs: 0.82; p&lt; 0.01</b>	
<i>Lepidaploa paraensis</i>	N1	rs: 0.04; p= 0.88	<b>rs: 0.59; p&lt; 0.05</b>	<b>rs: -0.58; p&lt; 0.05</b>	<b>rs: 0.65; p&lt; 0.05</b>	<b>rs: -0.71; p&lt; 0.01</b>	<b>rs: 0.73; p&lt; 0.01</b>	rs: -0.48; p= 0.10	rs: 0.42; p= 0.17	
<i>Lepidaploa paraensis</i>	S11A	rs: 0.12; p= 0.69	<b>rs: 0.57; p&lt; 0.05</b>	rs: -0.11; p= 0.72	rs: 0.39; p= 0.20	rs: -0.14; p= 0.65	rs: 0.27; p= 0.38	rs: -0.25; p= 0.42	<b>rs: 0.64; p&lt; 0.05</b>	
<i>Monogereion carajensis</i>	N1	rs: 0.02; p= 0.93	<b>rs: 0.60; p&lt; 0.05</b>	<b>rs: 0.58; p&lt; 0.05</b>	<b>rs: 0.63; p&lt; 0.05</b>	<b>rs: -0.70; p&lt; 0.01</b>	<b>rs: 0.73; p&lt; 0.01</b>	rs: -0.46; p= 0.12	rs: 0.40; p= 0.19	
<i>Monogereion carajensis</i>	S11B	rs: 0.29; p= 0.34	rs: 0.42; p= 0.16	rs: 0.04; p= 0.89	<b>rs: 0.56; p&lt; 0.05</b>	rs: -0.09; p= 0.76	rs: 0.35; p= 0.25	rs: -0.27; p= 0.37	<b>rs: 0.71; p&lt; 0.01</b>	
<i>Parapiqueria cavalcantei</i>	S11C	rs: -0.04; p= 0.88	rs: -0.49; p= 0.09	rs: 0.52; p= 0.07	rs: 0.09; p= 0.77	rs: 0.27; p= 0.38	rs: 0.46; p= 0.12	rs: -0.01; p= 0.95	rs: 0.25; p= 0.42	
<b>Fruto maduro</b>										
<i>Cavalcantia glomerata</i>	N2	rs: 0.10; p= 0.73	rs: 0.28; p= 0.37	rs: -0.23; p= 0.47	<b>rs: 0.67; p&lt; 0.01</b>	<b>rs: -0.68; p&lt; 0.01</b>	<b>rs: 0.83; p&lt; 0.01</b>	<b>rs: -0.70; p&lt; 0.01</b>	<b>rs: 0.69; p&lt; 0.01</b>	
<i>Cavalcantia glomerata</i>	S11B	rs: -0.17; p= 0.59	<b>rs: -0.75; p&lt; 0.01</b>	rs: 0.05; p= 0.87	rs: -0.40; p= 0.18	rs: -0.06; p= 0.84	rs: -0.05; p= 0.86	rs: -0.02; p= 0.94	rs: -0.30; p= 0.33	
<i>Cavalcantia percymosa</i>	S11B	1	rs: -0.10; p= 0.74	<b>rs: 0.67; p&lt; 0.01</b>	rs: 0.04; p= 0.89	rs: -0.41; p= 0.17	rs: -0.03; p= 0.92	rs: 0.01; p= 0.97	rs: -0.02; p= 0.80	rs: 0.33; p= 0.28
<i>Cavalcantia percymosa</i>	S11B	2	rs: -0.02; p= 0.93	rs: -0.30; p= 0.33	rs: 0.01; p= 0.96	rs: 0.08; p= 0.78	rs: 0.04; p= 0.90	rs: 0.36; p= 0.23	rs: -0.07; p= 0.82	<b>rs: 0.65; p&lt; 0.05</b>
<i>Lepidaploa arenaria</i>	N1	rs: 0.47; p= 0.11	<b>rs: -0.68; p&lt; 0.01</b>	rs: 0.33; p= 0.280	rs: -0.33; p= 0.28	rs: -0.19; p= 0.53	rs: 0.00; p= 0.98	rs: -0.40; p= 0.19	rs: 0.30; p= 0.33	
<i>Lepidaploa arenaria</i>	S11A	rs: -0.11; p= 0.71	<b>rs: 0.67; p&lt; 0.01</b>	rs: -0.08; p= 0.79	rs: -0.24; p= 0.43	rs: -0.11; p= 0.72	rs: 0.12; p= 0.70	rs: 0.03; p= 0.99	rs: 0.44; p= 0.14	
<i>Lepidaploa arenaria</i>	S11B	rs: -0.07; p= 0.81	<b>rs: -0.61 p&lt; 0.05</b>	rs: -0.18; p= 0.55	rs: -0.13; p= 0.68	rs: -0.03; p= 0.90	rs: 0.12; p= 0.69	rs: 0.20; p= 0.52	rs: 0.37; p= 0.22	
<i>Lepidaploa paraensis</i>	N1	rs: 0.04; p= 0.88	rs: -0.31; p= 0.32	rs: 0.21; p= 0.50	rs: 0.10; p= 0.75	rs: -0.12; p= 0.70	<b>rs: 0.55; p&lt; 0.05</b>	rs: -0.45; p= 0.13	rs: 0.64; p= 0.02	
<i>Lepidaploa paraensis</i>	S11A	rs: -0.22; p= 0.48	rs: -0.47; p= 0.11	rs: -0.18; p= 0.56	rs: -0.10; p= 0.75	rs: 0.44; p= 0.14	rs: 0.22; p= 0.47	rs: 0.14; p= 0.65	rs: 0.42; p= 0.17	
<i>Monogereion carajensis</i>	N1	rs: 0.08; p= 0.79	<b>rs: 0.58; p&lt; 0.05</b>	rs: -0.53; p= 0.07	<b>rs: 0.64; p&lt; 0.05</b>	<b>rs: -0.73; p&lt; 0.01</b>	<b>rs: 0.75; p&lt; 0.01</b>	rs: -0.47; p= 0.11	rs: 0.41; p= 0.17	
<i>Monogereion carajensis</i>	S11B	rs: 0.38; p= 0.22	rs: 0.34; p= 0.27	rs: 0.11; p= 0.73	<b>rs: 0.58; p&lt; 0.05</b>	rs: -0.11; p= 0.73	rs: 0.38; p= 0.21	rs: -0.32; p= 0.30	<b>rs: 0.68; p&lt; 0.01</b>	
<i>Parapiqueria cavalcantei</i>	S11C	rs: -0.42; p= 0.17	<b>rs: -0.70; p&lt; 0.01</b>	rs: 0.05; p= 0.85	rs: -0.19; p= 0.53	rs: 0.28; p= 0.36	rs: 0.11; p= 0.72	rs: 0.31; p= 0.32	rs: 0.29; p= 0.35	

Fonte: elaborado pela autora, (2021).

**Tabela 3** - Valores percentuais da classificação do sincronismo da primeira data e atividade máxima da floração das espécies *Cavalcantia glomerata*, *Cavalcantia percymosa*, *Lepidaploa arenaria*, *Lepidaploa paraensis*, *Monogereion carajensis* e *Parapiqueria cavalcantei* em área de canga na Floresta Nacional de Carajás, Pará.

Espécie	Platô	Floração	
		1° DATA (%)	PICO (%)
<i>Cavalcantia glomeraa</i>	N2	100	100
<i>Cavalcantia glomerata</i>	S11B	100	100
<i>Cavalcantia percymosa</i>	S11B	90	90
<i>Cavalcantia percymosa</i>	1 S11B	100	100
	2		
<i>Lepidaploa arenaria</i>	N1	100	100
<i>Lepidaploa arenaria</i>	S11A	30	90
<i>Lepidaploa arenaria</i>	S11B	10	100
<i>Lepidaploa paraensis</i>	N1	100	100
<i>Lepidaploa paraensis</i>	S11A	90	90
<i>Monogereion carajensis</i>	N1	100	100
<i>Monogereion carajensis</i>	S11B	100	100
<i>Parapiqueria cavalcantei</i>	S11C	20	80

**Fonte:** elaborado pela autora, (2021).

**Tabela 4** - Calendário de frutos maduros das espécies avaliadas na Serra dos Carajás, no Pará. O X indica o mês de maior porcentagem da fenofase, a cor cinza claro, o período em que há a presença da fenofase na população em menor intensidade e na cor cinza escuro, a data média destes frutos maduros das espécies estudadas.

Espécie	Platô	Mês											
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<i>Cavalcantia glomerata</i>	N2					X							
<i>Cavalcantia glomerata</i>	S11B					X							
<i>Cavalcantia percymosa</i>	1						X						
<i>Cavalcantia percymosa</i>	2					X							
<i>Lepidaploa arenaria</i>	N1					X							
<i>Lepidaploa arenaria</i>	S11A					X							
<i>Lepidaploa arenaria</i>	S11B					X							
<i>Lepidaploa paraensis</i>	N1					X							
<i>Lepidaploa paraensis</i>	S11A					X							
<i>Monogereion carajensis</i>	N1				X								
<i>Monogereion carajensis</i>	S11B				X								
<i>Parapiqueria cavalcantei</i>	S11C					X							

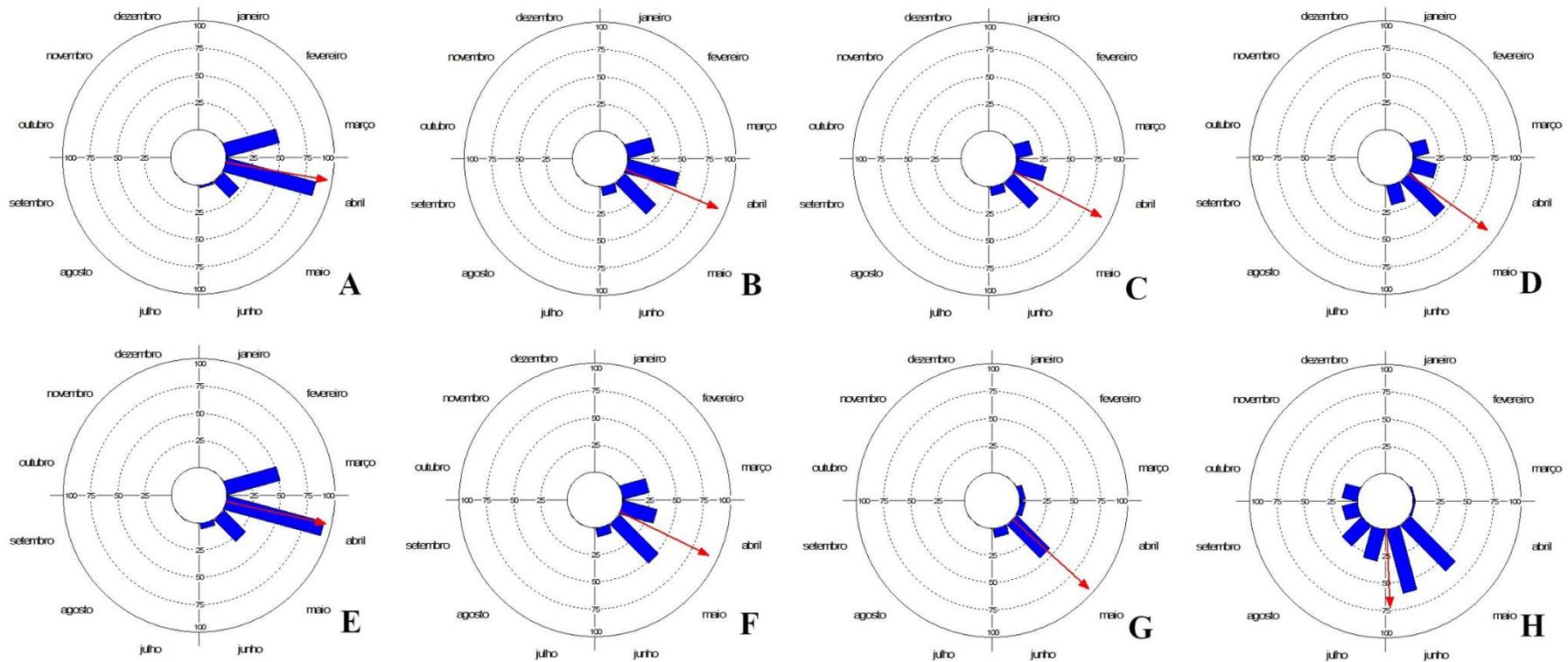
Fonte: elaborado pela autora, (2021).

**Tabela 5** - Valores percentuais da classificação do sincronismo da primeira data e atividade máxima da frutificação das espécies *Cavalcantia glomerata*, *Cavalcantia percymosa*, *Lepidaploa arenaria*, *Lepidaploa paraensis*, *Monogereion carajensis* e *Parapiqueria cavalcantei*, em área de canga na Floresta Nacional de Carajás, Pará.

Espécie	Platô	Frutificação	
		1° DATA (%)	PICO (%)
<i>Cavalcantia glomerata</i>	N2	60	100
<i>Cavalcantia glomerata</i>	S11B	10	100
<i>Cavalcantia percymosa</i>	S11B 1	50	100
<i>Cavalcantia percymosa</i>	S11B 2	100	100
<i>Lepidaploa arenaria</i>	N1	100	100
<i>Lepidaploa arenaria</i>	S11A	30	100
<i>Lepidaploa arenaria</i>	S11B	20	100
<i>Lepidaploa paraensis</i>	N1	100	100
<i>Lepidaploa paraensis</i>	S11A	80	90
<i>Monogereion carajensis</i>	N1	50	50
<i>Monogereion carajensis</i>	S11B	100	100
<i>Parapiqueria cavalcantei</i>	S11C	60	70

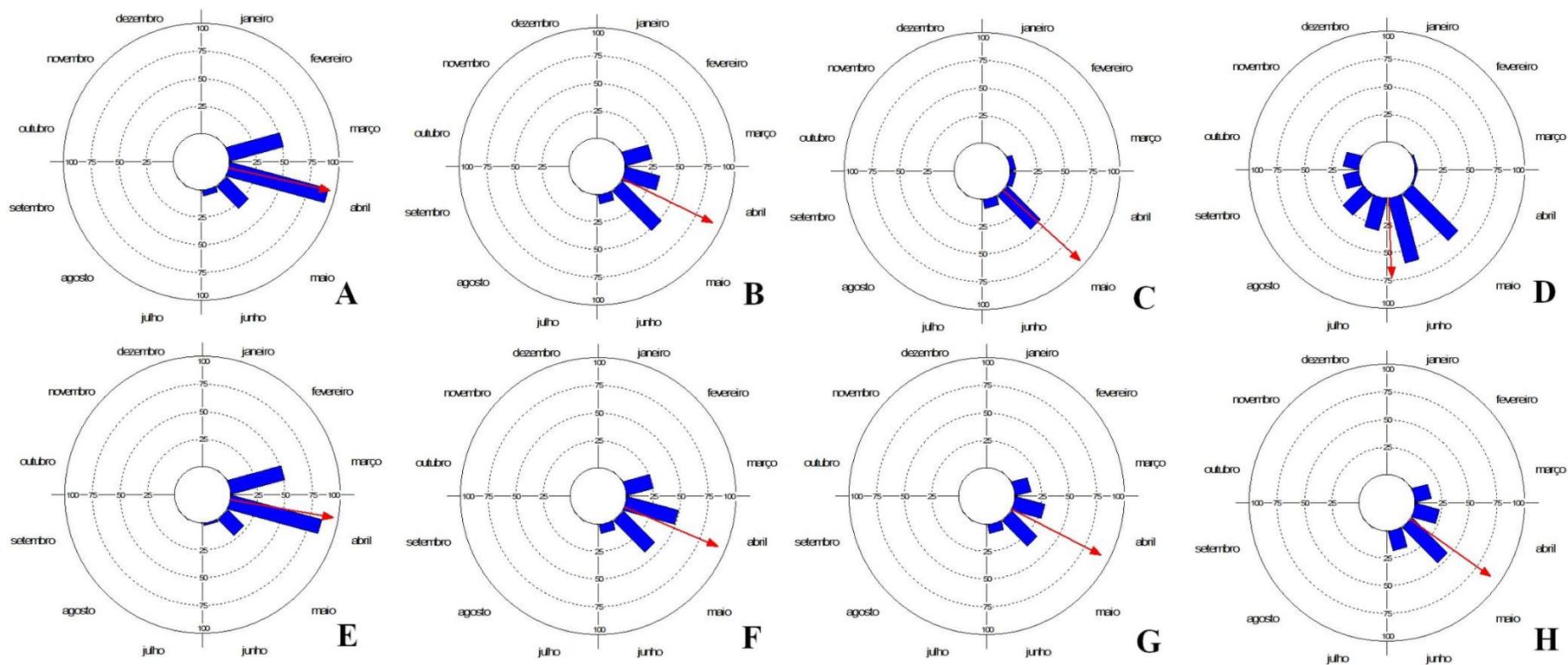
**Fonte:** elaborado pela autora, (2021).

**Figura 3** – Gráficos circulares das fenofases reprodutivas de *Cavalcantia glomerata* na Serra Norte (A-D) e Sul (E-H) de Carajás: A e E: fenofases de botão; B e F: fenofases de flor; C e G: fenofases de fruto imaturo; e D e H: fenofases de fruto maduro. Seta apontando direção da data média e tamanho da seta relativo ao comprimento do vetor  $r$ , representando o grau de agregação temporal dos dados fenológicos.



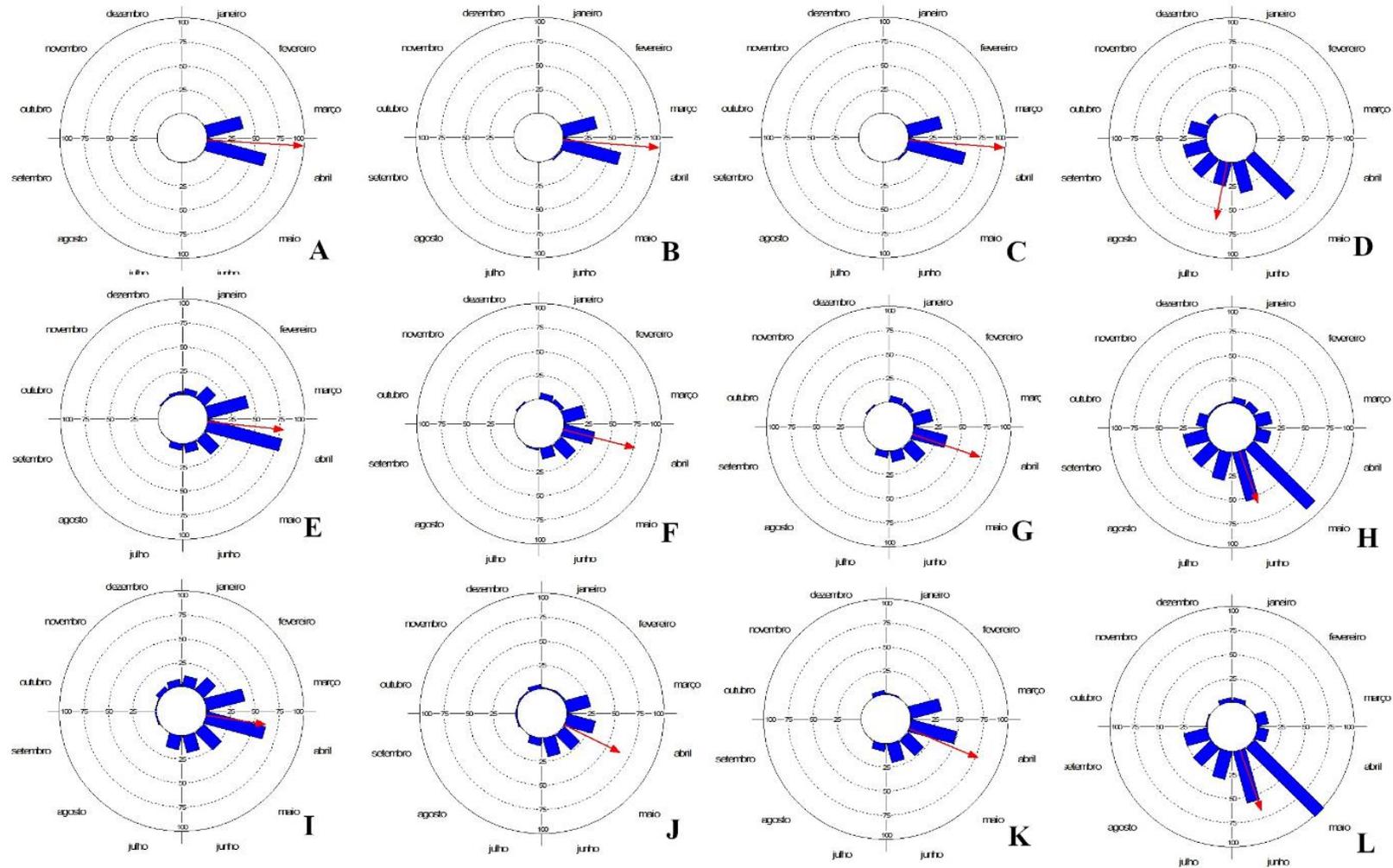
Fonte: elaborado pela autora, (2021).

**Figura 4** – Gráficos circulares das fenofases reprodutivas de *Cavalcantia percymosa* S11B 1 (A-D) e S11B 2 (E-H) de Carajás: A e E: fenofases de botão; B e F: fenofases de flor; C e G: fenofases de fruto imaturo; e D e H: fenofases de fruto maduro. Seta apontando direção da data média e tamanho da seta relativo ao comprimento do vetor  $r$ , representando o grau de agregação temporal dos dados fenológicos.



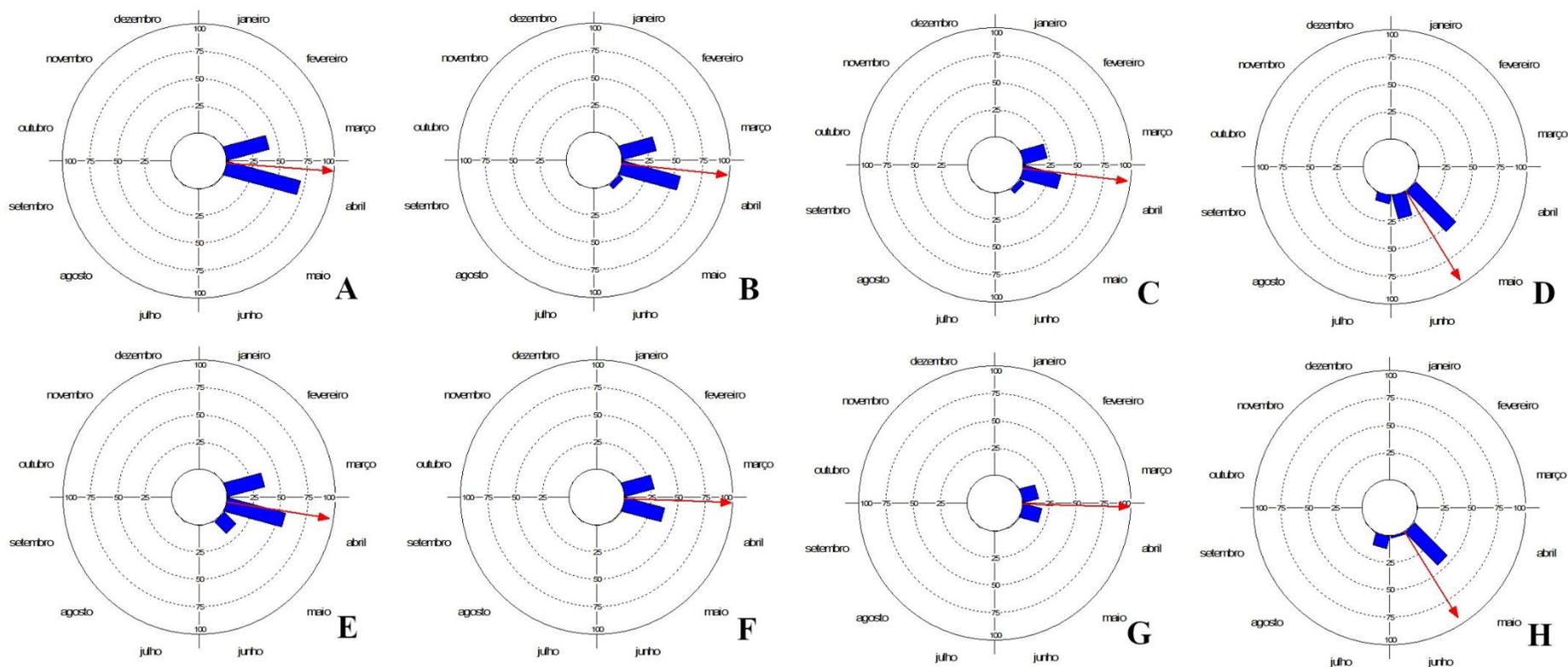
Fonte: elaborado pela autora, (2021).

**Figura 5** – Gráficos circulares das fenofases reprodutivas de *Lepidaploa arenaria* na Serra Norte (A-D) e Sul S11 A (E-H) , S11B (I-L) de Carajás: A , E e I: fenofases de botão; B , F e J: fenofases de flor; C , G e K: fenofases de fruto imaturo; e D, H e L: fenofases de fruto maduro. Setas apontando direção da data média e tamanho da seta relativo ao comprimento do vetor r, representando o grau de agregação temporal dos dados fenológicos.



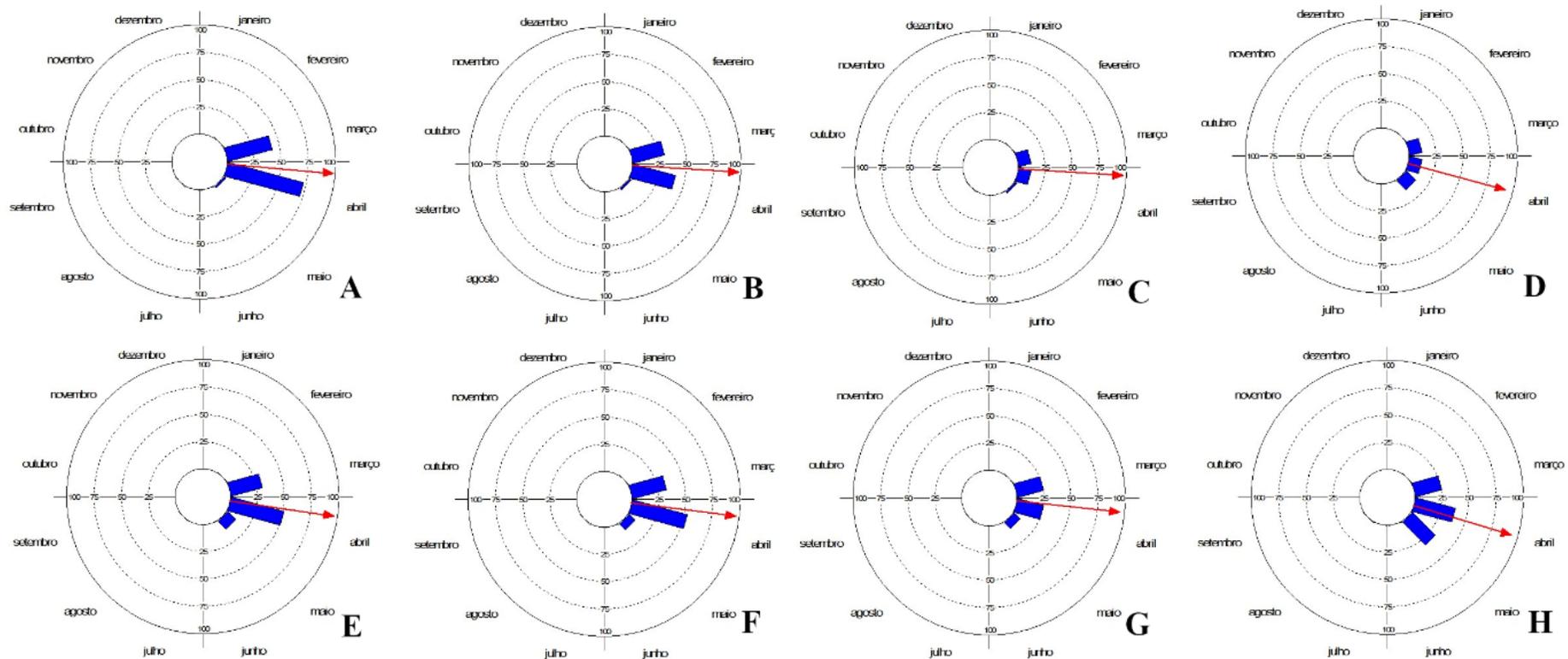
Fonte: elaborado pela autora, (2021).

**Figura 6** – Gráficos circulares das fenofases reprodutivas de *Lepidaploa paraensis* na Serra Norte (A-D) e Sul (E-H) de Carajás: A e E: fenofases de botão; B e F: fenofases de flor; C e G: fenofases de fruto imaturo; e D e H: fenofases de fruto maduro. Seta apontando direção da data média e tamanho da seta relativo ao comprimento do vetor  $r$ , representando o grau de agregação temporal dos dados fenológicos.



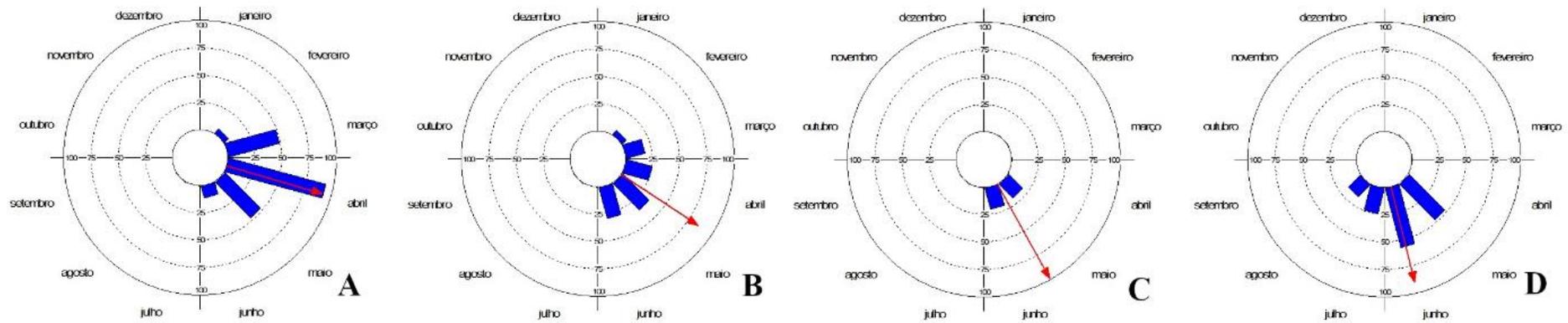
Fonte: elaborado pela autora, (2021).

**Figura 7** – Gráficos circulares das fenofases reprodutivas *Monogereion carajensis* na Serra Norte (A-D) e Sul (E-H) de Carajás: A e E: fenofases de botão; B e F: fenofases de flor; C e G: fenofases de fruto imaturo; e D e H: fenofases de fruto maduro. Seta apontando direção da data média e tamanho da seta relativo ao comprimento do vetor  $r$ , representando o grau de agregação temporal dos dados fenológicos.



Fonte: elaborado pela autora, (2021).

**Figura 8** – Gráficos circulares das fenofases reprodutivas de *Parapiqueria cavalcantei* na Serra Sul (A-D) de Carajás: A: fenofases de botão; B: fenofases de flor; C: fenofases de fruto imaturo; e D: fenofases de fruto maduro. Seta apontando direção da data média e tamanho da seta relativo ao comprimento do vetor  $r$ , representando o grau de agregação temporal dos dados fenológicos.



Fonte: elaborado pela autora, (2021).

## 5.2 BIOLOGIA FLORAL

As flores das espécies estudadas apresentaram características morfológicas semelhantes, tais como a disposição agrupada em capítulos, simetria actinomorfa e o cálice modificado em pápus, corola gamopétala, pentâmeras, hermafroditas e androceu com cinco estames. Verificamos que as anteras bitecas, sinânteras, são soldadas entre si e formando um tubo que envolve o estilete bifido. O gineceu é formado por um ovário ínfero, dois carpelos, um lóculo e um óvulo. Embora tenham apresentado semelhanças na quantidade das estruturas do gineceu, dispõem de tamanhos distintos de ovário.

Verificamos que o número de flores variou entre as espécies, *M. carajensis* apresentou o maior número de flores por capítulo com média de  $39 \pm 6,21$  mm e *Cavalcantia percymosa* o menor com média de  $5 \pm 0,67$  mm (Tabela 6).

O comprimento e diâmetro das flores foi distinto para cada espécie, sendo a flor (comprimento da corola e ovário) de *Lepidaploa arenaria* a maior ( $10,09 \pm 0,38$  mm) e a de *Parapiqueria cavalcantei* a menor ( $1,41 \pm 0,11$  mm). Além disso, exibiram coloração que variam de lilás a roxo, nas espécies do gênero *Lepidaploa* e *Monogereion*, e flores brancas, nas espécies do gênero *Cavalcantia* e *Parapiqueria*.

**Tabela 6** - Medidas morfológicas das flores de *Cavalcantia glomerata*, *Cavalcantia percymosa*, *Lepidaploa arenaria*, *Lepidaploa paraensis*, *Lepidaploa remotiflora*, *Monogereion carajensis* e *Parapiqueria cavalcatei*, em área de canga na Floresta Nacional de Carajás, Pará.

Estruturas Florais	<i>C. glomerata</i> Média (mm)	<i>C. percymosa</i> Média (mm)	<i>L. arenaria</i> Média (mm)	<i>L. paraensis</i> Média (mm)	<i>L. remotiflora</i> Média (mm)	<i>M. carajensis</i> Média (mm)	<i>P. cavalcantei</i> Média (mm)
Número de flores por capítulo	24 $\pm$ 4.45	5 $\pm$ 0.67	21 $\pm$ 1.79	17 $\pm$ 1.18	22 $\pm$ 4.18	39 $\pm$ 6.21	10 $\pm$ 0.97
Comprimento da flor	2.67 $\pm$ 0.29	3 $\pm$ 0.17	10.09 $\pm$ 0.38	9.51 $\pm$ 0.84	5.35 $\pm$ 2.76	4.48 $\pm$ 0.26	1.41 $\pm$ 0.11
Diâmetro da corola	1 $\pm$ 0.24	1.15 $\pm$ 0.12	3.38 $\pm$ 0.51	2.85 $\pm$ 0.74	0.72 $\pm$ 0.26	1.1 $\pm$ 0.11	0.41 $\pm$ 0.07
Comprimento da corola	1.54 $\pm$ 0.18	1.69 $\pm$ 0.12	8.31 $\pm$ 0.54	7.51 $\pm$ 0.72	4.60 $\pm$ 1.48	2.86 $\pm$ 0.18	0.59 $\pm$ 0.06
Comprimento do Filete	0.91 $\pm$ 0.95	0.9 $\pm$ 0.54	5.32 $\pm$ 0.26	4.18 $\pm$ 0.5	3.52 $\pm$ 0.3	1.74 $\pm$ 0.11	0.36 $\pm$ 0.12
Tamanho da Antera	0.56 $\pm$ 0.06	0.52 $\pm$ 0.20	3.26 $\pm$ 0.4	2.49 $\pm$ 0.18	1.41 $\pm$ 0.02	0.85 $\pm$ 0.12	0.1 $\pm$ 0.03
Comprimento do ovário	1.13 $\pm$ 0.14	1.32 $\pm$ 0.09	1.78 $\pm$ 0,12	2 $\pm$ 0.18	0.75 $\pm$ 0.01	1.62 $\pm$ 0.14	0.82 $\pm$ 0.06

Diâmetro do ovário	0.3± 0.06	0.38± 0.04	0.88 ± 0.05	0.98 ± 0.07	0.31± 0.01	0.39 ± 0.04	0.14± 0.04
Estilete + estigma	2.94± 0.38	2.29± 0.20	8.63 ± 0.19	7.88 ± 0.77	5.07± 0.15	3.57 ± 0.42	0.69± 0.06

**Fonte:** elaborado pela autora, (2021).

O comprimento do estilete apresentou-se superior ao do filete em todas as espécies, e as anteras posicionadas abaixo do estigma, havendo, portanto, ou hercogamia espacial, ou seja, um distanciamento entre as estruturas reprodutivas masculinas e femininas.

Para as espécies *L. arenaria*, *L. paraensis* e *Parapiqueria cavalcantei* o estilete apresentou comprimento semelhante ao da corola. Entretanto, nas flores de *C. glomerata*, *C. percyrosa*, *L. remotiflora* e *Monogereion carajensis* o estilete e estigma sobrepõem a corola (Tabela 6). Dentre as espécies do gênero *Lepidaploa* estudadas, *L. remotiflora* apresentou medidas menores para maioria das estruturas florais.

*Cavalcantia. percyrosa* apresentou número de flores por capítulo inferior ( $5 \pm 0.67$ ) ao de *C. glomerata* ( $24 \pm 4,45$ ). Contudo, *C. glomerata* e *C. percyrosa* possuem medidas semelhantes para maioria das estruturas florais. As medidas das estruturas florais de *Parapiqueria cavalcantei*, com exceção do número de flores e comprimento do ovário, foram inferiores aos das demais espécies estudadas (Tabela 6).

### 5.3. SISTEMA REPRODUTIVO

Observamos formação de frutos nos tratamentos de autopolinização e/ou geitonogamia espontâneas e controle em todas as espécies avaliadas. A formação de frutos por autopolinização e/ou geitonogamia espontâneas sugere que as espécies analisadas são autocompatíveis. Verificamos que não houve diferenças significativas entre a formação de frutos nos tratamentos de autopolinização e/ou geitonogamia espontâneas e controle de cada espécie. Os resultados dos tratamentos do experimento para determinar o sistema reprodutivo das espécies avaliadas e seus respectivos testes estatísticos estão apresentados na tabela 7.

**Tabela 7.** Sistema reprodutivo de *Cavalcantia glomerata*, *Cavalcantia percyposa*, *Lepidaploa arenaria*, *Lepidaploa paraensis*, *Lepidaploa remotiflora* e *Monogereion carajensis*, em área de canga na Floresta Nacional de Carajás, Pará. Legenda: AG: Autopolinização e/ou Geitonogamia espontâneas; C: Controle.

Espécie	Local	Tratamento	Nº de indivíduos	Nº de flores	Nº de frutos	Sucesso reprodutivo (%)	Teste estatístico
<i>Cavalcantia glomerata</i>	S11B	AG	12	155	107	69.0	$\chi^2:0.331$ ; g.l.:1; p:0.6
	S11B	C	14	281	182	64.7	
<i>Cavalcantia percyposa</i>	S11B	AG	20	103	65	63.1	$\chi^2:1.314$ ; gl:1; p:0.28
	S11B	C	31	145	109	75.1	
<i>Lepidaploa arenaria</i>	S11B	AG	26	541	495	91.4	$\chi^2:1.863$ ; gl:1; p:0.18
	S11B/ N1	C	29	598	594	99.3	
<i>Lepidaploa paraensis</i>	S11B/ N1	AG	9	166	161	96.9	$\chi^2:1.206$ ; gl:1; p:0.29
	S11B	C	10	163	140	85.8	
<i>Lepidaploa remotiflora</i>	S11B	AG	10	227	208	91.6	$\chi^2:0.604$ ; gl:1; p:0.46
	S11B	C	8	180	178	98.8	
<i>Monogereion carajensis</i>	S11B	AG	4	19	19	100	$\chi^2:0.274$ ; gl: 1; p:0.70
	S11B	C	6	30	25	83.3	

**Fonte:** elaborado pela autora, (2021).

Embora não haja diferença estatística significativa entre os tratamentos aplicados, as taxas de frutificação variaram para as espécies estudadas, apresentando as espécies *C. percyposa*, *L. arenaria* e *L. remotiflora* maior frutificação em condições naturais, e *C. glomerata*, *L. paraensis* e *Monogereion carajensis* maior número de frutos por autopolinização e/ou geitonogamia espontâneas (Tabela 7).

Dentre as espécies estudadas *L. arenaria*, seguida de *L. remotiflora*, apresentou sucesso reprodutivo maior que 90% para ambos os tratamentos (Tabela 7). *Cavalcantia percyposa* e *C. glomerata* apresentaram sucesso em ambos os tratamentos de 69 e 63,1 % para autopolinização e/ou geitonogamia espontâneas e 64,7 e 75,1 % para controle, respectivamente (Tabela 7).

*Monogereion carajensis*, embora tenha apresentado o menor número de flores e frutos nos experimentos de sistema reprodutivo, apresentou sucesso reprodutivo de 100% na autopolinização e/ou geitonogamia espontâneas e 83,3 % no em condições naturais. Foi possível observar que embora disponha de maior número de flores e frutos em condições naturais apresenta maior frutificação por autopolinização e/ou geitonogamia espontâneas.

As espécies *C. glomerata*, *Cavalcantia percyposa*, *L. arenaria*, *L. paraensis*,

*L. remotiflora* e *M. carajensis* apresentaram razão P/O maior que 2000, sendo classificadas como xenógamas. Já *P. cavalcantei* apresentou menor razão pólen óvulo (154,7), sendo classificada como uma espécie autógama facultativa. Os valores obtidos estão apresentados na tabela 8.

**Tabela 8.** Razão pólen/óvulo de *Cavalcantia glomerata*, *Cavalcantia percymosa*, *Lepidaploa arenaria*, *Lepidaploa paraensis*, *Lepidaploa remotiflora*, *Monogereion carajensis* e *Parapiqueria cavalcantei* em área de canga na Floresta Nacional de Carajás, Pará.

Espécie	Mé dia nº pólen/flor	Mé dia nº de óvulos	Relação pólen/óvulo	Sistema reprodutivo
<i>Cavalcantia glomerata</i>	3,042.90	1	3,042.90	Xenogamia
<i>Cavalcantia percymosa</i>	2,556.50	1	2,556.50	Xenogamia
<i>Lepidaploa arenaria</i>	2,927.70	1	2,927.70	Xenogamia
<i>Lepidaploa paraensis</i>	2,223.00	1	2,223.00	Xenogamia
<i>Lepidaploa remotiflora</i>	2,005.17	1	2,005.17	Xenogamia
<i>Monogereion carajensis</i>	3,370.1	1	3,370.1	Xenogamia
<i>Parapiqueria cavalcantei</i>	154. 7	1	154. 7	Autogamia

**Fonte:** elaborado pela autora, (2021).

#### 5.4 VISITANTES FLORAIS

Foram observados diferentes visitantes florais nas espécies *Cavalcantia glomerata*, *Lepidaploa arenaria*, *L. remotiflora* e *Monogereion carajensis*. As espécies mencionadas foram visitadas por diferentes grupos de insetos pertencentes as ordens Coleoptera, Diptera, Hymenoptera e Lepidoptera (Fig. 9), podendo ser classificadas como espécies ecologicamente generalistas.

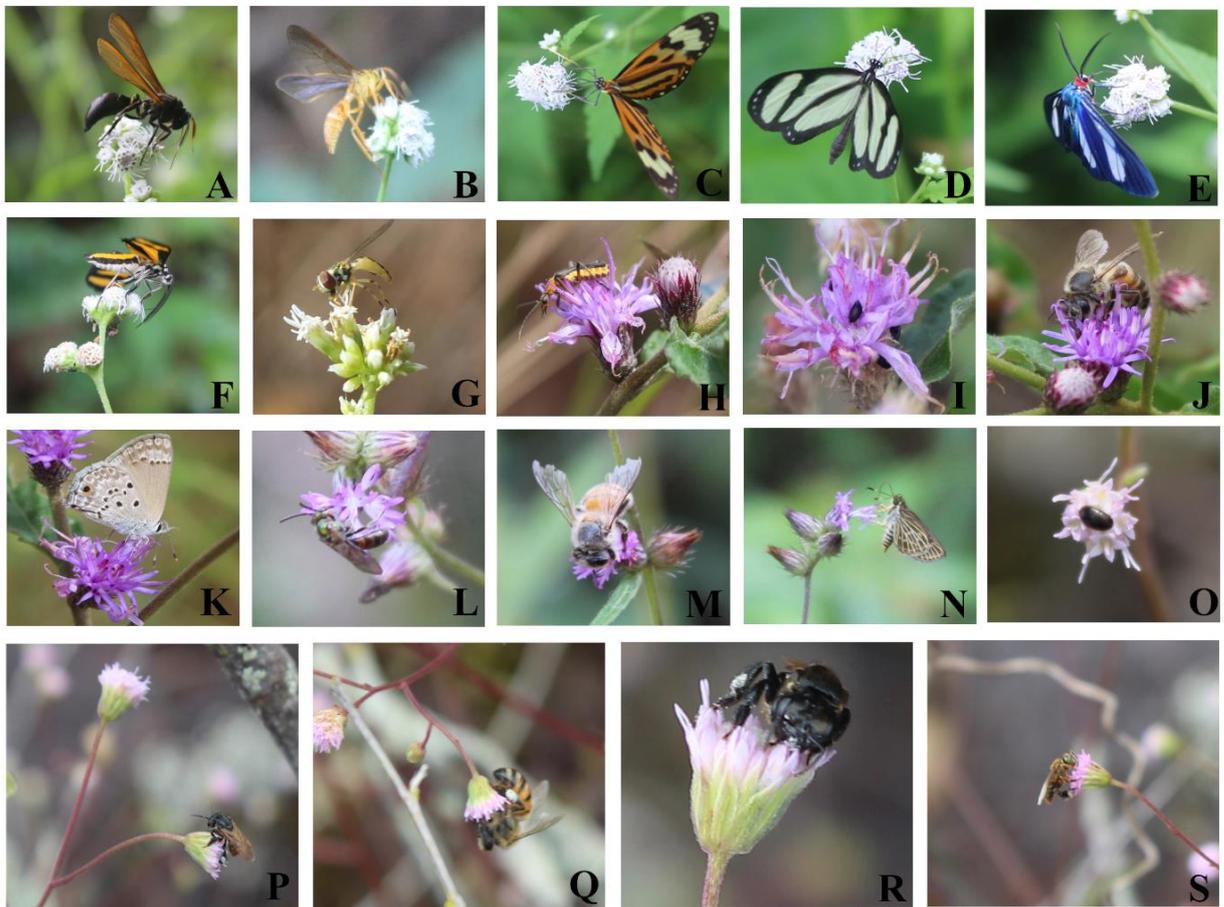
As flores de *Cavalcantia glomerata* foram visitadas por duas espécies de vespa (Hymenoptera) pertencentes a família Vespidae (Fig. 1 A– B), duas espécies de borboletas e duas de mariposa (Lepdoptera) (Fig. 1 C – F). Já as flores de *C. percymosa* foram visitadas por uma única espécie de mosca da família Syrphidae (Fig. 1 G).

*Lepidaploa arenaria* apresentou visitantes florais de três ordens distintas, duas espécies de besouros (Coleoptera), uma espécie abelha, *Apis mellifera* (Hymenoptera) e uma espécie de borboleta, sendo, dentre as espécies avaliadas, a que apresentou maior diversidade de guildas de visitantes registrados (Figura 1 H –

K). *Lepidaploa remotiflora* foi visitada por duas espécies de abelhas, uma pertencente à família Halictidae e *Apis mellifera*, e uma de borboleta (Figura 1 L – N).

*Monogereion carajensis* foi visitada por quatro visitantes florais, um besouro e quatro abelhas (Fig. 1 O – S), dentre elas *Apis mellifera* (Fig. 1 Q) e *Tretragona sp.* (Fig. 1 S). Embora *M. carajensis* tenha sido visitada por apenas insetos de duas ordens, apresentou, juntamente com *C. glomerata* e *L. arenaria* o maior número de visitantes florais.

**Figura 9** - Visitantes florais das espécies de vegetação de canga da família Asteraceae selecionadas para o presente estudo: (A) *Cavalcantia glomerata*, (G) *Cavalcantia percymosa*, (H) *Lepidaploa arenaria*, (L) *Lepidaploa remotiflora*, (O) *Monogereion carajensis*.



Fonte: COSTA, 2019.

## 6 DISCUSSÃO

A floração anual e sazonal identificada nas espécies estudadas está associada ao período de maior precipitação da Serra dos Carajás. Os fatores climáticos como chuva e temperatura geralmente estão associados a fenofase de floração (BORGIGNON & PICCOLO 1981; MORELLATO & LEITÃO -FILHO, 1990). A água estimula o desenvolvimento e maturação das estruturas florais e posterior abertura dos botões florais (MORELLATO, 1992; PEREIRA & MANTOVANI, 2007; BELO *et al.*, 2013). Dessa forma, durante o período de estiagem as fenofases de botão e flor apresentam baixa intensidade ou estão ausentes (PEREIRA *et al.*, 2008). O padrão de floração anual apresenta maior regularidade, quando comparado aos demais padrões de floração, estando a fenofase de floração geralmente associada a uma época do ano (NESWTRON *et al.*, 1994). Esse padrão de floração também foi observado para outras espécies de Asteraceae (KARAM *et al.*, 2002; COSTA *et al.*, 2016; ARAÚJO *et al.*, 2011; CORRÊA *et al.* 2018).

Neste estudo, a precipitação dos meses anteriores foi correlacionada positivamente com as fenofases de floração. Os atrasos de estímulos principalmente para as espécies anuais, podem estar relacionados ao esforço inicial da planta para o desenvolvimento vegetativo, sendo alocado posteriormente, esse esforço para desenvolvimento reprodutivo (JANSEN, 1967).

Para espécies anuais, que possuem período de floração e frutificação muito curto, como *Parapiqueria cavalcantei* e *Monogereion carajensis*, a umidade proporcionada pela precipitação dos meses anteriores apresenta-se como um fator essencial para induzir a rápida germinação e desenvolvimento das fenofases reprodutivas (RAMÍREZ, 2002; VASCONCELOS *et al.*, in prep.). Já para espécies perenes com floração contínua, como *Lepidaploa arenaria* a água atua como indutor da floração, havendo pico desta fenofase no período chuvoso (VASCONCELOS *et al.*, in prep.). Entretanto, a presença de floração ao longo do ano com menor intensidade, possivelmente ocorre em função da capacidade da planta em reservar energia, diminuindo assim o intervalo de floração e frutificação na população (RAMÍREZ, 2002). Dessa forma, as plantas perenes e anuais, como as estudadas nesta dissertação, direcionam seus recursos e esforços reprodutivos de acordo com a disponibilidade hídrica, conforme seus ciclos de vida e estratégias reprodutivas (LEHTILA & LARSSON, 2005).

A sazonalidade ambiental devido a precipitação e temperatura também é um

fator relacionado ao alto sincronismo de floração apresentado pela maioria das espécies, uma vez que a disponibilidade de água associada a temperaturas elevadas contribui para a disponibilidade de nutrientes e posterior florescimento dos indivíduos (MORELLATO, 1992). A alta sincronia contribui também para o processo de polinização, visto que o florescimento simultâneo entre os indivíduos de uma mesma espécie favorece maior atração de polinizadores. Porém, quando esse sincronismo ocorre simultaneamente entre as espécies, pode promover a competição por polinizadores, comprometendo a eficiência da interação planta polinizador (MITCHELL *et al.*, 2009).

Entretanto, em populações anuais com rápida floração como *Parapiqueria cavalcantei* e *Monogereion carajensis*, pode ocasionar efeitos negativos para polinização cruzada em virtude da quantidade de recursos ofertados simultaneamente entre os indivíduos de cada espécie. Esse processo pode reduzir a intensidade de transferência do pólen pelos polinizadores saciados mais rapidamente, além de favorecer a herbívoros (ELZINGA *et al.* 2007). Para espécies de floração contínua como *Lepidaploa arenaria*, a segregação da floração ao longo do ano reduz a competição por polinizadores e predadores, favorecendo o processo reprodutivo da espécie (ELZINGA *et al.* 2007).

O início do período de frutificação das espécies estudadas na estação chuvosa e pico de frutos maduros no início da estação seca, está associado a fatores que viabilizem o sucesso da dispersão e conseqüente desenvolvimento de novas plântulas destas espécies (MORELLATO *et al.* 2000; PEDRONI *et al.* 2002).

A presença dos frutos maduros das espécies estudadas no período seco favorece o processo de dispersão, uma vez que a presença de pápus na maioria das espécies viabilizam a dispersão dos frutos pelo vento (anemocoria). Desta forma, o período e duração de frutificação em ambientes com estações distintas bem definidas, como verificado em Carajás, está diretamente relacionado ao tipo de fruto e síndrome de dispersão verificado nas espécies estudadas (MORELLATO *et al.*, 1989). Esse processo de dispersão apresenta-se como uma importante estratégia reprodutiva em ambientes naturais, uma vez que a dispersão ao final do período seco e início do chuvoso, favorece a germinação através do processo de hidratação e posterior estabelecimento de novas plântulas (PIRANI *et al.*, 2009). Esse padrão de frutificação também foi observado para outras espécies de Asteraceae em ambientes sazonais (ANTUNES, 2013; COSTA *et al.*, 2016 CORRÊA *et al.*, 2018).

A indicação do período de pico de frutos maduros das espécies estudadas entre maio e junho, favorece o planejamento de coleta de sementes viáveis antes de sua dispersão no ambiente, viabilizando a formação de banco de sementes para a utilização em programas de conservação e recuperação de áreas degradadas (MERRITT *et al.*, 2011).

Os dados fenológicos obtidos neste estudo, também se apresentaram como uma ferramenta na compreensão de outros aspectos da biologia floral e reprodutiva das espécies estudadas, permitindo melhor compreensão dos processos de polinização e sistemas reprodutivos (GLEESON, 1981; GUSSON *et al.*, 2006). As espécies estudadas apresentam características florais relacionadas a um sistema de polinização generalista (OLLERTON *et al.*, 2007). Dentre os atributos podemos destacar, flores pequenas, abertas e com fácil acesso (FAEGRI & PIJL, 1979; OLLERTON *et al.*, 2007; MARTINS & FREITAS, 2018), características comuns em Asteraceae (CRUZ *et al.*, 2016; VIEIRA *et al.*, 2012). Logo, os atributos morfológicos, aliados ao fácil acesso dos recursos disponíveis para os diferentes grupos de visitantes, viabilizaram essa generalização (MARTINS & FREITAS, 2018; OLLERTON *et al.* 2007).

Além disso, o alto grau de sincronismo da fase de floração entre os indivíduos de cada espécie pode estar associado a com presença de diferentes ordens de visitantes florais, tais como Coleoptera, Diptera, Hymenoptera e Lepdoptera observadas nestas espécies. Quanto maior a quantidade de indivíduos floridos de uma mesma espécie, maior quantidade de recursos disponíveis, intensificando a atração de visitantes (ELZINGA *et al.*, 2007; GARCIA *et al.*, 2009). A presença de diferentes ordens de visitantes florais registrados, confirma o generalismo ecológico nas espécies estudadas (ARROYO *et al.*, 1982; OLLERTON *et al.* 2007).

Trabalhos sobre polinização na família vem apontando este sistema de polinização em diversas espécies. Em trabalho realizado por Grombone-Guaratini *et al.* (2004) com *Bidens alba*, *B. pilosa*, *B. subalternans* e Avelino (2005) com *Lychnophora ericoides* também identificaram diferentes ordens de insetos visitantes, como Coleoptera, Diptera, Hymenoptera e Lepidoptera. Em estudo de redes de interações realizado em ambiente de canga por Pinto *et al.* (2019) na Serra dos Carajás, eles apontam frequência na ocorrência de um sistema generalista em diferentes espécies e localidades de canga, ressaltando a importância desse sistema para a estabilidade das interações planta polinizador. Além disso, alguns estudos de

polinização em angiospermas, vêm identificando interações generalistas e apontando essas interações como bastante frequentes na natureza ( PINTO *et al.*, 2019; BARONIO *et al.*, 2016; FENSTER *et al.*, 2004; WASER & OLLERTON 2006; WASER *et al.*, 1996).

Embora os visitantes florais possam atuar como possíveis polinizadores realizando a reprodução cruzada entre diferentes indivíduos, verificamos alta formação de frutos por autopolinização e/ou geitonogamia espontâneas. A hercogamia espacial, um mecanismo morfológico que geralmente impede a autopolinização espontânea (WEBB & LOID, 2011), presente nas espécies estudadas, não impediu este modo de reprodução. A autogamia pode ter sido viabilizada em virtude da apresentação secundária do pólen em Asteraceae, que através da alongação do estilete promove o arraste e acúmulo dos grãos de pólen no tubo formado pelas anteras sinânteras (LEPPIK, 1970; GROMBONE-GUARATINI *et al.*, 2004). Além disso, o tamanho pequeno das flores, viabiliza a partir de uma hercogamia curta, o contato dos polinizadores com a estrutura reprodutivas da mesma flor, favorecendo ainda mais essa estratégia reprodutiva (CRUDEN, 1977, WEBB & LOID, 2011). Ainda, a idade das flores também pode contribuir para o sucesso por autopolinização, promovendo a partir do envelhecimento a aproximação das estruturas reprodutivas, induzindo a autofecundação tardia (GOODWILLIE & WEBER, 2018).

Já a geitonogamia, que ocorre entre flores distintas do mesmo indivíduo, pode ser viabilizada em função das flores estarem muito próximas em um mesmo capítulo, apresentando a vantagem de haver maior variabilidade genética quando comparada a autopolinização na mesma flor (CARDOSO *et al.*, 2018)

Embora se espere baixa razão pólen/óvulo nas espécies com apresentação secundária de pólen, a razão pólen/óvulo verificada nas espécies estudadas indica que as mesmas produzem um número de grãos de pólen muito maior do que o necessário na autopolinização, podendo ser esse fator, uma tentativa dessas espécies de viabilizar a polinização cruzada (CRUDEN, 2000).

Portanto, a formação de frutos por autopolinização e/ou geitonogamia espontâneas e a possibilidade de realização de reprodução cruzada encontradas nas espécies estudadas é uma estratégia reprodutiva vantajosa, uma vez que além de disporem de polinizadores em condições naturais que podem realizar a polinização cruzada, há alto sucesso reprodutivo por autopolinização e/ou geitonogamia

espontâneas, evidenciando independência de polinizadores para as espécies avaliadas. Resultados semelhantes foram observados em representantes de Asteraceae, tais como *Eupatorium intermedium* (Cruz, 2009), *Eremanthus erythropappus* (Vieira *et al.*, 2012) e *Adesnostemma brasilianum* (Godinho, 2007), que apresentaram sistema de reprodução misto, podendo reproduzir-se tanto por xenogamia como por autogamia.

Nessa perspectiva, a autogamia para pequenas populações, como espécies endêmicas, apresenta-se como uma importante estratégia, pois além de assegurar a reprodução na ausência de polinizadores favorece a permanência de genes mais aptos ao ambiente, viabilizando a distribuição dessas espécies através desse sistema reprodutivo (PIRATELLI *et al.*, 1998; HOLSINGER, 2000; BARRINGER, 2007; EBAR & LANGLLOTZ, 2005). Entretanto, a xenogamia favorece a variabilidade genética, redução da depressão endogâmica, e o desenvolvimento de progênie com maior flexibilidade adaptativa, aumentando a capacidade de colonização (PATERNIANI, 1974; OLIVEIRA & MARUYAMA, 2014; NUCCI, 2017). Assim, espécies xenógamas e autógamias simultaneamente, dispõem de vantagens evolutivas no ambiente que as tornam mais aptas a colonização de novas e extensas áreas (SCARIOT *et al.*, 1991).

Portanto, as espécies estudadas apresentam vantagens reprodutivas no ambiente por dispor de ambas as estratégias reprodutivas. Ainda, a distribuição em borda como vistos para *C. percyrosa*, *C. glomerata*, *L. remotiflora* e *M. carajensis* é um indicativo da capacidade de colonização dessas espécies. Dessa forma, sugerimos que estas espécies podem ter grande potencial para uso em programas de conservação e recuperação de áreas degradadas. Entretanto, estudos com abordagem em biologia reprodutiva em espécies de cangas ainda são escassos, tornando-se necessário mais estudos que levantem informações sobre a reprodução dessas plantas e contribua para a utilização de espécies nativas em programas de conservação e RAD (GARCIA, *et.al*, 2009).

## 7 CONCLUSÃO

Neste estudo abordamos diversos aspectos da reprodução das espécies *Cavalcantia glomerata*, *C. percymosa*, *Lepidaploa arenaria*, *L. paraensis*, *L. remotiflora*, *Monogereion carajensis* e *Parapiqueria cavalcantei*, plantas nativas e/ou endêmicas das cangas da Amazônia. Destacamos a verificação do período de reprodução destas plantas, indicando que as espécies de Asteraceae avaliadas apresentaram início da floração no período chuvoso entre com pico de botão e flor no mês de abril, e período de frutificação variados, com pico de produção de frutos com sementes maduras entre os meses de maio e julho. Os eventos fenológicos das espécies foram sazonais.

A floração e frutificação foram correlacionados, principalmente, com a precipitação. A maioria das espécies estudadas foram classificadas com padrão de floração anual, apresentando *Lepidaploa arenaria* padrão de floração contínua. As flores das espécies estudadas apresentaram características morfológicas semelhantes, apresentando hercogamia espacial, sendo a maioria das espécies classificadas como xenógamas facultativas. Além, disso foi possível determinar que as espécies se reproduzem por autopolinização e/ou geitonogamia espontâneas, havendo também alta formação de frutos no tratamento controle. Nas espécies em que foi possível realizar registros dos visitantes verificamos que elas são ecologicamente generalistas, havendo diferentes guildas de insetos nas flores.

Dessa forma, a partir destas informações, este estudo contribui para a compreensão da biologia reprodutiva dessas espécies. Além disso, direciona o melhor período para coleta de sementes em campo, auxiliando no planejamento mais eficaz para utilização das espécies estudadas em programas de conservação e recuperação de áreas mineradas.

## REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M. SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2013.

ANTUNES, D. S. **Fenologia e síndromes de dispersão e polinização de espécies de plantas de campos rupestres quartzíticos em Minas Gerais**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Biomas Tropicais) - Universidade Federal de Ouro Preto, Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Departamento de Biodiversidade, Evolução e Meio Ambiente, Ouro Preto, 2013.

ARROYO, M. T. K. Breeding systems and pollination biology in Leguminosae. In: POLHILL, R. M.; RAVEN, P. H. (Eds.). **Advances in legume systematics**. Kew: Royal Botanic Gardens, 1981. p. 723-769.

AVELINO, A. S. **Biologia reprodutiva de *Lychnophora ericoides* mart. (Asteraceae: Vernonieae)**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Ecologia, Brasília/DF, 2005.

AYRES, M.; AYRES, J. R. M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. S. **BioEstat 5.3: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas**. Belém: Instituto Marimauá, 2007.

BARONIO, G. J.; MACIEL, A; OLIVEIRA, A. C.; KOBAL, R. O.; MEIRELES, D. A. L.; BRITO, V. L. G.; RECH, A. R. Plantas, polinizadores e algumas articulações da biologia da polinização com a teoria ecológica. **Rodriguésia**, v. 67, n. 2, p. 275-293, 2016.

BARRINGER, B. C. Polyploidy and self-fertilization in flowering plants. **American Journal of Botany**, v. 94, n. 9, p.1527-1533. 2007.

BARRINGER, B. C. Polyploidy and self-fertilization in lowering plants. **American Journal of Botany**, v. 94, p. 1527-1533. 2007. PM id: 21636519. DOI [10.3732/ajb.94.9.1527](https://doi.org/10.3732/ajb.94.9.1527).

BATALHA, M. A.; MANTOVANI, W. Padrões fenológicos reprodutivos de espécies de plantas do cerrado na Reserva Pé-de-Gigante (Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brasil): uma comparação entre e floras de madeira. **Rev. Bras. Biol.**, v. 60, n. 1, p. 129-145, 2000.

BELO, R. M.; NEGREIROS, D.; FERNANDES, W.; SILVEIRA, F.; RANIERI, B. D.; MORELLATO, P. C. Fenologia reprodutiva e vegetativa de arbustos endêmicos de campo rupestre na Serra do Cipó, Sudeste do Brasil. **Rodriguésia**, v. 64, p. 817–828, 2013.

BENCKE, C. S. C.; MORELLATO, L. P. C. Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta atlântica no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, p. 237-248, 2002.

BFG - GRUPO FLORA BRASIL. Flora Brasileira 2020: inovação e colaboração para cumprir a Meta1 da Estratégia Global para Conservação de Plantas (GSPC).

**Rodriguésia**, v. 69, p. 1513-1527, 2018.

BIONDE, D.; LEAL, L.; BATISTA, A. C. Fenologia de florescimento e frutificação de espécies nativas dos campos. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá, v. 29, n. 9, p. 269-276, 2007.

BORGIGNON, O.; PICCOLO, A. Fenologia de *hydrocotyle leucocephala* cham. **Rodriguésia**, v. 33, p. 91-99, 1981. DOI 10.1590/2175-78601982345606.

BUCHAROVA, A.; MICHALSKI, S.; HERMANN, J. M.; HEVELING, K.; DURKA, W.; HÖLZE, L. N; KOLLMANN, J.; BOSSDORF, O. Genetic differentiation and regional adaptation among seed origins used for grassland restoration: lessons from multispecies transplant experiment. **Journal of Applied Ecology**, p. 1365-2664, 2016.

BUISSON, E.; ALVARADO, S. T.; STRADIC, S. L.; MORELLATO, L. P. C. Plant phenological research enhances ecological restoration. **Restoration Ecology**, v. 25, 164-171, 2017.

CARDOSO, J. C. F.; VIANA, M. L.; MATHIAS, R.; FURTADO, M. T.; CAETANO, A. S.; CONSOLARO, H.; BRITO, V. L. G. Towards a unified terminology for angiosperm reproductive system. **Acta Botanica Brasilica**, v. 32, p. 329-348., 2018. DOI 10.1590/0102-33062018abb0124.

CHAMBERS, L. E. *et al.* Phenological changes in the Southern Hemisphere. **PLoS ONE**, v. 8, p. e75514, 2013.

CLAMPITT, C. A. Reproductive biology of *Aster curtus* (Asteraceae), a pacific northwest endemic. **American Journal of Botany**, v. 74, n. 6, p. 941-946, 1987.

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. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 3, p. 475-485, 2007.

CORRÊA, B. J. S.; FILIPPI, M.; LUBKE, L.; OTALAKOSKI, J.; POTRICH, M.; BECHARA, F. C. Fenologia e aspectos da biologia floral de *Moquiniastrum polymorphum* (Less.) G. Sancho (Asteraceae) em plantio de restauração florestal. **Acta Biológica Catarinense**, v. 5, n. 65, 2018. DOI 10.21726/abc.v5i3.533.

COSTA, T. R.; DE MOURA, C. C.; MACHADO, E. L. M.; GONZAGA, A. P. D.; TITON, M. Fenologia reprodutiva de *Lychnophora pohlii* Sch. Bip. (Asteraceae) em área de campo rupestre. **Revista jardim botânico de Brasília**, v. 10, n. 1, p. 23-34, 2016.

CRUDEN, R. Pollen grains: Why so many? **Plant Systematics and Evolution**, v. 222, p. 143-165, 2000. DOI 10.1007/BF00984100.

CRUDEN, R. W. Pollen-ovule ratios: A conservative indicator of breeding systems in flowering plants. **Evolution**, v. 31, p. 32-46, 1977.

CRUZ, A. P.; VIANA, P. L.; SANTOS, J. U. Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: Asteraceae. **Rodriguésia**, v. 67, n. 5, 2016.

CRUZ, K. C. **Reproductive biology and pollinators of *Eupatorium intermedium* DC. (Asteraceae) in an Atlantic Forest fragment.** Dissertação (Mestrado em Botânica estrutural, Ecologia e Sistemática) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

DEVECCHI, M. F. *et al.* Beyond forests in the Amazon: biogeography and floristic relationships of the Amazonian savannas. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 193, p. 1-26, 2020.

DONNELLY, A.; CAFFARRA, A.; O'NEILL, B. A review of climate-driven mismatches between interdependent phenophases in terrestrial and aquatic ecosystems. **International Journal of Biometeorology**, v. 55, p. 805-817, 2011.

DUTRA, V. F.; VIEIRA, M. F. LIMA, H. C. GARCIA, F. C. P. Fenologia reprodutiva, síndromes de polinização e dispersão em espécies de Leguminosae dos Campos Rupestres do Parque Estadual do Itacolomi, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguesia**, v. 60, p. 371-387, 2009.

ELZINGA, J. A.; ATLAN, A.; BIERE, A.; GIGORD, L.; WEIS, A. E.; BERNASCONI, G. Time after time: flowering phenology and biotic interactions. **Trends Ecol Evol**, v. 22, p. 432-439, 2007.

ERBAR, C.; LANGLOTZ, M. Pollen to ovule ratios: Standard or variation—a compilation. **Botanische Jahrbücher**, v. 126, p. 71-132, 2005. DOI 10.1127/0006-8152/2005/0126-0071.

FAEGRI, K.; PIJL, L. V. D. **The principles of pollination ecology.** Oxford: Pergamon Press, 1979.

FENSTER, C. B.; ARMBRUSTER, W. S.; WILSON, P.; THOMSON, J. D.; DUDASH, M. R. Pollination syndromes and floral specialization. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, v. 35, p. 375-403, 2004.

FOURNIER, L. A. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas em arboles. **Turrialba**, v. 24, n. 4, p. 422-423, 1974.

FREITAS, L. Interações planta-polinizador e a estruturação das comunidades. In: RECH, A. R. *et al.* (Orgs.). **Biologia da Polinização.** Rio de Janeiro: Editora Projeto Cultural, 2014. p. 373-392.

FUCHS, E. J.; LOBO, J. A.; QUESADA, M. Effects of forest fragmentation and flowering phenology on the reproductive success and mating patterns of the tropical dry forest tree *Pachira quinata*. **Conservation Biology**, v. 17, n. 1, p. 149-

157, 2003.

GALDIANO, M. S. **Fenologia, visitantes florais e sucesso reprodutivo de *Struthanthus polyanthus* mart. Oranthaceae) em três diferentes hospedeiros em uma área de cerrado.** 2017. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2017.

GAMA, J. R. V. *et al.* Estrutura potencial futuro de utilização da regeneração natural de floresta de várzea alta no Município de Afuá, Estado do Pará. **Ciência Florestal**, v. 13, n. 2, p. 71-83, 2003.

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**, v. 69, n. 3, p. 887-893, 2009.

GIANNINI, T. *et al.* Selecting plant species for practical restoration of degraded lands using a multiple-trait approach. **Austral Ecology**, 2016. DOI 10.1111/aec.12470.

GIULIETTI, A. M. *et al.* Endemism in the Amazon: vascular plants of the canga of Carajás, Brazil. **Bot. Rev.**, v. 85, p. 357-383, 2019.

GLEESON, S. K.; CHARACTE, R.; DISPLACEMENT, I. N. Flowering phenologies. **Oecologia**, v. 51, p. 294-295, 1981.

GODINHO, M. A. S. **Biologia reprodutiva e germinação de sementes em *Adenostemma brasilianum* (Pers.) Cass. (Asteraceae).** Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

GOODWILLIE, C.; WEBER, J. J. The best of both worlds? A review of delayed selfing in flowering plants. **American Journal of Botany**, v. 105, p. 4, p. 641–655, 2018.

GROMBONE-GUARATINI, M. T.; SOLFERINI, V. N.; SEMIR, J. Reproductive biology in species of *Bidens* L. (Asteraceae). **Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)**, v. 61, n. 2, 2004.

GUSSON, E.; SEBBENNA, M.; KAGEYAMA, P. Y. Sistema de reprodução em populações de *Eschweilera ovata* (Cambess.) Miers. **Árvore**, v. 4, p. 491-502, 2006.

HOLSINGER, K. Reproductive systems and evolution in vascular plants. *Proc Natl Acad Sci USA* 97: 7037–7042. **Proceedings** of the National Academy of Sciences of the United States of America. 97. 7037-42. 10.1073/pnas.97.13.7037, 2000.

JAIMES, I.; RAMIREZ, N. Breeding systems in a secondary deciduous forest in Venezuela: The importance of life form, habitat and pollination specificity. **Plant Systematics and Evolution**, v. 215, p. 23-36, 1999.

JANSEN, R. K.; PALMER, J. D. A chloroplast DNA inversion marks and ancient evolutionary split in the sunflower family (Asteraceae). **Evolution**, v. 84, p. 5818-

5822, 1987.

JANZEN, D. H. Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in Central America. **Evolution**, v. 21, p. 620–637, 1967.

JUSAITIS, M.; SORENSEN, B.; POLOMKA, L. Reproductive biology of the endangered *Brachycome muelleri* (Asteraceae), an endemic herb of Eyre Peninsula, South Australia. **Australian Journal of Botany**, v. 51, p. 179-188, 2003.

KARAM, F. S. C.; MÉNDEZ, M. C.; JARENKOW, J. A.; CORREA, F. R. Fenologia de quatro espécies tóxicas de *Senecio* (Asteraceae) na região Sul do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Veterinária Brasileira**. Bagé, RS: URCAMP, 2002.

PIEPADE-KILL, L. H.; RANGA, N. T. Biologia floral e sistema de reprodução de *Jacquemontia multiflora* (Choisy) Hallier f. (Convolvulaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, n. 1, p. 37-43, 1999.

LEHTILA, K.; LARSSON, A. S. Meristem allocation as a means of assessing reproductive allocation. In: REEKIE, E. G.; BAZZAZ, F. A. (Eds.). **Reproductive allocation in plants**. Stanford: Elsevier Academic Press, 2005.

LEPPIK, E. E. Evolutionary differentiation of the flower head of the Compositae II. **Ann. Bot. Feniçi**, v. 7, p. 325-352, 1970.

LIETH, H. Introduction to phenology and the modeling of seasonality. Phenology and seasonality modeling. In: LIETH, H. (Org.). **Ecological Studies**. Berlin: SpringerVerlag, 1974. p. 3-19. (Capítulo 8).

MANTOVANI, M.; RUSCHEL, R. A.; REIS, M. S.; PUCHALSKI, A.; NODARI, R. O. Fenologia reprodutiva de espécies arbóreas em uma formação secundária da floresta atlântica. **Revista Árvore**, v. 27, n. 4, p. 451-458, 2003.

MARTINS, C.; FREITAS, L. Functional specialization and phenotypic generalization in the pollination system of an epiphytic cactus. **Acta Botanica Brasilica**, v. 32, p. 359-366, 2018.

MERRITT, D. J.; DIXON, K. W. Restoration Seed Banks - A Matter of Scale. **Science**, v. 332, p. 424-425.

HUDSONS, I. L.; KEATLEY, M. R. (Eds.). **Phenological research: methods for environmental and climate change analysis**. Springer, Heidelberg, 2011.

MILLER, S. A.; BARTOW, A.; GISLER, M.; WARD, K.; YOUNG, A. S.; KAYE, T. N. Can an ecoregion serve as a seed transfer zone? Evidence from a common Garden study with five native species. **Restoration Ecology**, v. 19, p. 268-276, 2011.

MITCHELL, R. J.; FLANAGAN, R. J.; BROWN, B. J.; WASER, N. M.; KARRON, J. D. New frontiers in competition for pollination. **Annals of Botany**, v. 103, p. 1403-1413, 2009.

MONASTERIO, M.; SARMIENTO, G. Phenological strategies of plant species in tropical savanna and the semi-deciduous forest of the Venezuelan llanos. **Journal of Biogeography**, v. 3, p. 325-356, 1976.

MONTEIRO, J. M.; ALBUQUERQUE, U. P.; LINS NETO, E. M. F. ARAÚJO, E. L.; AMORIM, E. L. C. Use patterns and knowledge of medicinal species among two rural semi-arid northeastern regions. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 105, p. 173-186, 2006.

MORELLATO, L. P. C. A pesquisa em fenologia na América do Sul, com ênfase no Brasil, e suas perspectivas atuais. In: REGO, G. M.; NEGRELLE, R. B.; MORELLATO, L. P. C. (Orgs.). **Fenologia como Ferramenta para Conservação e Manejo de Recursos Vegetais**. Colombo: EMBRAPA, 2007. p. 37-48.

MORELLATO, L. P. C. *et al.* Linking plant phenology to conservation biology. **Biological Conservation**, v. 195, p. 60–72, 2016.

MORELLATO, L. P. C. **Fenologia de árvores, arbustos e lianas em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil**. 1991. Tese (Doutorado) - Universidade de Campinas, Campinas, São Paulo, 1991.

MORELLATO, L. P. C.; LEITÃO-FILHO, H. F. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. In: MORELLATO, L. P. C. (Org.). **História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil**. Campinas: Unicamp/Fapespp, 1992. p. 112-140.

MORELLATO, L. P. C.; ALBERTI, L. F.; HUDSON, I. L. Applications of circular statistics in plant phenology: a case studies approach. In: HUDSONS, I. L.; KEATLEY, M. R. (Eds.). **Phenological research: methods for environmental and climate change analysis**. Springer, Heidelberg, 2011.

MORELLATO, L. P. C.; RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F.; JOLY, C. A. Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta mesófila semidecídua na Serra do Japi, Jundiaí. **Revista Brasileira de Botânica**, n. 12, p. 85-98, 1989.

MORELLATO, L. P. C. As estações do ano na floresta. In: MORELLATO, P. C.; LEITÃO-FILHO, H. F. (Orgs.). **Ecologia e preservação de uma floresta tropical urbana**. Campinas: Editora da Unicamp, 1995. p. 37-41.

MORELLATO, L. P. C.; LEITÃO-FILHO, H. F. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta mesófila na Serra do Japi. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 50, p. 163-173, 1990.

MORELLATO, L. P. C.; TALORA, D. C.; TAKAHASI, A.; BENCKE, C. C.; ROMERA E. C.; ZIPPARRO, V. B. Phenology of Atlantic rain forest trees: a comparative study. **Biotropica**, v. 32, p. 811–823, 2000.

MOTA, N. F. O.; SILVA, L. V. C.; MARTINS, F. D.; VIANA, P. L. Vegetação sobre Sistemas Ferruginosos da Serra dos Carajás. In: CARMO, F. F. do; KAMINO, L. H.

Y. (Orgs.). **Geossistemas ferruginosos no Brasil**: áreas prioritárias para conservação da diversidade geológica e biológica, patrimônio cultural e serviços ambientais. Belo Horizonte: Instituto Prístino, 2015. p. 289-315.

MOTA, N. F. O.; WATANABE, M. T. C.; ZAPPI, D. C.; HIURA, A. L.; PALLOS, J.; VIVEIROS, R. S.; GIULIETTI, A. M.; VIANA, P. L. Amazon canga: the unique vegetation of Carajás revealed by the list of seed plants. **Rodriguésia**, v. 69, p. 1435-1488, 2018.

MUNHOZ, C. B. R.; FELFILI, J. M. Fenologia do estrato herbáceo-subarbusivo de uma comunidade decampo sujo na Fazenda Água Limpa no Distrito Federal, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, v. 19, n. 4, p. 979-988, 2005.

MUNIZ, F. H. Padrões de floração e frutificação de árvores da Amazônia Maranhense. **Acta Amazônica**, v. 38, p. 46-61, 2008.

NEWSTROM, L. E.; FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica**, v. 26, p. 141-159, 1994.

NUCCI, M.; ALVES-JUNIOR, V. V. Floral biology and reproductive system of *Campomanesia adamantium* (CAMBESSÉDES) O. Berg - Myrtaceae in the area of southern cerrado, Mato Grosso do Sul, Brazil. **Interciência**, v. 42, n. 2, 0378, p. 468-08, 2017.

NUNES, J. A. **Florística estrutura e relações solo-vegetação em gradiente fitofisionômico sobre canga, na Serra Sul, FLONA de Carajás-Pará**. 2009. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade federal de Viçosa, Belo Horizonte, MG, 2009.

OLIVEIRA, P.; MARUYAMA, P. Sistemas Reprodutivos. In: RECH, A.; AGOSTINI, K.; OLIVEIRA, P.; MACHADO, I. **Biologia da Polinização**. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, 2014.

OLLERTON, J.; KILLICK, A.; LAMBORN, E.; WATTS, S.; WHISTON, M. Multiple Meanings and Modes: On the Many Ways to Be a Generalist Flower. **Taxon**, v. 56, p. 717-728, 2007. DOI 10.2307/25065856.

PANERO, J. L.; FREIRE, S. E.; ESPINAR, L. A.; CROZIER, B. S.; BARBOZA, G. E.; CANTERO, J. J. Resolution of deep nodes yields an improved backbone phylogeny and a new basal lineage to study early evolution of Asteraceae. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 80, p. 43-53, 2014.

PANERO, J.; CROZIER, B. Macroevolutionary dynamics in the early diversification of Asteraceae. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 99, 2016. DOI 10.1016/j.ympev.2016.03.007.

PATERNIANI, E. Evolução dos sistemas dos vegetais. **Ciência e Cultura**, v. 26, n. 5, p. 476-481, 1974.

PEDRONI, F.; SANCHEZ, M.; SANTOS, F. A. M. Fenologia da copaíba (*Copaifera langsdorfii* Desf. Leguminosae, Caesalpinoideae) em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 2, p. 183-194, 2002.

PERCOPE, A. L. C. P. **A biodiversidade da floresta amazônica e os impactos da biopirataria**. Disponível em: [http://revistapensar.com.br/administracao/pasta\\_upload/artigos](http://revistapensar.com.br/administracao/pasta_upload/artigos). Acesso em: 18 ago. 2019.

PEREIRA, T. S.; COSTA, M. L. M. N. DA; MORAES, L. F. D.; LUCHIARI, C. Fenologia de espécies arbóreas em Floresta Atlântica da Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **Iheringia**. Série Botânica, v. 63, n. 2, p. 329–339, 2008.

PEREIRA, T. S.; MANTOVANI, W. Fenologia reprodutiva de *Miconia cinnamomifolia* (DC.) Naudin (Melastomataceae), em floresta submontana no estado do Rio de Janeiro. **Revista de Biologia Neotropical**, v. 4, n.1, p. 31-45, 2007.

PINTO, C. E.; AWADE, M.; WATANABE, M. T. C.; BRITO, R; COSTA, W.; MAIA, U.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; GIANNINI, T. C. Size and isolation of naturally isolated habitats do not affect plant-bee interactions: A case study of ferruginous outcrops within the eastern Amazon forest. **PLoS One**, v. 15, p. e0238685, 2020.

PIRANI, F. R.; SANCHEZ, M.; PEDRONI, F. Fenologia de uma comunidade arbórea em cerrado sentido restrito em Barra do Garças, MT. **Acta Botânica Brasilica**, v. 23, n. 4, p. 1096-1109, 2009.

PIRATELLI, A. J.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M; GANDARA, F. B.; SANTOS, E. M. G; COSTA, L. G. S. Biologia da polinização de *Jacaratia Spinosa* (Aubl) ADC. (Caricaceae) em mata residual do sudeste brasileiro. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 58, p. 671-679, 1998.

RAMÍREZ, N. Reproductive phenology, life-forms, and habitats of the Venezuelan Central Plain. **Am. J. Bot.**, v. 89, p. 836-842, 2002.

RAMIREZ, N.; BRITO, C. Patrones de foracio y fructificacion em uma comunidade pantanosa tipo Morichal, Calabozo-Guarico, Venezuela. **Acta Cientica Venezolana**, v. 38, p. 376-381, 1990.

REYS, P.; GALLETI, M.; MORELLATO, L. P. C.; SABINO, J. Fenologia reprodutiva e disponibilidade de frutos de espécies arbóreas em mata ciliar no rio formoso, Mato Grosso do Sul. **Biota Neotropica**, v. 5, n. 2, p. 1-10, 2005.

ROQUE, N.; BAUTISTA, H. P. **Asteraceae**: caracterização e morfologia floral. Salvador: Editora da UFBA, 2008.

SARMIENTO, G.; MONASTERIO, M. Life forms and phenology. In: BOURLIERE, F. (Org.). **Ecosystems of the world: Tropical savannas**. Amsterdam: Elsevier Science, 1983. p. 79-108.

SCARIOT, A. O.; LLERAS, E.; HAY, J. D. Reproductive biology of the palm *Acrocomia aculeata* in Central Brazil. **Biotropica**, v. 23, n. 1, p.12-22, 1991.

SCHAEFER, C. E. G. R.; NETO, E. L.; CORRÊA, G. R.; SIMASI, F. N. B.; CAMPOS, J. F.; MENDONÇA, B. A. F.; NUNES, J. A. Geoambientes, solos e estoques de carbono na Serra Sul de Carajás, Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v. 11, n. 1, p. 85-101, 2016. Ciências Naturais.

SILVA, A. L. G.; PINHEIRO, M. C. B. Biologia floral e da polinização de quatro espécies de *Eugenia L.* (Myrtaceae). **Acta Bot.**, v. 21, p. 235-247, 2007.

SOUZA, N. D. N. *et al.* Estudo fenológico de espécies arbóreas nativas em uma unidade de conservação de caatinga no Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista Biotemas**, v. 27, n. 2, p. 31-42, 2014.

SUN, M.; RITLAND, K. Mating system of yellow starthistle (*Centaurea solstitialis*), a successful colonizer in North America. **Heredity**, v. 80, p. 225-232, 1998.

TER STEEGE, H. *et al.* **Hyperdominance in the Amazonian tree flora**. *Science*, v. 342, p. 325-334, 2013.

VASCONCELOS, L. V.; COSTA, A. C. G.; LIMA, C. T.; ZAPPI, D. C.; GIULIETTI A. M.; WATANABE, M. T. C. **Reproductive phenology of annual and perennial critical native species provide insights for planning the restoration of mine-degraded areas in the Amazon**. Belém: ITV, [20--?]. (in prep.).

VIANA, P. L. *et al.* Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brazil: história, área de estudos e metodologia. **Rodriguésia**, v. 67, p. 1107-1124, 2016.

VIEIRA, F.; FAJARDO, C.; CARVALHO, D. Floral biology of candeia (*Eremanthus erythropappus*, Asteraceae). **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, p. 477-481, 2012.

WASER, N.; OLLERTON, J. **Plant-Pollinator Interactions: From Specialization to Generalization**. Bibliovault OAI Repository, the University of Chicago Press, 2006.

WASER, N. *et al* Generalization in Pollination Systems, and Why it Matters. **Ecology**, v. 77, p. 1043-1060, 1996. DOI 10.2307/2265575.

WEBB, C. J.; LLOYD, D. G. The avoidance of interference between the presentation of pollen and stigmas in angiosperms II. Herkogamy. **New Zealand Journal of Botany**, v. 24, n. 1, p. 163-178, 1986.

WRIGHT, S. J. Seasonal drought and the phenology of understory shrubs in a tropical moist forest. **Ecology**, v. 72, n. 5, p. 1643-1657, 1991.

ZAPPI, D.; GASTAUER, M.; RAMOS, S.; NUNES, S.; CALDEIRA JR, C.; SOUZA, F. P. W.; GUIMARÃES, J.; GIANNINI, T.; VIANA, P.; LOVO, J.; MOTA, N.; SIQUEIRA, J. **Plantas nativas para recuperação de áreas de mineração em Carajás**. Belém: ITV, 2018.