

Coleta de dados fenológicos qualitativos e quantitativos em espécies arbóreas tropicais

Márcia Motta Maués
Lucinda Carneiro Garcia
Lúcia Helena de Oliveira Wadt

Introdução

Fenologia é o ramo da ciência que estuda as relações entre o meio abiótico e os fenômenos biológicos recorrentes nas plantas, tais como as fases de floração, frutificação e as mudanças foliares. O acompanhamento da fenologia de uma espécie florestal permite avaliar a disponibilidade de frutos e sementes, ao longo do ano, bem como o período de dispersão destes, visando à quantidade e à qualidade do material coletado, considerando que as mudanças climáticas e a atividade de polinizadores interferem diretamente no ciclo biológico e de produção da espécie.

Os ciclos reprodutivos das espécies arbóreas da Amazônia Brasileira variam muito quanto à ocorrência temporal, distribuição geográfica e periodicidade dos eventos fenológicos nas populações, intra e interespecificamente, e o seu conhecimento dá subsídios para o sucesso da silvicultura na região, servindo para orientar a coleta de sementes de matrizes selecionadas, uma vez que permite definir as épocas mais prováveis de coletas para cada espécie (ALENCAR, 1991).

Conhecer os mecanismos de polinização e os ritmos de ocorrência e duração dos eventos reprodutivos é importante para entender o funcionamento e a estrutura dessas comunidades vegetais, pois esses processos afetam a distribuição espacial, riqueza e abundância das espécies, bem como a sua estrutura trófica e fenodinâmica (MORELLATO, 1991).

De acordo com D'Eça-Neves e Morellato (2004), foram propostas diversas linhas de abordagem dos estudos fenológicos desde a década de 1970, porém “não foram levadas em consideração questões metodológicas importantes na coleta e na avaliação dos dados fenológicos como, por exemplo, o uso de algum método sistematizado de amostragem e/ou de avaliação”. Por esse motivo, os autores mencionam que é difícil fazer comparações entre os diversos estudos fenológicos, uma vez que eles não costumam seguir um único padrão metodológico. Os primeiros trabalhos que se preocuparam em padronizar a coleta de dados fenológicos foram os de Fournier (1974) e Fournier e Charpentier (1975). O primeiro trata de métodos de avaliação de resultados de estudos de fenologia, utilizando um índice de intensidade, obtido por método visual de avaliação em que se utiliza uma escala intervalar; e o segundo aborda o processo de amostragem, testando o tamanho amostral,

definindo uma amostragem mínima de indivíduos por espécie, que fosse representativa e com esforço amostral minimizado (D'EÇA; MORELLATO, 2004).

Os padrões fenológicos reprodutivos de espécies tropicais arbóreas são definidos pela época de ocorrência, duração e frequência do florescimento (BAWA et al., 2003; GENTRY, 1974; NEWSTROM et al., 1994a, 1994b). Newstrom et al. (1994a, 1994b) propuseram uma nova classificação de padrões fenológicos baseados na frequência de ocorrência, na duração, na amplitude, no período de ocorrência, na sincronia e na regularidade dos episódios. Os padrões propostos por esses autores são baseados em uma escala de tempo anual, dividida em quatro tipos: a) contínuo (florescimento interrompido por intervalos curtos e escassos); b) subanual (florescimento em ciclos múltiplos e irregulares na maioria dos anos); c) anual (florescimento concentrado em um único ciclo principal no ano); d) supra-anual (florescimento em ciclos multianuais). O padrão anual é o mais previsível e comum nas plantas tropicais e, geralmente, ocorre na mesma época a cada ano, podendo ser dividido em três subclasses: a) anual breve: chamado *big bang* por Gentry (1974), com duração de quatro semanas, no máximo; b) anual intermediário: chamado cornucópia por Gentry (1974) e sazonal por Frankie et al. (1974), com duração de dois a três meses; e c) anual estendido: com duração acima de três meses, é comum encontrar nessa subclasse espécies com florescimento anual intermediário em nível de indivíduo e anual estendido em nível de população (NEWSTROM et al., 1994b).

A vasta literatura sobre a fenologia reprodutiva de plantas tropicais tem abordado, principalmente, a época de ocorrência associada à sazonalidade do florescimento em nível de comunidades (FRANKIE et al., 1974; NEWSTROM et al., 1994a, 1994b; OPLER et al., 1980), mas alguns estudos vincularam a fenologia de florescimento a diferentes grupos de polinizadores (DULMEN, 2001).

D'Eça e Morellato (2004) destacam que existem dois métodos básicos para avaliações fenológicas: os métodos qualitativos e os métodos quantitativos, que podem ser diretos e indiretos.

Os métodos diretos avaliam os eventos fenológicos por meio da observação direta dos indivíduos, utilizando algum tipo de escala de mensuração. D'Eça e Morellato (2004) mencionam que, nos métodos diretos qualitativos, é utilizada uma escala binária, que se baseia no registro da presença e ausência da fenofase, sem considerar a quantificação de cada fenofase. Por outro lado, nos métodos quantitativos diretos e indiretos, as fenofases são quantificadas de diferentes modos, medidas pela contagem total ou por meio de uma escala ordinal, de forma a caracterizar a intensidade da fenofase durante todo o período de monitoramento, atribuindo valores médios para cada indivíduo monitorado.

Um método semiquantitativo, citado por Fournier (1974), estima a intensidade de cada fenofase por meio de uma escala intervalar de cinco categorias (0 a 4), com intervalos

de 25% entre cada uma delas: zero = ausência de fenofase; 1 = presença da fenofase com magnitude atingindo entre 1% e 25%; 2 = presença de fenofase com magnitude atingindo entre 26% e 50%; 3 = presença de fenofase com magnitude atingindo entre 51% e 75%; e 4 = presença de fenofase com magnitude atingindo entre 76% e 100%. Considerando a fase de florescimento de uma determinada espécie, calcula-se, com base na proporção de flores na copa da árvore, a fase inicial ou terminal, quando menos de $\frac{1}{4}$ da copa tem flores abertas, e assim sucessivamente até a floração plena, com 100% da copa com flores abertas. Entretanto, nem todas as espécies apresentam as fases bem definidas e as flores facilmente visíveis, o que pode dificultar a definição do intervalo pelo observador.

Os métodos indiretos vão avaliar parâmetros quantitativos secundários em um grupo de indivíduos como base para estimativa das fenofases, não ocorrendo observação direta de cada árvore. Esses parâmetros podem ser a área basal dos indivíduos, o diâmetro do caule à altura do peito (DAP), o volume de copa, bem como evidências fenológicas obtidas com o uso de coletores como método de avaliação, tais como o peso seco das estruturas, a presença das estruturas recolhidas nos coletores e o número de coletores com determinada estrutura (por estrutura entendemos: flores, frutos e sementes) (D'EÇA; MORELLATO, 2004).

Este capítulo se propõe a fazer uma breve revisão dos métodos sobre coleta de dados fenológicos de espécies arbóreas tropicais, com recomendações de como coletar e analisar dados qualitativos e quantitativos.

Metodologias

Os estudos sobre a fenologia de espécies arbóreas tropicais podem ser conduzidos em áreas de floresta ou plantio. O primeiro passo é selecionar as árvores que serão monitoradas, nas quais é colocada uma placa/etiqueta de marcação e um número, e toma-se a medida do DAP. Para acesso às árvores, são traçadas trilhas ou transecções, em que o observador deve percorrer para a coleta de dados.

Fenologia qualitativa e semiquantitativa

Para se conhecer os padrões fenológicos de uma determinada espécie, devem ser feitas observações periódicas, de preferência em intervalos quinzenais, sobre a ocorrência dos eventos de floração (botão floral e flor), frutificação (fruto verde e fruto maduro, disseminação) e mudança foliar (folha nova e folha madura; desfolha parcial e desfolha total), como recomendado por Fournier e Charpentier (1975). O monitoramento deve ser feito com auxílio de binóculos com aumento superior a 10 m x 25 m em um conjunto de, no mínimo, 30 indivíduos de cada espécie (Figura 1). Sempre que necessário, devem ser coletadas amostras de flores e frutos para o preparo de exsicatas que servirão como *voucher* e

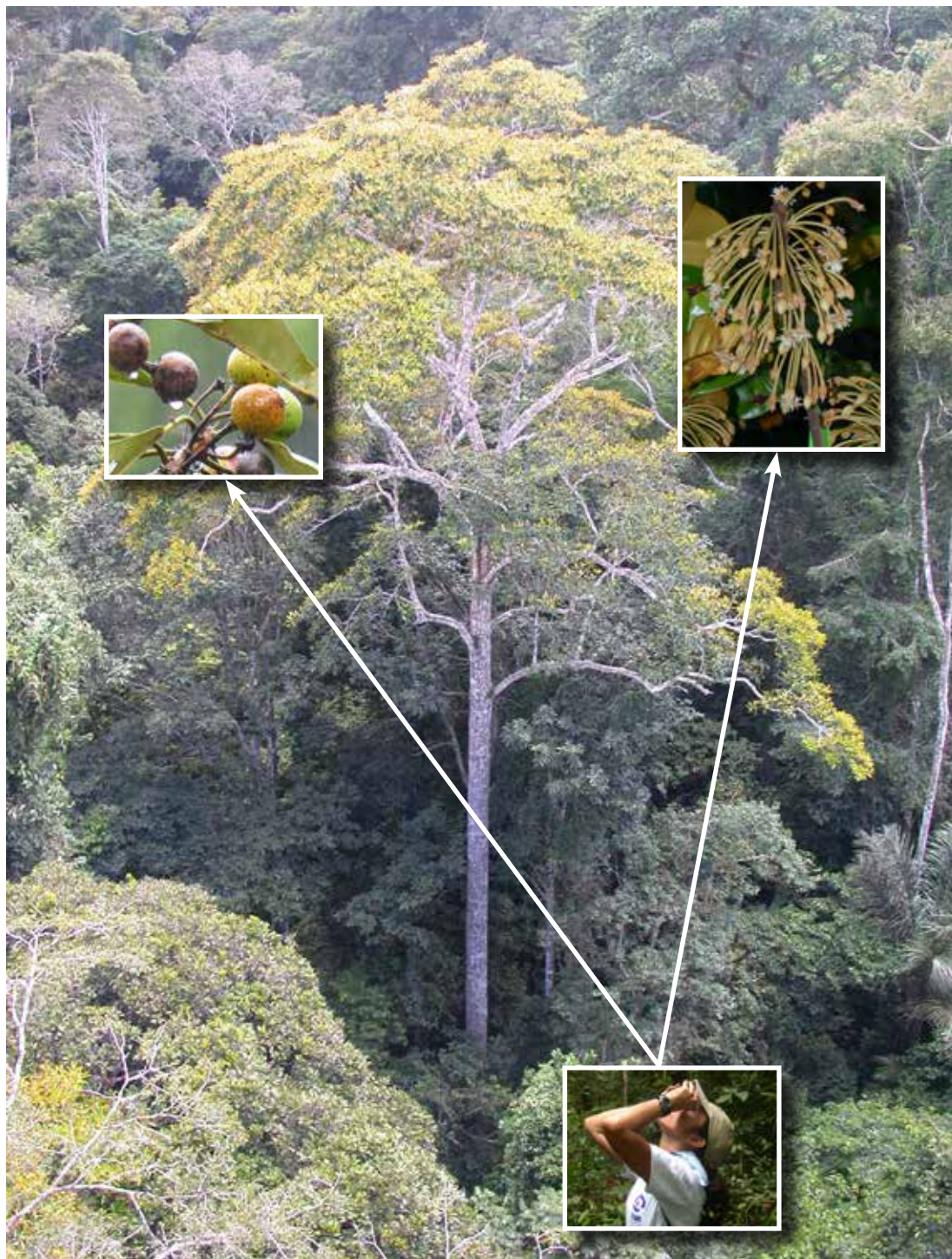


Figura 1. Observação de eventos fenológicos no campo, com auxílio de binóculo: árvore da espécie *Manilkara huberi*/Sapotaceae (maçaranduba), e detalhes da inflorescência e frutos. Floresta Nacional do Tapajós, Belterra, PA.

devem ser depositadas em um herbário indexado para a correta identificação taxonômica e para servirem como testemunho do estudo.

Para o acompanhamento dos eventos fenológicos das matrizes selecionadas, ao longo do ano, deve-se seguir um protocolo, conforme descrito abaixo.

- 1) Selecionar, no mínimo, 30 árvores da espécie a ser monitorada.
- 2) Georreferenciar e identificar as matrizes.
- 3) Estimar a altura total e mensurar a circunferência à altura do peito (CAP) para a obtenção do DAP, ou o DAP diretamente, utilizando uma fita diamétrica.
- 4) Monitorar quinzenalmente as matrizes selecionadas, para as observações das fenofases.
- 5) Anotar em planilha de campo e para cada matriz os eventos de mudança foliar, floração, frutificação e dispersão.

Recomenda-se ainda que o observador esteja munido de binóculos, máquina fotográfica e prancheta contendo a planilha de campo para as anotações.

As observações devem ser feitas em dias de sol, buscando identificar as evidências de floração, frutificação e troca de folhas na copa da árvore, ou por meio de folhas, frutos, flores ou botões florais caídos no chão (o que pode ser muito útil no caso de plantas com flores diminutas ou posicionadas em partes de difícil visualização da planta).

Para registrar os eventos fenológicos, utiliza-se a planilha de campo exemplificada no Anexo 1, que corresponde a uma ficha fenológica contendo os campos para preencher a presença (1) e ausência (0) das fenofases de:

- Floração – BFL: botão floral; FLI: floração início; FLM: floração meio/pico; FLF: floração final.
- Frutificação – FRV: fruto verde; ABF: aborto de frutos; FRM: fruto maduro; DIS: disseminação de frutos/sementes.
- Mudanças foliares – FON: folha nova; FOM: folha madura; DEP: desfolha parcial (espécies perenifólias); DET: desfolha total (espécies caducifólias).

A representação gráfica das fenofases pode ser feita de várias maneiras, podendo ser apresentadas em gráficos ou fenogramas que evidenciam as variações fenológicas dos indivíduos de uma determinada espécie sob a forma de percentual (0% a 100%). Essa representação deve conter o período do estudo em meses e ano, acompanhado ou não

de dados meteorológicos tomados no local do estudo (precipitação pluviométrica, insolação, temperatura do ar). A representação gráfica pode ser em forma de linhas, histograma ou em um gráfico do tipo radar, que mostra a área coberta por uma sequência de dados preenchidos com uma cor, para intervalos mensais, nos quais cada mês corresponde a 30°, totalizando 360° (GAMA et al., 2011; KARAM et al., 2002; KIILL; SIMAO-BIANCHINI, 2011; LOCATELLI; MACHADO, 2004; MORELLATO et al., 1989).

Os dados qualitativos são avaliados com base na presença e ausência de cada fenofase, no período das observações no campo, e depois podem ser correlacionados a registros meteorológicos, como a precipitação pluviométrica, temperatura do ar e insolação. Os principais parâmetros demonstrados nos estudos sobre a fenologia qualitativa de árvores tropicais são: a duração da floração na população; a ocorrência de sincronia ou assincronia entre indivíduos; a frutificação ou aborto de frutos; a dispersão de frutos e sementes; a periodicidade dos eventos reprodutivos [anual, subanual, supra-anual], conforme Newstrom et al. (1994a); o período médio de florescimento por árvore; o ponto médio de florescimento (data) da população; o percentual de florescimento da espécie por ano; e o intervalo de florescimento de todas as árvores.

Na análise dos dados semiquantitativos, é avaliado o percentual de intensidade das fenofases, e pode ser calculada a correlação de Spearman (r_s) (ZAR, 1996) entre o número de espécies em cada fenofase por mês e a variável climática (precipitação, insolação ou temperatura) e entre as fenofases. Além disso, podem ser calculadas as médias e desvios-padrão do tempo de floração, em dias (d), para as espécies que florescem dentro de cada estação, e a diferença entre as médias, por meio do teste t (SOKAL; ROHLF, 2012).

Fenologia quantitativa

Foi desenvolvido um protocolo de coleta de dados quantitativos para espécies arbóreas em florestas tropicais, usando como modelo três espécies que têm frutos pesados e relativamente grandes, como a castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl. Lecythidaceae); médios, como a andirobeira (*Carapa guianensis* Aubl. Meliaceae); e pequenos e leves, como a copaibeira (*Copaifera* spp. Fabaceae-Caesalpinioideae). Segue, abaixo, a descrição dos protocolos.

Castanheira-da-amazônia

Devem ser selecionadas, no mínimo, 30 árvores com DAP > 50 cm, que apresentem copa boa, dominante, com produção de média a boa (essa informação deve ser obtida com o extrativista ou mateiro que tenha experiência na área de estudo, a fim de se evitar aquelas árvores que não produzem ou que produzem poucos frutos).

Para estimar a área da copa, medir oito raios equidistantes (três pessoas: a primeira fica no tronco segurando a trena; outra vai para a borda da copa – com a trena; e uma terceira pessoa fica fora da copa orientando aquela que está na borda para ter certeza de que realmente está no limite; a disposição das pessoas deve ser em forma de triângulo), obtendo a média dos raios e calculando a área de um círculo usando o raio médio (ver detalhes no Capítulo 1 deste Guia).

Proceder com a instalação de quatro coletores debaixo da copa de cada árvore (Figura 2), para medir produção de flores, frutos, aborto de frutos e queda de folhas. Os coletores devem ficar mais na borda da copa do que perto do tronco, considerando que as flores se desenvolvem na ponta dos galhos.

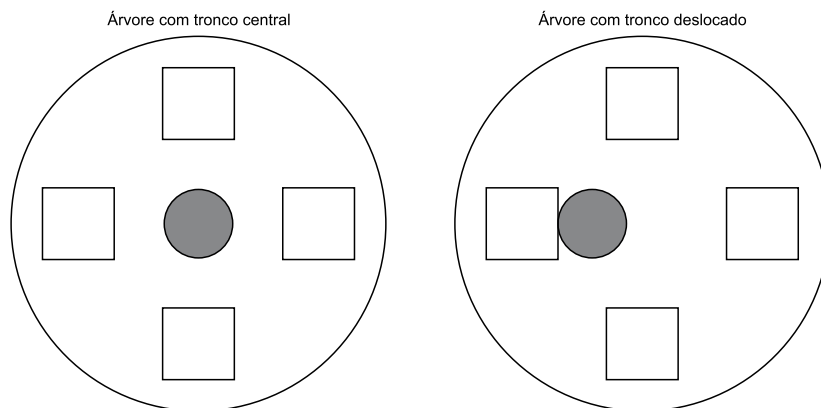


Figura 2. Posicionamento dos coletores sob a copa das árvores.

Os coletores são confeccionados em madeira resistente aos intemperes, com dimensões de 1 m x 1 m, com 2 telas, uma acima da outra, sendo a superior de arame galvanizado (malha mínima de 5 cm) e a tela inferior de nylon. A altura da 1ª tela (nylon) ao chão será de 80 cm, e a altura entre as 2 telas será de 30 cm. Colocar pernas mancas para apoiar a tela de arame e fechar as laterais (60 cm de altura) com a tela de nylon (ver Figura 3 do Capítulo 5). Uma das laterais de nylon, no espaço entre a primeira e a segunda tela, deve ser uma porta para que se possa abrir a tela e coletar o material depositado (Figura 3). O material a ser utilizado na confecção dos coletores consta na Tabela 1.

Devem ser monitorados o número de flores, número de frutos maduros, número de frutos abortados e número de folhas. As coletas devem ser feitas quinzenalmente, reduzindo para intervalos semanais nos três meses de floração.

Foto: Lúcia Helena de Oliveira Wadt



Figura 3. Detalhe da porta do coletor para castanha-da-amazônia.

Tabela 1. Material necessário para confecção dos coletores para castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.).

Material	1 coletor	40 coletores
Longarina de 4 m, de madeira resistente (5 cm x 5 cm)	6 un	240 un
Tela de nylon (1,50 m da largura)	4 m	160 m
Tela de arame galvanizado (malha de 5 cm)	1 m	40 m
Pregos 3 ½" (para 6 coletores)	1 kg	7 kg
Pregos 2 ½" (para 6 coletores)	1 kg	7 kg
Pregos 1 ¼" (para 6 coletores)	1 kg	7 kg

Andirobeira e copaibeira

Deverão ser selecionadas, no mínimo, 30 árvores com DAP > 20 cm, copa boa, dominante, com produção média para boa. Para a medição da área da copa, medir oito raios (conforme descrito para a castanheira), fazer a média dos raios e calcular a área de um círculo usando o raio médio.

Efetuar a instalação de quatro coletores por árvore com o mesmo posicionamento feito para castanheira (Figura 2), para medir produção de flores, aborto de frutos e queda de folhas.

A estrutura dos coletores (1 m x 1 m de área) deve ser de madeira ou cano de PVC, com uma tela dupla de nylon na forma de saco. A profundidade do saco deve ser de aproximadamente 50 cm, e a altura do fundo do saco ao chão de 60 cm (Figuras 4 e 5). O material a ser usado para confecção dos coletores consta na Tabela 2.

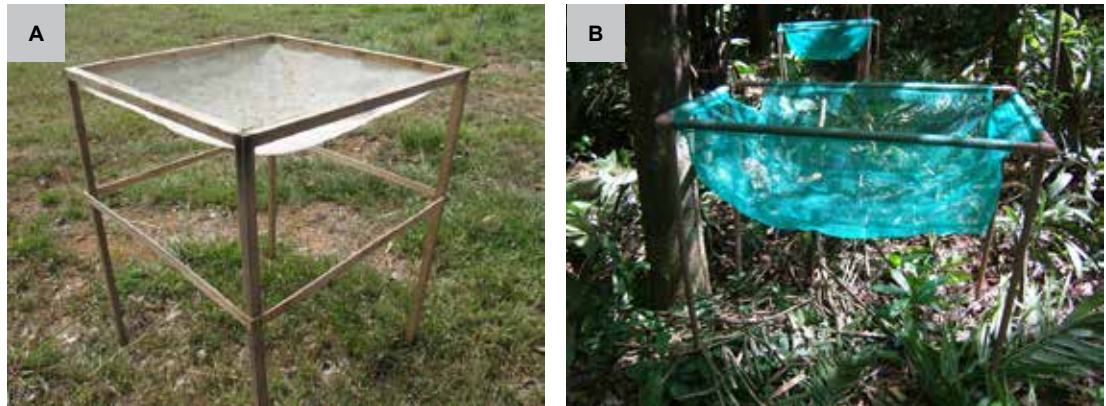
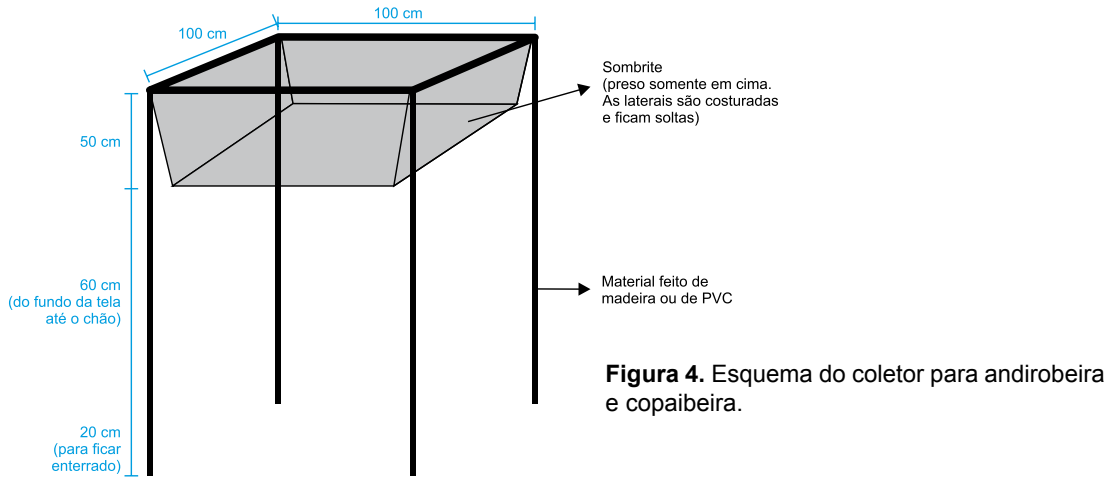


Figura 5. Tipos de coletores: detalhes do coletor utilizando madeira (A); detalhes do coletor utilizando PVC (B).

Tabela 2. Material necessário para confecção dos coletores para andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) e copaíba (*Copaifera* spp.).

Se usar madeira	1 coletor	160 coletores
Longarina de 4 m, de madeira resistente (3 cm x 3 cm)	3 un	480 un
Pregos 1 ½" com cabeça (para 8 coletores)	1 kg	20 kg
Pregos 1 ¼" (para 8 coletores)	1 kg	20 kg
Tela de nylon (1,50 m de largura)	3 m	480 m
Se usar PVC	1 coletor	160 coletores
Cano de PVC ⁽¹⁾ soldável de 1 ¼ "	9 m	1.440 m
"T" de 1 ¼ " soldável	4 un	640 un
Joelho de 1 ¼ " soldável	8 un	1.280 un
Tela de nylon (1,50 m de largura)	3 m	480 m

⁽¹⁾ Cada cano de PVC tem 6 m, então serão necessários 240 canos.

Para a avaliação dos resultados, deve ser feita a contagem e pesagem (massa seca) das estruturas vegetais para cada parâmetro avaliado, como segue:

- **Floração:** contagem e pesagem de botões florais e flores.
- **Frutificação:** contagem e pesagem de frutos jovens, frutos maduros e sementes.
- **Mudanças foliares:** contagem e pesagem de folhas.

Como essa metodologia depende da coleta de material vegetativo caído naturalmente, dificilmente serão coletadas folhas jovens e frutos jovens que não sejam abortados espontaneamente. Diante disso, os dados coletados ficam restritos a evidências de floração, frutificação e mudança de folhas maduras.

Assim, a análise do material vegetativo coletado, conforme descrito acima, baseia-se no peso da matéria seca das estruturas e na presença das estruturas nos coletores, que podem, do mesmo modo que nas análises da fenologia qualitativa, ser correlacionados aos dados meteorológicos do local de estudo.

Referências

- ALENCAR, J. C. Estudos fenológicos de espécies florestais arbóreas e de palmeiras nativas da Amazônia. In: VAL, A. L.; FIGLILOLO, R.; FELDBERG, E. (Ed.). **Bases científicas para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia:** fatos e perspectivas. Manaus: Inpa, 1991. p. 215-220.
- BAWA, K. S.; KANG, H.; GRAYUM, M. H. Relationships among time, frequency, and duration of flowering in tropical rain forest trees. **American Journal of Botany**, v. 90, n. 6, p. 877-887, 2003.
- D'EÇA-NEVES, F. F.; MORELLATO, L. P. C. Métodos de amostragem e avaliação utilizados em estudos fenológicos de florestas tropicais. **Acta botânica brasileira**, v. 18, n. 1, p. 99-108, 2004.
- DULMEN, A. V. Pollination and phenology of flowers in the canopy of two contrasting rain forest types in Amazonia, Colombia. **Plant Ecology**, v. 153, n. 1/2, p. 73-85, 2001.
- FOURNIER, L. A. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. **Revista Turrialba**, v. 24, p. 422-423, 1974.
- FOURNIER, L. A.; CHARPANTIER, C. El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los arboles tropicais. **Revista Turrialba**, v. 25, n. 1, p. 45-48, 1975.
- FRANKIE, G. F.; BAKER, H. G.; OPLER, P. A. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. **Journal of Ecology**, v. 62, n. 3, p. 881-913, 1974.
- GAMA, L. U.; BARBOSA, A. A. A.; OLIVEIRA, P. A. M. Sistema sexual e biologia floral de *Pouteria ramiflora* e *P. torta* (Sapotaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 34, n. 3, p. 375-387, 2011.
- GENTRY, A. H. Coevolutionary patterns in Central American Bignoniaceae. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 61, n. 3, p. 728-759, 1974.
- KARAM, F. S. C.; MÉNDEZ, M. C.; JARENKOW, J. A.; RIET-CORREA, F. Fenologia de quatro espécies tóxicas de *Senecio* (Asteraceae) na região Sul do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 22, n. 1, p. 33-39, 2002.

KIILL, L. H. P.; SIMAO-BIANCHINI, R. Biologia reprodutiva e polinização de *Jacquemontia nodiflora* (Desr.) G. Don (Convolvulaceae) em Caatinga na região de Petrolina, PE, Brasil. **Hoehnea**, v. 38, n. 4, p. 511-520, 2011.

LOCATELLI, E.; MACHADO, I. C. Fenologia das espécies arbóreas de uma Mata Serrana (Brejo de Altitude) em Pernambuco, Nordeste do Brasil. In: PORTO, K. C.; CABRAL, J. J.; TABARELLI, M. (Org.). **Brejos de altitude: história natural, ecologia e conservação**. Brasília, DF: MMA/Probio, 2004. p. 255-276.

MORELLATO, L. P. C. **Estudo da fenologia de árvores, arbustos e lianas de uma floresta semidecídua no Sudoeste do Brasil**. 1991. 173 f. Tese (Doutorado em Biologia) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

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

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

NEWSTROM, L. E. G.; FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G.; COLWELL, R. K. Diversity of long-term flowering patterns. In: MCDADE, L. A.; BAWA, K. S.; HESPENHEIDE, H. A.; HATSHORN, G. S. (Ed.). **La Selva: ecology and natural history of a neotropical rain forest**. Chicago: University of Chicago, 1994b. p. 142-160.

OPLER, P. A.; FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G. Comparative phenological studies of treelet and shrub species in tropical wet and dry forests in lowlands of Costa Rica. **Journal of Ecology**, n. 68, p. 167-188, 1980.

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. **Biometry: the principles and practice of statistics in biological research**. 4th ed. New York: W. H. Freeman and Co, 2012. 937 p.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. 3rd ed. New Jersey: Prentice-Hall International Editions, 1996. 662 p.

Anexo 1. Ficha de campo para monitoramento fenológico qualitativo.

Instituição: _____		Espécie: _____		Local: _____			Nº: _____								
Responsável: _____		Altura total: _____		DAP: _____											
Data	Floração ⁽¹⁾					Frutificação ⁽¹⁾					Mudança foliar ⁽¹⁾				Observações
	BFL	FLI	FLM	FLF	FRV	ABF	FRM	DIS	FON	FOM	DEP	DET			

⁽¹⁾ Floração: BFL: Botões florais; FLI: Início floração; FLM: Meio floração; FLF: Final floração. Frutificação: FRV: Frutos verdes; ABF: Aborto de frutos; FRM: Frutos maduros; DIS: Dispersão frutos. Mudança foliar: FON: Folhas novas; FOM: Folhas maduras; DEP: Desfolha ; DET: Desfolha total.