INSTITUTO TECNOLÓGICO VALE

**PROD. TEC. ITV DS / N020/2019**
**DOI: 10.29223/PROD.TEC.ITV.DS.2019.20.Costa**

# PRODUÇÃO TÉCNICA ITV DS

## AVALIAÇÃO FENOLÓGICA (ANO 2019) DE SETE ESPÉCIES INDICADAS PARA RAD: SUBSÍDIOS PARA PROTOCOLOS DE PROPAGAÇÃO

Ana Carolina Galindo da Costa
Hellen da Silva Lopes
Maurício Takashi Coutinho Watanabe

Belém/PA

Dezembro/2019

| **Título:** Avaliação fenológica (Ano 2019) de sete espécies indicadas para RAD: subsídios para protocolos de propagação. | |
|---|---|
| **PROD. TEC. ITV DS – N020/2019** | **Revisão** |
| **Classificação:** ( ) Confidencial ( ) Restrita ( ) Uso Interno ( x ) Pública | 00 |

`

**Informações Confidenciais -** Informações estratégicas para o Instituto e sua Mantenedora. Seu manuseio é restrito a usuários previamente autorizados pelo Gestor da Informação.

**Informações Restritas -** Informação cujo conhecimento, manuseio e controle de acesso devem estar limitados a um grupo restrito de empregados que necessitam utilizá-la para exercer suas atividades profissionais.

**Informações de Uso Interno -** São informações destinadas à utilização interna por empregados e prestadores de serviço

**Informações Públicas -** Informações que podem ser distribuídas ao público externo, o que, usualmente, é feito através dos canais corporativos apropriados


**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

C837 Costa, Ana Carolina Galindo da.

Avaliação fenológica (ano 2019) de sete espécies indicadas para RAD: subsídios para protocolos de propagação. / Ana Carolina Galindo da Costa, Hellen da Silva Lopes, Maurício Takashi Coutinho Watanabe. – Belém: 2019.
25 p. : il.

1. Fenomenologia - Avaliação. 2. Recuperação de áreas degradadas. 3. Ciclo reprodutivo - Recuperação de áreas. I. Lopes, Hellen da Silva. II. Watanabe, Maurício Takashi Coutinho. III.Título

CDD 23. ed.

Bibliotecário(a) responsável : Nisa Gonçalves / CRB 2 - 525

# RESUMO EXECUTIVO

Estudos de biologia reprodutiva de espécies indicadas para Recuperação de Áreas Degradadas (RAD) podem auxiliar com informações sobre o ciclo reprodutivo e o modo de reprodução destas espécies, permitindo identificar se as mesmas são de fato adequadas para programas de recuperação. Além disso, estes estudos podem apontar a melhor época para coleta de sementes, visando a propagação e conservação das espécies em um novo ambiente. Este relatório faz parte de uma série de estudos que vêm sendo desenvolvidos com diversas espécies nativas de áreas de canga, na Serra dos Carajás, no Pará, que tem indicação para RAD. Os indivíduos demarcados para acompanhamento fenológico estão distribuídos em áreas selecionadas na Serra Norte (platôs N1 e N2) e na Serra Sul (platô S11A). Para este relatório, acompanhamos a fenologia reprodutiva de sete espécies pertencentes às famílias Bignoniaceae, Leguminosae e Malpighiaceae, entre os meses de abril e novembro de 2019.

# RESUMO

A atividade de mineração provoca diversas alterações no solo e em sua cobertura. A recuperação de um ambiente degradado pela mineração, como nas cangas das Serras dos Carajás, localizada na Amazônia, necessita da utilização de espécies nativas. Desta forma, estudar o ciclo reprodutivo de espécies ocorrentes nas cangas são essenciais para o manejo e recuperação destas áreas. Desta forma, selecionamos espécies apontadas como adaptáveis ao emprego de recuperação de áreas degradadas, como *Anemopaegma carajasense* (Bignoniaceae), *Camptosema ellipticum*, *Crotalaria maypurensis*, *Dioclea apurensis*, *Mimosa somnians* var. *viscida* e *Periandra mediterranea* (Leguminosae) e *Byrsonima chrysophylla* (Malpighiaceae) com o objetivo de monitorar a fenologia reprodutiva. Para isso, 10 indivíduos na Serra Sul e 10 na Serra Norte de *A. carajasense*, 10 indivíduos de *D. apurensis* na Serra Sul e 10 indivíduos das demais espécies na Serra Norte, em Carajás, foram selecionados para monitoramento fenológico reprodutivo. Os indivíduos monitorados foram avaliados quanto à presença/ausência das fenofases de botão, flor, fruto imaturo e fruto maduro. As fenofases foram correlacionadas com as variáveis de temperatura média mensal (°C) e precipitação total mensal (mm). Verificamos que o tipo de floração das espécies avaliadas é anual associado ao tipo *steady state*. Para a maioria das fenofases das espécies avaliadas não foi possível estabelecer correlação significativa com as variáveis ambientais, sendo necessário pelo menos um ano completo de acompanhamento fenológico para confirmar nossos resultados. A partir do período de frutificação monitorado, sugerimos que o período de junho a setembro é o mais provável de serem encontrados frutos maduros com sementes.



**Palavras-chave:** Fenologia. Avaliação. Recuperação de áreas degradadas. Ciclo reprodutivo. Serra dos Carajás (PA).

# ABSTRACT

From mining activity several changes occur in the soil and its cover. The recovery of an environment degraded by mining, as in the "cangas" in Serra do Carajás, Pará, requires the use of native species. Thus, studying the reproductive cycle of species occurring in the "cangas" are essential for the management and recovery of these areas. Therefore, we selected species identified as adaptable to the use of recovery of degraded areas to monitor its reproductive phenology, such as *Anemopaegma carajasense* (Bignoniaceae); *Camptosema ellipticum*, *Crotalaria maypurensis*, *Dioclea apurensis*, *Mimosa somnians* var. *viscida* and *Periandra mediterranea* (Leguminosae), as well as, *Byrsonima chrysophylla* (Malpighiaceae). For this, 10 individuals in Southern Sierra and 10 in Northern Sierra of *A. carajasense*, 10 individuals of *D. apurensis* in Southern Sierra, and 10 individuals of other species in Northern Sierra in Carajás were selected for reproductive phenological monitoring. The individuals were evaluated for the presence / absence of the phenophase of bud, flower, immature fruit and ripe fruit. Phenophases were correlated with the monthly average temperature (° C) and monthly total precipitation (mm) variables. We verified that the flowering type of the evaluated species is annual associated with the steady state type. For most phenophases of the evaluated species, it was not possible to establish a significant correlation with the environmental variables, requiring at least a full year of phenological monitoring to confirm our results. From the monitored fruiting period we suggest that the period from June to September is the most likely to find ripe fruits with seeds.



**Keywords:** Phenology. Evaluation. Recovery of degraded areas. Reproductive cycle. Serra dos Carajás (PA).

# LISTA DE ILUSTRAÇÕES

**Figura 1 -** Flores das espécies monitoradas quanto a fenologia reprodutiva: *Anemopaegma carajasense* (A), *Camptosema ellipticum* (B), *Crotalaria maypurensis* (C), *Dioclea apurensis* (D), *Mimosa somnians* var. *viscida* (E), *Periandra mediterranea* (F), e *Byrsonima chrysophylla* (G) ..... 14

**Figura 2 -** Frutos das espécies monitoradas quanto a fenologia reprodutiva: *Anemopaegma carajasense* (A), *Camptosema ellipticum* (B), *Crotalaria maypurensis* (C), *Dioclea apurensis* (D), *Mimosa somnians* var. *viscida* (E) e *Byrsonima chrysophylla* (F) ..... 15

**Figura 3 -** Variáveis ambientais de temperatura média mensal (°C) e precipitação total mensal (mm) das estações Barragem do Gelado (Serra Norte) (A) e Sossego (Serra Sul) (B), e fenofases reprodutivas de botão (C), flor (D), fruto imaturo (E) e fruto maduro (F) das espécies monitoradas ..... 17

**Tabela 1 -** Correlação entre os eventos fenológicos reprodutivos das espécies analisadas nas cangas das Serra dos Carajás com as variáveis Precipitação total mensal (mm) e Temperatura média mensal (ºC), no Pará. (legenda: n.a.= não se aplica devido ausência da fenofase; n.s.=não significativo) ..... 18

**Tabela 2 -** Principal período de coleta de sementes das espécies avaliadas na Serra dos Carajás, Pará ..... 19

# SUMÁRIO

**1** 80**9**

**2** 90**9**

**3 Erro! Indicador não definido.10**

3.1 LOCAL DE ESTUDO ..... 10

3.2 ESPÉCIES ESTUDADAS ..... 11

3.3 FENOLOGIA ..... 12

**4 Erro! Indicador não definido.. 13**

4.1 FENOLOGIA REPRODUTIVA ..... 13

4.2 INDICAÇÃO DE PRINCIPAIS PERÍODOS DE COLETA DE SEMENTES PARA PROPAGAÇÃO DAS ESPÉCIES ..... 19

**5 Erro! Indicador não definido.21**

**6 Erro! Indicador não definido. 21**

**7** 21**21**

**8 Erro! Indicador não definido.22**

22**23**

# 1 INTRODUÇÃO

A atividade de mineração tem sido apontada como uma das principais mudanças no uso e cobertura do solo (Frenedozo, 2004; Santos et al., 2013; Sonter et al., 2017; Ritter et al., 2017; Gastauer et al., 2019). Na Amazônia, especificamente na Serra dos Carajás (Pará), a exploração mineral ocorre principalmente em áreas conhecidas como "cangas", caracterizada por uma vegetação campestre em afloramento ferruginoso, imersa em uma matriz florestal (Silva et al., 2014; Skirycz et al., 2014; Viana et al. 2016; Mota et al., 2018). A recuperação do ambiente degradado utilizando espécies nativas torna-se possível a partir de estudos que levantem informações sobre a biologia, fenologia, sucesso reprodutivo, germinação de sementes, estabelecimento de plântulas, taxa de crescimento e distribuição das espécies de interesse. Desta forma, estudos que investigam a biologia de espécies nativas são de grande relevância para o manejo e utilização das mesmas em restauração de áreas degradadas (Morellato et al., 2000; Garcia et.al, 2009).

Nessa perspectiva, os estudos de fenologia reprodutiva apresentam-se como uma ferramenta nesse processo. A fenologia contribui para o entendimento da reprodução das plantas, da organização temporal dos recursos dentro da comunidade e da evolução da história de vida dos animais que dependem das plantas para alimentação, como polinizadores, herbívoros e dispersores (Morellato, 1991; Morellato e Leitão-Filho, 1990). Além disso, a sistematização das características fenológicas reúne informações sobre o estabelecimento e a dinâmica das espécies, fundamentando assim os estudos de ecologia e da evolução dos ecossistemas (Fournier, 1976; Morellato & Leitão-Filho, 1990), além de fornecer valiosas informações a respeito da interação planta-animal em relação à polinização, dispersão e predação de sementes (Morellato, 1991; Newstrom et al., 1994).

A sincronia dos eventos climáticos com o período das fenofases e suas durações interferem na disponibilidade dos recursos para a comunidade, influenciando sua estrutura, principalmente em processos de regeneração (Garcia et al., 2009). Essas informações, quando ajustadas (principalmente visando a seleção das espécies adequadas), podem servir de base para recuperação de áreas degradadas, tais como as áreas mineradas na serra dos Carajás, no Pará.

Neste sentido, como uma ação de compensação ambiental, a recuperação destas áreas que não estão mais sob atividade de mineração é um grande desafio (Skirycz et al., 2014). Para a região de Carajás, esforços vêm sendo realizados para a seleção de espécies de plantas nativas com características adaptáveis ao emprego de recuperação de áreas

degradadas (RAD) pela mineração (Giannini et al., 2016; Zappi et al., 2018), como as analisadas neste relatório. Isto inclui espécies pertencentes à família Bignoniaceae, como *Anemopaegma carajasense* A.H.Gentry ex Firetti-Leggieri & L.G.Lohmann; Leguminosae, tais como *Camptosema ellipticum* (Desv.) Burkart, *Crotalaria maypurensis* Kunth, *Dioclea apurensis* Kunth, *Mimosa somnians* var. *viscida* Willd e *Periandra mediterranea* (Vell.) Taub.; e Malpighiaceae, como *Byrsonima chrysophylla* Kunth (Zappi et al., 2018).

Dentre as espécies selecionadas para este estudo, destaca-se *Anemopaegma carajasense*, uma espécie endêmica das Serras dos Carajás e que foi indicada para programas de recuperação de áreas degradadas na região por ser considerada um componente importante nas comunidades de canga, além de ser categorizada como pioneira de fácil propagação e polinizada por abelhas, o que ajuda a manter as redes de interação e produzir grande quantidade de sementes com bom poder de germinação. As espécies da família Fabaceae, no geral, são consideradas importantes na manutenção das redes e produzem grande quantidade de sementes viáveis, com boa germinação. Já *Byrsonima chrysophylla*, predominante nas cangas, possui flores com glândulas de óleo usadas por abelhas visitantes e seus frutos são utilizados como alimento pela fauna local, sendo, portanto, uma espécie também importante na manutenção de redes de interação (Zappi *et al*., 2018).

Dado o apresentado, estudos de biologia reprodutiva, como fenologia de espécies indicadas para RAD, podem auxiliar com informações sobre o ciclo reprodutivo e modo de reprodução destas espécies, permitindo identificar se as espécies, de fato, são adequadas para os programas de recuperação e o momento exato de coleta de sementes para propagação e conservação da espécie no ambiente novo (Morellato et al., 2010; Buisson et al., 2017). Portanto, neste relatório, apresentamos as primeiras análises fenológicas feitas para as espécies citadas acima, que estão sendo monitoradas na Serra dos Carajás. Neste momento, analisamos o período reprodutivo destas espécies no ano de 2019, avaliando a expressão das fenofases.

## 2 OBJETIVO

Este estudo teve como objetivo monitorar a fenologia reprodutiva de espécies indicadas para RAD, tais como *Anemopaegma carajasense* (Bignoniaceae), *Camptosema ellipticum*, *Crotalaria maypurensis*, *Dioclea apurensis*, *Mimosa somnians* var. *viscida* e

*Periandra mediterranea* (Fabaceae), assim como *Byrsonima chrysophylla* (Malpighiaceae), para o ano de 2019.

# 3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

## 3.1 LOCAL DE ESTUDO

O presente estudo está sendo conduzido na Floresta Nacional (FLONA) de Carajás, no sudeste do Pará, Brasil. As populações de *Anemopaegma carajasense* foram selecionados em duas áreas: na Serra Norte, no platô N1 (6°01'56" S, 50°17'26"W) e na Serra Sul, no platô S11A (6°20'57" S, 50º26"57"W). Os indivíduos de *Dioclea apurensis* foram selecionados na Serra Sul, no platô S11A. Já para as demais espécies (*Camptosema ellipticum*, *Crotalaria maypurensis*, *Mimosa somnians* var. *viscida*, *Periandra mediterranea* e *Byrsonima chrysophylla*), os indivíduos analisados foram selecionados na Serra Norte, platô N1.

Estas áreas estão localizadas no domínio fitogeográfico da Amazônia, em áreas de canga, caracterizadas por serem áreas abertas de campo rupestre sobre afloramentos ferruginosos. Nas cangas há predomínio do componente herbáceo e arbustivo, com pequenas florestas deciduais (capões) e ambientes temporariamente alagados, distintas do ambiente circundante formado por floresta ombrófila perenifólia e estacional (Mota *et al*., 2015; Viana *et al*., 2016).

O clima da região é do tipo Aw de Köppen, caracterizado por temperaturas médias acima de 25 °C, estações bem definidas, com maior pluviosidade no verão, de novembro a maio, do que no inverno, de junho a outubro, variando entre 1800 e 2300 mm anuais. Variáveis ambientais do local de estudo foram obtidas, tais como precipitação total mensal (mm), umidade relativa do ar (%) e temperatura média, mínima e máxima mensal (ºC), a partir de duas estações hidrometeorológicas do Instituto Tecnológico Vale – Desenvolvimento Sustentável (ITV): (1) Sossego, localizada no município de Canaã dos Carajás, no Pará (06° 26' 35" S, 50° 02' 05" W, Alt.: 236 m) próxima a Serra Sul (Fig. 3 A); e (2) Barragem do Gelado, localizada no município de Parauapebas, no Pará (05º 58' 37" S, 50°08' 24"W, Alt. 209 m), próxima a Serra Norte (Fig. 3 B).

## 3.2 ESPÉCIES ESTUDADAS

Para este relatório, foram, temporariamente, estudadas sete espécies de plantas ocorrentes em áreas de canga nas Serras dos Carajás. Estas espécies foram indicadas como potenciais para recuperação de áreas de mineração em Carajás por Zappi *et al*. (2018).

*Anemopaegma carajasense* (Bignoniaceae) é uma espécie endêmica da Serra dos Carajás, descrita pela primeira vez em 2018 (Lohmann *et al*., 2016) e indicada para Recuperação de áreas degradadas (Zappi *et al*., 2018). Apresenta como características reprodutivas flores dispostas em racemos curtos, corola creme com guias de néctar amarelo intenso, tubular, estames e estigma inclusos, ovário elíptico e disco nectarífero anelar circundando o ovário. O fruto é elíptico, apresentando sementes elípticas com alas membranáceas (Lohmann *et al*., 2018), favorecendo a dispersão pelo vento.

*Camptosema ellipticum* (Leguminosae), única espécie representante do gênero nas cangas da Serra dos Carajás, é uma trepadeira volúvel caracterizada por flores papilionáceas, corola vermelha com guia de néctar branco, androceu pseudomonadelfo com 10 estames e gineceu linear com estigma subcapitado (Mattos *et al*., 2018). Os frutos são legumes deiscentes lineares com 7 a 12 sementes (Mattos *et al*., 2018; Zappi *et al*., 2018), sendo pela sua grande produção de sementes indicada para recuperação de áreas de compensação (Zappi *et al*., 2018).

*Crotalaria maypurensis* (Leguminosae) é um subarbusto de até 1 m de altura, único representante do gênero nas cangas da Serra dos Carajás. Apresenta inflorescência racemosa terminal com flores papilionáceas, corola amarela, androceu monadelfo com 10 estames, gineceu oblongo e estigma capitado (Mattos *et al*., 2018). O fruto é um legume inflado (Mattos *et al*., 2018; Zappi *et al*., 2018) com sementes soltas, semelhante a um chocalho. É uma leguminosa fixadora de nitrogênio, com crescimento rápido e facilidade de uso por hidro-semeadura, além disso, produz grande quantidade de sementes (Zappi *et al*., 2018).

*Dioclea apurensis* (Leguminosae) é um subarbusto com inflorescência racemosa axilar ereta, flores zigomorfas com corola lilás-arroxeada, androceu com 10 estames, anteras uniformes, fruto do tipo legume (Mattos *et al*., 2018). Esta espécie foi registrada em áreas abertas, tem crescimento rápido e sementes com boa taxa de germinação, possui grande potencial para revegetar cavas de mina e suas sementes germinam após escarificação (Zappi *et al*., 2018).

*Mimosa somnians* var. *viscida* (Leguminosae) é um subarbusto, arbusto ereto ou arvoreta de até 2m de altura. Apresenta inflorescência paniculada, em glomérulos, terminal.

As flores são radialmente simétricas, corola gamopétala, tetrâmera, rosada, com 8 estames conatos na base, filete rosa e gineceu puberulento. O fruto é do tipo craspédio oblongo, indeiscente (Mattos *et al.*, 2018). Esta espécie apresenta crescimento rápido e alta produção de sementes viáveis. Atrai abelhas durante sua floração contribuindo para o restabelecimento de redes de interação em áreas de RAD (Zappi *et al*., 2018).

*Periandra mediterranea* (Leguminosae) é um arbusto ereto de até 2m de altura com inflorescência racemosa axilar ou terminal, flores papilionáceas, corola azul-violácea, androceu diadelfo, 10 estames. O fruto é do tipo legume elasticamente deiscente (Mattos *et al*., 2018). *Periandra mediterranea* tem potencial para fixação de nitrogênio atmosférico e produz sementes com boa germinação, podendo ser introduzida em todos os ambientes minerados (Zappi *et al*., 2018).

*Byrsonima chrysophylla* (Malpighiaceae) é um arbusto ou arvoreta ereto de 0.5 a 4 m de altura. Apresenta inflorescência terminal racemosa com flores pentâmeras zigomorfas, sépalas com elaióforos (glândulas de óleo) na base, pétalas amarelas livres com margem fimbriada e fruto do tipo drupa (Amorim *et al*., 2018; Zappi *et al*., 2018). Por ser um arbusto predominante nas cangas, suas flores serem polinizadas por abelhas e os frutos procurados pela fauna local, é, portanto, uma espécie importante na manutenção de redes de interação, sendo considerada uma espécie potencial para RAD (Zappi *et al*., 2018).

## 3.3 FENOLOGIA

Durante o período de abril a dezembro de 2019 foram selecionados, etiquetados e monitorados para fenologia reprodutiva, 20 indivíduos de *A. carajasense*, dez em uma população na Serra Sul (S11A) e dez em uma população na Serra Norte (N1). Além disso, a partir de junho de 2019, 10 indivíduos de *Dioclea apurensis* foram selecionados e monitorados na Serra Sul. Ainda, neste mesmo período, para as demais espécies (*Camptosema ellipticum*, *Crotalaria maypurensis*, *Mimosa somnians*, *Periandra mediterranea* e *Byrsonima chrysophylla*) 10 indivíduos foram selecionados e monitorados na Serra Norte (N1).

Para cada indivíduo foram registradas a presença e a ausência das fenofases reprodutivas (índice de atividade), botão, flor, fruto imaturo e fruto maduro (Bencke & Morellato, 2002). O padrão fenológico das espécies foi determinado segundo padrões estabelecidos por Gentry (1974) e Newstrom *et al*. (1994).

A possível influência das variáveis ambientais, tais como precipitação total mensal (mm), umidade relativa do ar (%) e temperatura média mensal (ºC) em cada fenofase para cada espécie foi avaliada. Para isso, as proporções mensais de indivíduos em cada fenofase foram relacionadas às variáveis ambientais. Previamente, as variáveis de cada estação foram correlacionadas entre si através do teste de correlação de Spearman, sendo possível verificar a correlação entre precipitação total mensal e umidade relativa do ar obtidos nas duas estações hidrometeorológicas (Sossego: rs=0.86; p<0.01; Barragem do Gelado: rs=0.93; p<0.01). Verificamos ausência de correlação significativa entre umidade relativa do ar e temperatura média mensal (Sossego: rs=0.26; p=0.48; Barragem do Gelado: r=-0.07; p=0.84); e precipitação e temperatura média mensal (Sossego: rs= -0.22, p=0.55; Barragem do Gelado: rs= -0.008; p=0.98). Nós correlacionamos as variáveis ambientais precipitação total mensal e temperatura média mensal com a frequência absoluta mensal de indivíduos em cada população separadamente, da Serra Sul e da Serra Norte, que expressam cada fenofase através de correlação de Spearman (Zar, 1996). Devido ao potencial atraso entre o estímulo ambiental e a resposta fenológica, verificamos as correlações entre os eventos fenológicos e as variáveis ambientais de um mês anterior às observações (Marques et al. 2004). Os testes de Correlação de Spearman foram realizados no programa BioEstat 5.3 (Ayres & Ayres, 2002).

# 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

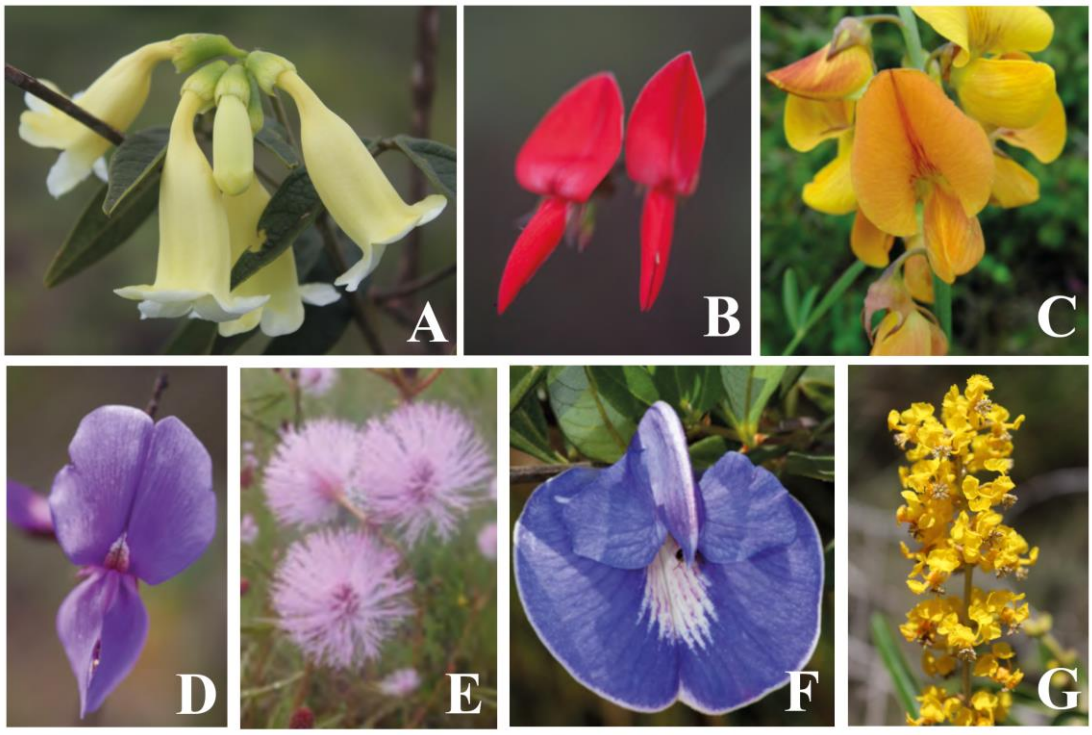
## 4.1 FENOLOGIA REPRODUTIVA

Os resultados preliminares apresentados neste relatório nos permitiram indicar o principal período e os prováveis padrões de floração e frutificação para cada espécie estudada durante o ano de 2019. De maneira geral, as espécies analisadas apresentam padrão de floração anual, segundo a classificação de Newstrom et al. (1994), associado ao tipo *steady state*, no qual a planta produz poucas flores por dia, por um período de tempo de um mês ou mais (Gentry, 1974) (tabela 1). Segundo Gentry (1974), espécies com este tipo fenológico são visitadas por abelhas com padrão sequencial de visitas, no qual as abelhas aprendem a localização de determinados indivíduos floridos da população e os visitam em uma sequência estabelecida.

Durante o período de monitoramento fenológico, ambas as populações de *A. carajasense*, na Serra Sul e na Serra Norte, apresentaram no primeiro mês de acompanhamento, em abril de 2019, maior frequência da presença de botões e de flores

(Fig. 1 A; Fig. 3 C e D). Em maio e junho de 2019, a frequência de flores diminuiu nas duas populações, apresentando maior frequência de frutos imaturos (Fig. 2A, Fig. 3 E) em comparação às demais fenofases. Este padrão de floração em *A. carajasense*, por período curto de poucos meses, com poucas flores em antese por dia foi reportado para outra espécie do gênero, como em *Anemopaegma laeve* (Carvalho et al., 2007; Milet-Pinheiro et al., 2009), e outras espécies da família, tais como *Tabebuia impetiginosa*, *Arrabidaea limae* (Milet-Pinheiro et al., 2009) e *Zeyheria tuberculosa* (Souza et al., 2017). Nos meses subsequentes a frequência de indivíduos apresentando frutos maduros foi maior, entretanto verificamos que poucos frutos são formados por indivíduos. A frutificação desta espécie se estendeu até agosto, na Serra Sul e outubro na Serra Norte (Fig. 3 F).

**Figura 1** – Flores das espécies monitoradas quanto a fenologia reprodutiva: *Anemopaegma carajasense* (A), *Camptosema ellipticum* (B), *Crotalaria maypurensis* (C), *Dioclea apurensis* (D), *Mimosa somnians* var. *viscida* (E), *Periandra mediterranea* (F), e *Byrsonima chrysophylla* (G)




**Fonte:** A e G, Os autores (2019); B-F, Zappi *et al*. (2018).

**Figura 2** - Frutos das espécies monitoradas quanto a fenologia reprodutiva: *Anemopaegma carajasense* (A), *Camptosema ellipticum* (B), *Crotalaria maypurensis* (C), *Dioclea apurensis* (D), *Mimosa somnians* var. *viscida* (E) e *Byrsonima chrysophylla* (F).

**Fonte**: A, Os autores; B-F, Zappi *et al.* (2018).

Verificamos que para os indivíduos localizados na serra Sul houve correlação positiva significativa entre as fenofases de flor (tabela 1). A precipitação é um fator ambiental considerado importante na indução de floração (Opler *et al*., 1976; Borchert, 1983; Morellato *et al*., 1990), sendo relatado para diversas espécies arbustivas e herbáceas em áreas tropicais sazonais (Rathcke & Lacey, 1985; Belo *et al*., 2013). Desta forma, a precipitação pode ser considerada um estímulo ambiental importante para a floração destes indivíduos da Serra Sul. Para os indivíduos da Serra Norte, os eventos fenológicos reprodutivos não foram correlacionados significativamente a fatores ambientais (tabela 1).

*Camptosema ellipticum* apresentou botões e flores (Figura 1B) nos dois primeiros meses de monitoramento, em junho e junho de 2019, início do período seco, apresentando ainda dois indivíduos com botões e flores em setembro (Fig. 3C e 3D). A frutificação ocorreu de junho a outubro, com maior quantidade de indivíduos com frutos imaturos em junho e julho e maior quantidade de indivíduos com frutos maduros em julho de 2019 (Fig. 3 E e F). As fenofases avaliadas não estão, até o momento, correlacionadas com as variáveis ambientais, precipitação total mensal e temperatura média mensal (tabela 1).

Durante o período de monitoramento, botões e flores de *Crotalaria maypurensis* não estavam presentes na população avaliada (Fig. 1C). A fenofase de fruto maduro foi a única possível observar em todos os indivíduos da população, a partir do mês de junho de 2019. Esta fenofase se estendeu até o mês de agosto (Fig. 3E e 3F). A fenofase observada não está correlacionada significativamente com as variáveis de precipitação total mensal e temperatura média mensal, para esta espécie (tabela 1).

*Dioclea apurensis* apresentou botões, flores (Fig. 1D) e frutos imaturos nos dois primeiros meses de observação, junho e julho de 2019, início do período seco (Fig. 3C e 3D). Da mesma forma, frutos maduros foram registrados desde o mês de junho, entretanto, esta fenofase se estendeu até o mês de outubro de 2019, com maior frequência de indivíduos no mês de julho. Em dezembro registramos um indivíduo com botões e flores (Fig. 3E e 3F). As fenofases não apresentaram correlação significativa com a precipitação total mensal e temperatura média mensal (tabela 1).

No primeiro mês de observação de *Mimosa somnians* var. *viscida*, em julho de 2019, foram observados botões e flores (Fig. 1E). Entretanto, os indivíduos da população acompanhada já estavam no final da floração (Fig. 3C e 3D). Frutos imaturos e maduros foram registrados com maior frequência em julho e agosto, respectivamente. O período de frutificação da população se estendeu até setembro (Fig. 3E e 3F). Até o momento, não foi possível estabelecer correlação significativa entre as fenofases observadas e as variáveis ambientais (tabela 1).

*Periandra mediterranea* apresentou maior frequência de botões e flores (Fig. 1F) em junho de 2019, início da estação seca. Houve nova floração de três indivíduos nos meses de setembro e outubro de 2019. As fenofases de fruto imaturo e maduro ocorreram com maior frequência em junho e julho, respectivamente (Fig. 3C e 3D). A fenofase de fruto maduro se estendeu até outubro de 2019 (Fig. 3E e 3F). Verificamos que as fenofases de *P. mediterranea* não estão correlacionadas com as variáveis ambientais (tabela 1).

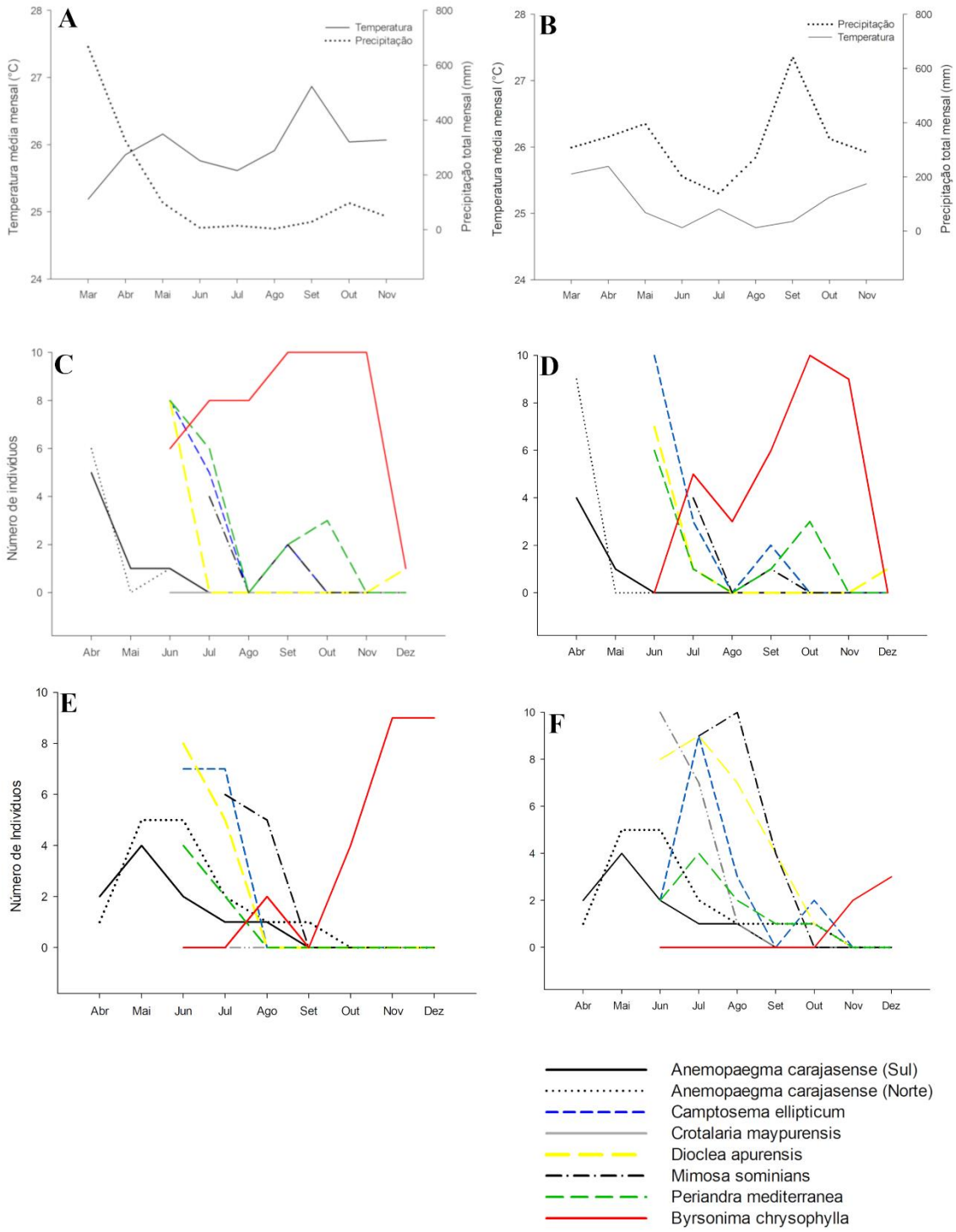
A partir do monitoramento fenológico das espécies de Leguminosae avaliadas, verificamos que todas apresentaram, até o momento, floração do tipo *steady state* (Gentry 1974) e do tipo anual segundo Newstrom *et al*. (1994). Neste padrão anual podem ocorrer floração adicional tardia fora do principal período de expressão da fenofase (Newstrom *et al*. 1994), como visto para *C. ellipticum* e *P. mediterranea*. Este padrão anual pode ser considerado frequente, presente em cerca de 90% das espécies de leguminosas monitoradas por Dutra *et al*. (2009), contribuindo com a ideia que este padrão de floração é o mais comum entre as espécies tropicais (Newstrom *et al*. 1994; Dutra *et al*. 2009). A presença de indivíduos com frutos maduros das espécies monitoradas da família Fabaceae se concentrou do período de junho a setembro de 2019, podendo ser considerados os principais meses de coleta de sementes para projetos de recuperação de áreas degradadas.

Na população de *B. chrysophylla* (Fig. 1G) monitorada, constatamos que botões e flores estavam presentes desde o primeiro mês de observação, expressando estas fenofases

mais intensamente no período seco, de setembro a novembro e em outubro do corrente ano, respectivamente (Fig. 3C e 3D). Com os dados coletados até o momento, podemos classificar a floração como do tipo *steady state* (Gentry 1974) e anual (Newstrom *et al*. 1994). Verificamos que *B. chrysophylla* apresentou não apresentou até o momento correlação significativa entre a fenofase e as variáveis ambientais (tabela 3). O padrão anual de *B. chrysophylla* foi observado por Ribeiro (2007) em área de restinga no Maranhão. Entretanto, Ribeiro (2007) verificou que a floração ocorria no período chuvoso, não considerado um padrão comum para o gênero.

Frutos imaturos de *B. chrysophylla* foram registrados em agosto e de outubro a dezembro, entretanto, frutos maduros só foram observados em novembro e dezembro de 2019 em 2 e 3 indivíduos, respectivamente (Fig. 3E e 3F). Portanto, não foi possível estabelecer, até o momento, o principal período para coleta de sementes desta espécie para uso em programas de RAD.

**Figura 3** - Variáveis ambientais de temperatura média mensal (°C) e precipitação total mensal (mm) das estações Barragem do Gelado (Serra Norte) (A) e Sossego (Serra Sul) (B), e fenofases reprodutivas de botão (C), flor (D), fruto imaturo (E) e fruto maduro (F) das espécies monitoradas.




**Fonte:** Os autores (2019).

**Tabela 1** - Correlação entre os eventos fenológicos reprodutivos das espécies analisadas nas cangas da Serra dos Carajás com as variáveis Precipitação total mensal (mm) e Temperatura média mensal (ºC), no Pará. (legenda: n.a.= não se aplica devido ausência da fenofase; n.s.=não significativo)

| Espécie | Local | Fenofase | Variáveis ambientais | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Precipitação | Temperatura |
| *Anemopaegma carajasense* | Sul | Botão | rs=0.57; p=0.10 | rs=0.39; p=0.28 |
| | | Flor | rs=0.71; p<0.03 | rs=0.18; p=0.63 |
| | | Fruto imaturo | rs=0.44; p=0.22 | rs=-0.12; p=0.75 |
| | | Fruto maduro | rs=0.44, p=0.22 | rs=12; p=0.75 |
| | Norte | Botão | rs=0.63; p=0.06 | rs=-0.18; p=0.63 |
| | | Flor | rs=0.54; p=0.12 | rs=-0.55; p=0.12 |
| | | Fruto imaturo | rs=0.19; p=0.60 | rs=0.28; p=0.46 |
| | | Fruto maduro | rs=-0.19, p=0.60 | rs=-0.28; p=0.40 |
| *Camptosema ellipticum* | Norte | Botão | rs=-0.03; p=0.93 | rs=-0.01; p=0.96 |
| | | Flor | rs=-0.03; p=0.93 | rs=-0.01; p=0.96 |
| | | Fruto imaturo | rs=0.15; p=0.73 | rs=0; p=n.s. |
| | | Fruto maduro | rs=0.15, p=0.73 | rs=0; p=n.s. |
| *Crotalaria maypurensis* | Norte | Botão | n.a. | n.a. |
| | | Flor | n.a. | n.a. |
| | | Fruto imaturo | n.a. | n.a. |
| | | Fruto maduro | rs=0, p=n.s | rs=0; p=n.s. |
| *Diocleia apurensis* | Sul | Botão | rs=0.40; p=0.36 | rs=0.35; p=0.43 |
| | | Flor | rs=0.06; p=0.89 | rs=0.11; p=0.79 |
| | | Fruto imaturo | rs=-0.33; p=0.45 | rs=0.08; p=0.84 |
| | | Fruto maduro | rs=-0.33, p=0.45 | rs=0.08; p=0.84 |
| *Mimosa somnians* var. *viscida* | Norte | Botão | rs=-0.77; p=0.06 | rs=-0.43; p=0.38 |
| | | Flor | rs=-0.77; p=0.06 | rs=-0.43; p=0.38 |
| | | Fruto imaturo | rs=0.15; p=0.73 | rs=-0.77; p=0.06 |
| | | Fruto maduro | rs=-0.43, p=0.38 | rs=-0.77; p=0.06 |
| *Periandra mediterranea* | Norte | Botão | rs=0.03; p=0.93 | rs=0.33.; p=0.46 |
| | | Flor | rs=0.09; p=0.84 | rs=0.54; p=0.21 |
| | | Fruto imaturo | rs=0.26; p=0.56 | rs=0.08; p=0.84 |
| | | Fruto maduro | rs=0.26, p=0.56 | rs=-0.08; p=0.84 |
| *Byrsonima chrysophylla* | Norte | Botão | rs=-0.35; p=0.43 | rs=-0.018; p=0.96 |
| | | Flor | rs=-0.28; p=0.53 | rs=0.12; p=0.78 |
| | | Fruto imaturo | rs=0.43; p=0.33 | rs=-0.28; p=0.54 |
| | | Fruto maduro | rs=24, p=0.59 | rs=0.43; p=0.33 |

**Fonte:** Os autores, (2019).

## 4.2 INDICAÇÃO DE PRINCIPAIS PERÍODOS DE COLETA DE SEMENTES PARA PROPAGAÇÃO DAS ESPÉCIES

No geral, indicamos o período de junho a setembro como o período de coleta de sementes das espécies estudadas. De forma mais específica, para cada espécie avaliada quanto seu período de frutificação indicamos abaixo, na tabela 2, o período de coleta das sementes que podem ser utilizadas para sua propagação e recuperação de áreas degradadas.

Entretanto, para *B. chrysophylla*, devido ao fato de que a frutificação se inicia apenas em outubro de 2019, podemos indicar apenas que em novembro e dezembro é possível encontrar frutos maduros, com sementes possivelmente viáveis.

**Tabela 2 -** Principal período de coleta de sementes das espécies avaliadas quanto sua fenologia reprodutiva na Serra dos Carajás, Pará

| Família | Espécie | Platô | Período de coleta de sementes |
|---|---|---|---|
| Bignoniaceae | *Anemopaegma carajasense* | Sul | Mai - Jul |
| | *Anemopaegma carajasense* | Norte | Mai - Set |
| Leguminosae | *Camptosema ellipticum* | Norte | Jun - Ago |
| | *Crotalaria maypurensis* | Norte | Jun - Ago |
| | *Diocleia apurensis* | Sul | Jun - Set |
| | *Mimosa somnians* var. *viscida* | Norte | Jun - Set |
| | *Periandra mediterranea* | Norte | Jun - Set |
| Malpighiaceae | *Byrsonima chrysophylla* | Norte | Nov - ? |

**Fonte:** Os autores, (2019).

Segundo Merritt & Dixon (2011) as sementes são uma ferramenta primária na recuperação de áreas degradadas. Desta forma, quando dados sobre a coleta de sementes estão ausentes para formação de um banco de sementes viáveis, o sucesso e planejamento de RAD podem ser afetados. A determinação do período em que as sementes das espécies estudadas já estão maduras antes de sua dispersão no ambiente é uma importante fonte de informação para ser utilizada na recuperação de áreas degradadas, fornecendo também informações primárias para protocolos de propagação. Portanto, este dado é considerado fundamental para o planejamento eficaz da colheita de sementes nas áreas naturais (Merritt & Dixon 2011; Buisson et al. 2017), como em comunidades de canga preservadas na FLONA de Carajás, na Amazônia.

## 5 CONCLUSÕES

A partir deste estudo foi possível verificar que o tipo de floração das espécies avaliadas neste estudo é do tipo anual, associado ao tipo "*steady state*", caracterizada pela produção de poucas flores por dia, por um período de dois a três meses, com exceção de *Crotalaria maypurensis* que não floresceu durante o período avaliado. Verificamos, mesmo com poucos meses de acompanhamento, que para os indivíduos de *Anemopaegma carajasense* localizados na Serra Sul, a precipitação foi um fator ambiental que influenciou na indução da floração. Entretanto, para as demais não foi possível estabelecer nenhuma correlação significativa com as variáveis ambientais e determinar possível sazonalidade na expressão das fenofases pelas plantas, possivelmente devido a necessidade de maior número de meses de acompanhamento fenológico. Para a coleta de sementes das espécies avaliadas sugerimos que o período de junho a setembro é o mais provável de serem encontrados frutos maduros com sementes.

## 6 RECOMENDAÇÕES

Para obtermos resultados consistentes e realizarmos análises mais robustas, verificamos que será necessário avaliar um período mínimo de um ano para obtenção de uma amostragem fenológica mais fidedigna. A complementação com o período ideal de um ano possibilitará determinar o período de expressão das fenofases, além de determinar possível sazonalidade. Desta forma, os nossos resultados obtidos até o momento poderão ser autenticados, o que se concretizará no final do primeiro semestre de 2020.

## 7 BENEFÍCIOS POTENCIAIS

A partir de estudos de fenologia reprodutiva de espécies consideradas estratégicas para RAD podemos entender como as espécies estão se reproduzindo no ambiente natural. No final do ciclo reprodutivo podemos checar qual o melhor momento para coleta de sementes e indicar o período onde estas sementes estão disponíveis em campo, tornando mais eficaz o planejamento de sua coleta pelas equipes responsáveis pela recuperação de áreas degradadas.

## 8 PLANO DE IMPLANTAÇÃO

Estudos fenológicos em espécies com potencial para RAD vem sendo desenvolvidos desde abril de 2019, com previsão de término para fechamento deste ciclo de

acompanhamento em julho de 2020. Durante as atividades de campo, outras atividades paralelas são desenvolvidas, tais como observação de visitantes florais, instalação de experimentos para testar sistema reprodutivo, além de coleta de material reprodutivo para análise em laboratório. A partir da indicação do período onde sementes podem estar disponíveis em campo é possível auxiliar no planejamento de sua coleta pelas equipes responsáveis pela recuperação de áreas degradadas, otimizando a execução de seus projetos.

# REFERÊNCIAS


AMORIM, A. M.; VASCONCELOS, L. V.; SILVA JÚNIOR, V. S**.** Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: Malpighiaceae. **Rodriguésia,** v. 69, n. 3, p. 1221-1235, 2018.

AYRES, M.; AYRES JÚNIOR, M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. S. **BioEstat 5.0**: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Belém: IDSM; MCT; CNPq, 2007.

BELO, R. M.; NEGREIROS, D.; FERNANDES, W.; SILVEIRA, F. A. O.; RANIERI, B. D.; MORELLATO, P. C. Fenologia reprodutiva e vegetativa de arbustos endêmicos de campo rupestre na Serra do Cipó, Sudeste do Brasil. **Rodriguésia**, 64, n. 4, p. 817-828, 2013.

BENCKE, C. S. C.; MORELLATO, L. P. C. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. **Revista Brasileira de Botânica,** v. 25, n. 3, p. 269-276, 2002.

BORCHERT, R. Phenology and control of flowering in tropical trees. **Biotropica,** v. 15, p. 81-89, 1983.

BUISSON, E.; ALVARADO, S. T.; STRADIC, S. L.; MORELLATO, L. P. C**.** Plant phenological research enhances ecological restoration. **Restoration Ecology**, v. 25, n. 2, p. 164–171, 2017.

CARVALHO, A. T.; SANTOS-ANDRADE, F. G.; SCHLINDWEIN, C**.** Baixo sucesso reprodutivo em *Anemopaegma laeve* (Bignoniaceae) no Parque Nacional do Catimbau, Pernambuco**. Revista Brasileira de Biociências,** v. 5, n. S1, p. 102-104, 2007.

DUTRA, V. F.; VIEIRA, M. V.; GARCIA, F. C. P.; LIMA, H. C**.** Fenologia reprodutiva, síndromes de polinização ε dispersão em espécies de Leguminosae dos Campos Rupestres do Parque Estadual do Itacolomi, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, v. 60, n.2, p. 371-387, 2009.

FISCHER, E.; THEISEN, I.; LOHMANN, L. G. The families and genera of vascular plants: Bignoniaceae. In: KADEREIT, J. W. (Ed.). **The families and genera of vascular plants.** Heidelberg: Springer-Verlag, 2003. (volume 7).

FOURNIER, L. A. Un método cuantitativo para La medición de características fenológicas en árboles. **Turrialba,** v. 24, p. 422-423, 1974.

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.; GIULIETTI, A.; HARLEY, R.; VIANA, P.; JAFFÉ, R.; ALVES, R.; PINTO, C.; MOTA, N.; CALDEIRA JÚNIOR, C.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.;

FURTINI, A.; SIQUEIRA, J. Selecting plant species for practical restoration of degraded lands using a multiple-trait approach. **Austral Ecology,** v. 42, n. 5, p. 510-521, 2016.

LOHMANN, L. G.; FIRETTI, F.; GOMES, B. M. Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: Bignoniaceae. **Rodriguésia,** v. 69, n. 3, p. 1063-1079, 2018.

MARQUES, M. C. M.; ROPER, J. J.; SALVALAGGIO, A. P. B**.** Phenological patterns among plant life-forms in a subtropical forest in southern Brazil**. Plant Ecology,** v. 173, n. 2, p. 203–213, 2004.

MATTOS, C. M. J.; SILVA, W. L. S.; CARVALHO, C. S.; LIMA, A. N.; FARIA, S. M.; LIMA, H. C. Flora das cangas da serra dos Carajás, Pará, Brasil: Leguminosae. **Rodriguésia**, v. 69, n. 3, p. 1147-1220, 2018.

MERRITT, D. J.; DIXON, K. W. Restoration Seed Banks— A Matter of Scale. **Science**, v. 332, n. 6028, p. 424-425, 2011.

MILET-PINHEIRO, P.; SCHLINDWEIN, C. Pollination in *Jacaranda rugosa* (Bignoniaceae): euglossine pollinators néctar robbers and low fruit set**. Plant Biology,** v. 11, p. 131-141, 2009.

MORELLATO, L. P. C. **Fenologia de árvores, arbustos e lianas em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil**. 1991. 203 f. Tese (Doutorado) - Universidade de Campinas, Campinas, São Paulo, 1991.

MORELLATO, L. P. C.; ALBERTI, L. F.; HUDSON, I. L. Applications of circular statistics in plant phenology: a case studies approach. In: HUDSON, I. L.; KEATLEY, M.(Eds.). **Phenological Research: methods for environmental and climate change analysis**. Heidelberg: Springer, 2010. p. 357-371.

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/FAPESP, 1990. p. 111-140.

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, n. 4b, p. 811–823, 2000.

MOTA, N. F. O.; WATANABE, M. T. C.; ZAPPI, D. C.; HIURA, A. L.; PALLOS, J.; VIVEROS, 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, n. 3, p. 1435-1488, 2018.

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, n. 2, p. 141-159, 1994.

OPLER, P. A.; FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G**.** Rainfall as a factor in the release, timing, and synchronization of anthesis by tropical trees and shrubs. **Journal of Biogeography**, v. 3, p. 231-236, 1976.
RATHCKE, B.; LACEY, E. P. Phenological patterns of terrestrial plants. **Ann. Rev. Ecol. Syst**., v. 16, p. 179-214, 1985.

RIBEIRO, E. K. M. **Sistema de Polinização do "murici pitanga" (Byrsonima chrysophylla Kunth.) em uma área de restinga**. 2007. 74 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Conservação) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2007.

SILVA, J. M. P.; SILVA, C. N.; CHAGAS, C. A. N.; MEDEIROS, G. R. N. Geography and Mining in Carajás/Pará (Northern Region of Brazil). **International Journal of Geosciences,** v. 5, p. 1426-1434, 2014.

SKIRYCZ, A.; CASTILHO, A.; CHAPARRO, C.; CARVALHO, N.; TZOTZOS, G.; SIQUEIRA, J. O. Canga biodiversity, a matter of mining. **Frontiers in plant Science,** v. 5, p. 653, 2014.

SOUZA, C.; NEPI, M.; MACHADO, S.; GUIMARÃES, E. Floral biology, nectar secretion pattern and fruit set of a threatened Bignoniaceae tree from Brazilian tropical forest. **Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants.** v. 227, p. 46-55, 2017.

VIANA, P. L.; MOTA, N. F. O.; GIL, A. S. B.; SALINO, A.; ZAPPI, D. C.; HARLEY, R. M.; ILKIU-BORGES, A. L.; SECCO, R. S.; ALMEIDA, T. E.; WATANABE, M. T. C.; SANTOS, J. U. M.; TROVÓ, M.; MAURITY, C.; GIULIETTI, A. M. Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brazil: história, área de estudos e metodologia. **Rodriguésia**, v. 67, p. 1107–1124, 2016.

ZAPPI, D. C. *et* al. 2018. **Plantas Nativas para recuperação de áreas de mineração e Carajás**. Belém, PA: ITV, 2018. 282 p.

ZAR, J. H. **Bioestatistical analysis**. New Jersey: Prentice-Hall, 1996. 662 p.