
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

IGOR MATOS MOREIRA

**FENOLOGIA VEGETATIVA E REPRODUTIVA DA
COMUNIDADE ARBÓREA DE FLORESTAS
SECUNDÁRIAS ORIUNDAS DE REGENERAÇÃO
NATURAL**



Rio Claro - SP
2024

Igor Matos Moreira

**Fenologia vegetativa e reprodutiva da comunidade arbórea de
florestas secundárias oriundas de regeneração natural**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Biociências – Câmpus de Rio
Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio
de Mesquita Filho”, para obtenção do grau de
Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientadora: Marina Corrêa Côrtes

Coorientadora: Carina Isabella Motta

**Rio Claro - SP
2024**

M838f

Moreira, Igor Matos

Fenologia vegetativa e reprodutiva da comunidade arbórea de florestas secundárias oriundas de regeneração natural / Igor Matos Moreira. -- Rio Claro, 2024

62 p. : il., tabs., mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Rio Claro

Orientadora: Marina Corrêa Côrtes

Coorientadora: Carina Isabella Motta

1. Fenologia vegetal. 2. Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (Brasil). 3. Florestas Reprodução. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Igor Matos Moreira

Fenologia vegetativa e reprodutiva da comunidade arbórea de florestas secundárias oriundas de regeneração natural

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências – Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dra. Marina Corrêa Côrtes

Ma. Carina Isabella Motta

Prof. Dra. Leonor Patrícia Cerdeira Morellato

Ma. Amanda Eburneo Martins

Aprovado em: 04 de junho de 2024

Assinatura do discente

Assinatura da orientadora

Assinatura da coorientadora

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus amigos por todas as risadas, palavras de carinho e suporte durante toda a minha graduação. As amizades feitas durante minha passagem pela Ecologia, principalmente Abusada e Aikinha. Também agradeço as amizades da Biologia pelas horas estudando juntas, os rolês, as viagens a campo. A graduação foi mais leve ao seu lado.

Agradeço a Moradia Estudantil e as amizades lá criadas, a Casa 1 e por todos os bolos divididos. Vocês foram uma família, me receberam de braços abertos e com vocês criei memórias que carregarei com imensa alegria. Ashilleyy, a melhor companheira de quarto e amiga de karaokê. Carol, por todas as horas em frente a nossa casa, com um bom café e as histórias incríveis que se tornam maravilhosas pelos seus olhos.

Agradeço a Rep. Caipiroca. Vocês são ótimos. Obrigade por me divertirem tanto, pelas entrevistas, pelas brisas doidas. A Rep. mais famosa de Rio Claro. Agradeço também a Laure. Uma amiga querida que expandiu meus horizontes, com a qual vivi aventuras que jamais me esquecerei. Façam terapia!

Agradeço a minha mãe e irmã por todo o suporte, pelos conselhos e cuidado. Vocês me fizeram quem sou e essa vitória é nossa. uma dentre muitas. Amo vocês.

Agradeço também a Carina. Amiga, coorientadora, parceira de campo. Você tornou todo o trabalho muito mais tranquilo. E foi muito trabalho. Agora temos nossa amizade eternizada nesta pesquisa.

Agradeço ao ReSeed por todo o suporte, os conhecimentos trocados e os bons momentos vividos. Em especial, agradeço a Robert e Canassa, os quais me ajudaram ativamente durante os trabalhos de campo. Agradeço também à minha orientadora, Marina, a qual me guiou durante todo esse processo. Saiba que você é a profissional que gostaria de me tornar um dia.

Agradeço a COPE que, através de seus programas de permanência, fomentou minha pesquisa.

Agradeço a FAPESP, financiando minha pesquisa e realização do trabalho de conclusão de curso, através do processo nº 2023/01247-1, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

RESUMO

A regeneração natural é uma estratégia econômica e eficaz para a recuperação de ecossistemas degradados, ocorrendo principalmente devido à chegada de sementes de fragmentos próximos por meio de agentes abióticos ou pela fauna frugívora que habita a região. Nessas novas florestas, as árvores, além de constituírem elementos fundantes, oferecem recursos à fauna local ao longo do ciclo de vida, que envolve desde as fases de brotamento e queda foliar até a reprodução. Desta forma, nosso projeto buscou caracterizar os padrões fenológicos das árvores em florestas secundárias em regeneração com base nas métricas de sazonalidade, duração e sincronia das fenofases, e comparar esses padrões de acordo com as síndromes de polinização e dispersão de sementes das espécies arbóreas. As observações fenológicas foram feitas em oito parcelas de 20x45m localizadas em fragmentos florestais na bacia hidrográfica do Corumbataí, estado de SP. A coleta dos dados foi realizada por meio de observação mensal em cada parcela com o auxílio de binóculo. Nossos resultados demonstraram brotamento foliar com sazonalidade na estação chuvosa, enquanto a queda foliar apresentou sua sazonalidade na estação seca, resultados já esperados devido ao regime de chuvas presente na região. Flores zoófilas estiveram mais concentradas na segunda metade da estação seca e primeira metade da chuvosa, possivelmente sofrendo influência do regime de chuvas e duração do fotoperíodo, enquanto as anemófilas apresentaram distribuição mais dispersa, também com maior concentração na estação chuvosa. Frutos zoocóricos foram encontrados em todo o período, com maior concentração na estação seca, diferente do esperado, já que água é um grande constituinte das polpas dos frutos. Frutos anemocóricos estiveram presentes com maior intensidade na estação seca, quando há melhores condições para sua dispersão. Frutos autocóricos estiveram presentes com maior concentração na transição chuvosa-seca. O estudo nos apresentou as características fenológicas destas florestas em regeneração, nos trazendo base de como se dá a fenologia destes ambientes em regeneração.

Palavras-chave: fenofases; mata atlântica; sazonalidade; sincronia; síndrome de dispersão de sementes; síndrome de polinização.

ABSTRACT

Natural regeneration is an economical and effective strategy for restoring degraded ecosystems, mainly occurring due to the arrival of seeds from nearby fragments through abiotic agents or frugivorous fauna inhabiting the region. In these new forests, trees, besides being foundational elements, provide resources to the local fauna throughout their life cycle, involving stages from leaf budding and leaf fall to reproduction. Thus, our project aimed to characterize the phenological patterns of trees in secondary regenerating forests based on metrics of seasonality, duration, and synchrony of phenophases, and to compare these patterns according to the pollination and seed dispersal syndromes of tree species. Phenological observations were made in eight 20x45m plots located in forest fragments in the Corumbataí watershed, São Paulo state. Data collection involved monthly observation in each plot aided by binoculars. Our results showed leaf budding with seasonality in the rainy season, while leaf fall exhibited seasonality in the dry season, as expected due to the rainfall regime in the region. Zoophilous flowers were more concentrated in the second half of the dry season and the first half of the rainy season, possibly influenced by rainfall patterns and photoperiod duration, while anemophilous ones showed a more dispersed distribution, also with a higher concentration in the rainy season. Zoochorous fruits were found throughout the year, with a higher concentration in the dry season, contrary to expectations, as water is a major constituent of fruit pulp. Anemochorous fruits were more abundant in the dry season when conditions for dispersal are optimal. Autochorous fruits were more concentrated during the rainy-dry transition. The study provided insight into the phenological characteristics of these regenerating forests, offering a basis for understanding the phenology of these environments undergoing regeneration.

Keywords: atlantic forest; phenophase; pollination syndrome; seasonality; seed dispersal syndrome; synchrony.

Sumário

1 Introdução.....	8
2 Objetivos específicos e hipóteses.....	11
3 Material e métodos.....	12
3.1 Área de estudo.....	12
3.2 Observação da fenologia vegetativa e reprodutiva.....	13
3.3 Características ecológicas das espécies: deciduidade, síndrome de polinização e de dispersão de sementes.....	15
3.4 Caracterização dos padrões fenológicos.....	15
3.5 Forma de análise dos resultados.....	16
3.6 Análise estatística entre variáveis.....	17
4 Resultados.....	17
4.1 Deciduidade.....	18
4.2 Síndromes de polinização.....	18
4.3 Síndromes de dispersão de sementes.....	18
4.4 Sazonalidade.....	18
4.4.1 Brotamento foliar.....	18
4.4.2 Queda foliar.....	19
4.4.3 Floração.....	20
4.5 Duração.....	21
4.5.1 Brotamento foliar.....	21
4.5.2 Queda foliar.....	22
4.5.3 Floração.....	22
4.5.4 Frutificação.....	22
4.6 Sincronia.....	29
4.6.1 Brotamento foliar.....	29
4.6.2 Queda foliar.....	29
4.6.3 Floração.....	29
4.6.4 Frutificação.....	30
5 Discussão.....	40
5.1 Padrões de brotamento foliar em diferentes tipos de deciduidade.....	41
5.2 Padrões de queda foliar em diferentes tipos de deciduidade.....	42
5.3 Padrões de floração em diferentes tipos de polinização.....	43
5.4 Padrões de frutificação em diferentes tipos de dispersão de sementes.....	45
6 Conclusão.....	46
7 Referências.....	48

1 Introdução

A restauração florestal via regeneração natural (ou regeneração passiva) pode ocorrer com a redução no uso da terra ou mesmo pelo simples abandono de área manejada (REZENDE *et al.*, 2015; STRASSBURG *et al.*, 2016; LOUREIRO *et al.*, 2021) e tem se mostrado uma opção funcional e econômica quando comparada a estratégias de manejo com intervenção humana (REZENDE *et al.*, 2015). A chegada de sementes até as áreas degradadas é realizada principalmente por agentes abióticos (e.g. vento) e fauna local, a qual se utiliza dos frutos e sementes para sua alimentação, consequentemente podendo transportá-los até locais propícios para o desenvolvimento da planta, alterando a distribuição e abundância dos indivíduos (HOWE; SMALLWOOD, 1982). Além da regeneração da vegetação e consequente organização das comunidades de plantas e estrutura florestal (Xu *et al.*, 2015), é importante considerarmos os padrões fenológicos dessas espécies para entendermos como se dá a oferta de recursos vegetativos e reprodutivos nessas novas florestas ao longo do tempo. As plantas oferecem diversos recursos para a fauna, além de auxiliarem na regulação ecossistêmica influenciando o microclima, ciclagem dos nutrientes e qualidade do solo, por exemplo (HERNANDES *et al.*, 2004; MCDOWELL *et al.*, 2008, MORELLATO; LEITÃO-FILHO, 1992). A floração oferece pólen, néctar e flores suprimindo a dieta de nectarívoros e florívoros, que podem promover a reprodução de plantas via polinização (AGOSTINI *et al.*, 2014). A frutificação oferece frutos e sementes aos frugívoros e granívoros, possibilitando a dispersão ou predação de sementes (GRESSLER *et al.*, 2006). A queda foliar contribui para a formação da serapilheira com influência sobre a ciclagem de nutrientes (MORELLATO; LEITÃO-FILHO, 1992) e o brotamento foliar possibilita a renovação foliar que, além de reestruturar o dossel, oferece alimento para herbívoros (MELONI *et al.*, 2007).

A provisão desses diferentes recursos varia ao longo do tempo, seguindo padrões fenológicos. Neste contexto, a fenologia vegetal é a área da ciência que estuda as variações cíclicas que ocorrem na vegetação, principalmente em florestas com forte sazonalidade climática, com a presença de uma estação fria e seca e outra quente e chuvosa (FRANKIE *et al.*, 1974, MORELLATO, 1991). As fenofases podem ser classificadas em queda foliar, brotamento foliar, botão floral, antese (flor aberta), fruto imaturo e fruto maduro (MORELLATO *et al.*, 1989), sendo separadas

em fenofases vegetativas (queda foliar e brotamento foliar) e reprodutivas (botão floral, antese, frutos imaturos e frutos maduros).

Em florestas tropicais decíduas ou semidecíduas, a fase de queda foliar geralmente ocorre durante a estação seca, enquanto o brotamento foliar ocorre na transição entre as estações seca e chuvosa, sendo mais intenso nas espécies decíduas e semidecíduas, principalmente em indivíduos de ambientes com sazonalidade mais intensa (FRANKIE *et al.*, 1974; MORELLATO; LEITÃO-FILHO, 1992). Sendo assim é importante considerarmos a deciduidade das espécies, que pode atuar como uma estratégia de resistência à seca (SOUZA *et al.*, 2015). A deciduidade é um fator de grande importância para a ciclagem de nutrientes, sendo mais intensa durante o fim da estação seca, tornando as folhas as principais formadoras da serrapilheira (DE CAMARGO *et al.*, 2018; MORELLATO; LEITÃO-FILHO, 1992). As plantas podem ser categorizadas em três padrões de deciduidade: perenifólias, as quais vão substituindo as folhas antigas conforme estas caem; semidecíduas, que perdem parte das folhas, substituindo-as em curto período (1 a 2 semanas) e; decíduas, as quais perdem todas ou quase todas as folhas, sendo claramente perceptível durante a estação seca e rebrotando ao fim da estação seca ou início da chuvosa (LORENZI, 1992; DE BIE *et al.*, 1998). Fatores como temperatura e precipitação podem influenciar no início e término da queda e brotamento foliar, além de alterar também as fenofases reprodutivas (PEÑUELAS *et al.*, 2002)

As fenofases reprodutivas, principalmente a floração, ocorrem mais predominantemente durante a estação seca ou no início da chuvosa (JANZEN, 1967). Quanto à frutificação, em espécies com síndrome de dispersão pelo vento (anemocoria), essa acontece majoritariamente durante a estação seca seguinte, devido a menor pluviosidade e a menor quantidade de folhas nas copas de árvores decíduas e semidecíduas, propiciando uma melhor dispersão dos frutos (MORELLATO, 1991; MORELLATO; LEITÃO-FILHO, 1992; HAMANN, 2004), enquanto plantas zoocóricas e autocóricas (que caem da planta-mãe ou são dispersas por explosão do fruto) não apresentam sazonalidade evidente (MORELLATO; LEITÃO-FILHO, 1992). Em relação às fenofases reprodutivas, as diferenças na sazonalidade entre espécies com as mesmas síndromes de polinização e dispersão de sementes podem ocorrer devido a pressões bióticas e abióticas, fazendo com que as espécies apresentem diferentes estratégias de

polinização e dispersão de sementes (VAN SCHAIK *et al.*, 1993; MARTINS *et al.*, 2020). Assim, plantas de uma mesma espécie podem apresentar floração e frutificação concentrada em um mesmo período (alta sincronia), porém pouco ou nunca sobrepostas ao período de outras plantas do mesmo gênero com a mesma síndrome, garantindo maior visitação de polinizadores (maximizando a reprodução cruzada em espécies alógamas ou de reprodução mista), diminuindo a produção de híbridos interespecíficos e permitindo a saciedade de predadores de sementes (ARROYO-CORREA *et al.*, 2024, PEDRONI *et al.*, 2002, VAN SCHAIK *et al.*, 1993). Alternativamente, as plantas podem apresentar floração e frutificação estendida, produzindo poucas flores por longos períodos de tempo, aumentando as chances de retorno dos polinizadores (visto que uma quantidade mínima de flores é necessária para a atração de polinizadores) e o sucesso da polinização cruzada, além de evitar a saciedade de dispersores (ALMEIDA; ALVES, 2000; HOWE; SMALLWOOD, 1982; FARIA, 2007; VAN SCHAIK *et al.*, 1993). Espécies de frutos carnosos que possuem dispersores em comum costumam apresentar características semelhantes, como tamanho, cor e textura (DA COSTA *et al.*, 2023, HOWE; SMALLWOOD, 1982).

Embora se reconheça a importância ecológica dos padrões fenológicos de plantas para a manutenção de comunidades, pouco se sabe sobre como a fenologia ocorre em florestas jovens, em processo de regeneração (MORELLATO *et al.*, 2016). Por exemplo, a substituição de plantas de dispersão abiótica (pelo vento ou gravidade por queda do fruto) por aquelas de dispersão zoocórica pode ocorrer no decorrer da sucessão ecológica (TABARELLI; PERES, 2002), alterando o perfil de oferta de recursos ao longo do tempo nas comunidades em processo de organização. A restauração florestal, principalmente em larga escala, pode ser a única alternativa a longo prazo para manutenção da biodiversidade e oferta de serviços ecossistêmicos, fatores essenciais no atual contexto de rápidas mudanças ambientais (AERTS; HONNAY, 2011). A importância do tema é tão urgente que nos encontramos na Década de Restauração dos Ecossistemas da ONU (2021-2030). O estudo dos padrões fenológicos pode auxiliar na compreensão de processos naturais de restauração e como estes podem resultar em comunidades funcionais e resilientes mesmo após serem completamente modificados pela ação humana (MORELLATO *et al.*, 2016, BUISSON *et al.*, 2017).

Este presente trabalho teve como objetivo analisar padrões fenológicos da comunidade arbórea de florestas secundárias em regeneração natural da Floresta

Atlântica semidecídua, podendo auxiliar no desenvolvimento de estratégias de restauração e preservação.

2 Objetivos específicos e hipóteses

1. Caracterizar o padrão temporal, sazonalidade, duração e sincronia das diferentes fenofases vegetais: queda foliar, brotamento foliar, botão floral, antese (flor aberta), fruto imaturo e fruto maduro;
2. Comparar a sazonalidade, duração e sincronia do brotamento foliar entre as diferentes classes de deciduidade. Hipotetizamos que: a) o brotamento é sazonal nas plantas semidecíduas e decíduas, ocorrendo principalmente durante a estação chuvosa, enquanto as espécies perenifólias apresentarão brotamento foliar menor que as outras categorias, relacionado apenas a reposição das folhas que caíram; b) a duração do brotamento é semelhante entre espécies decíduas e semidecíduas; e c) a sincronia do brotamento é alto em espécies decíduas e semidecíduas;
3. Comparar a sazonalidade, duração e sincronia da queda foliar entre as diferentes classes de deciduidade. Hipotetizamos que: a) a deciduidade é sazonal nas plantas semidecíduas e decíduas, ocorrendo principalmente durante a estação seca, enquanto as espécies perenifólias apresentarão queda foliar menor que as outras categorias, relacionada apenas a reposição das folhas mais antigas; b) a duração da queda foliar é semelhante entre espécies decíduas e semidecíduas; e c) a sincronia da deciduidade é alta em espécies decíduas e semidecíduas;
4. Comparar a sazonalidade, duração e sincronia da floração entre as síndromes de polinização (anemofilia e zoofilia). Hipotetizamos que: a) a floração é sazonal independente da síndrome de polinização e ocorre predominantemente na estação seca em espécies anemófilas; b) a duração da floração das espécies zoófilas é maior do que a duração da floração das espécies anemófilas; e c) a sincronia é alta independente da síndrome de polinização;
5. Comparar a sazonalidade, duração e sincronia da frutificação entre diferentes síndromes de dispersão de sementes (anemocoria, autocoria e zoocoria). Hipotetizamos que: a) a frutificação de espécies anemocóricas é mais sazonal

do que a frutificação de espécies autocóricas e zoocóricas, sendo que a anemocoria é mais frequente na estação seca; b) a duração da fenofase de frutos maduros de espécies zoocóricas é mais longa do que espécies anemocóricas; c) A frutificação de espécies anemocóricas é mais sincrônica do que em espécies zoocóricas, ocorrendo na estação seca.

3 Material e métodos

O trabalho faz parte do projeto financiado pelo programa de cooperação FAPESP/NWO (#2018/19011-6), ReSeed (Restoration of Seed Dispersal): [“A contribuição das interações animal-planta para a biodiversidade e restauração de ecossistemas na Mata Atlântica”](#), sendo um dos quatro projetos da iniciativa “Restoration and use of the Atlantic Forest”, fruto da parceria FAPESP-NWO. Todos esses projetos são desenvolvidos de forma colaborativa.

3.1 Área de estudo

O trabalho foi realizado em fragmentos de floresta tropical semidecidual estacional localizados na região da Bacia hidrográfica do Corumbataí, no estado de São Paulo, consistindo em um ecótono entre os biomas Floresta Atlântica e Cerrado. Estes fragmentos encontram-se em paisagens constituídas majoritariamente por pastos, plantações de eucaliptos abandonadas, próximos a indústrias e ambientes urbanos. A composição arbórea foi coletada em estudo realizado pela equipe NewFor, liderada pelo Dr. Pedro Brancalion, no âmbito do projeto “Compreendendo florestas restauradas para o benefício das pessoas e da natureza (NewFor” - FAPESP/NWO #18/18416-2). O projeto NewFor fez inventários florísticos de 72 parcelas (20 x 45 m) em florestas em regeneração natural, além de registrar os dados de idade da floresta, biomassa acima do solo e uso prévio do solo. Dentre estas, foram selecionadas oito parcelas (Figura 1). Nestes fragmentos também foram realizadas pesquisas feitas pela mestrandia Carina Motta ([“Dispersão de sementes e dieta vegetal de aves frugívoras em fragmentos de florestas secundárias”](#)) e doutorando Robert Timmers (“The structure and importance of plant-frugivore interaction networks in regenerating Atlantic Forest fragments”, Universidade de Utrecht, Holanda).

De acordo com a classificação de Koeppen, o clima da região é classificado como Cwa, com média do mês mais frio entre 10,7°C e média do mês mais quente de 22,9°C nos meses mais quentes. Apresenta 1400 mm/ano de média pluviométrica (FRUEHAUF *et al.*, 2022). As parcelas estão localizadas em um gradiente altitudinal variando de 579 a 634 m acima do nível do mar.

Localização das parcelas na Bacia do rio Corumbataí - SP

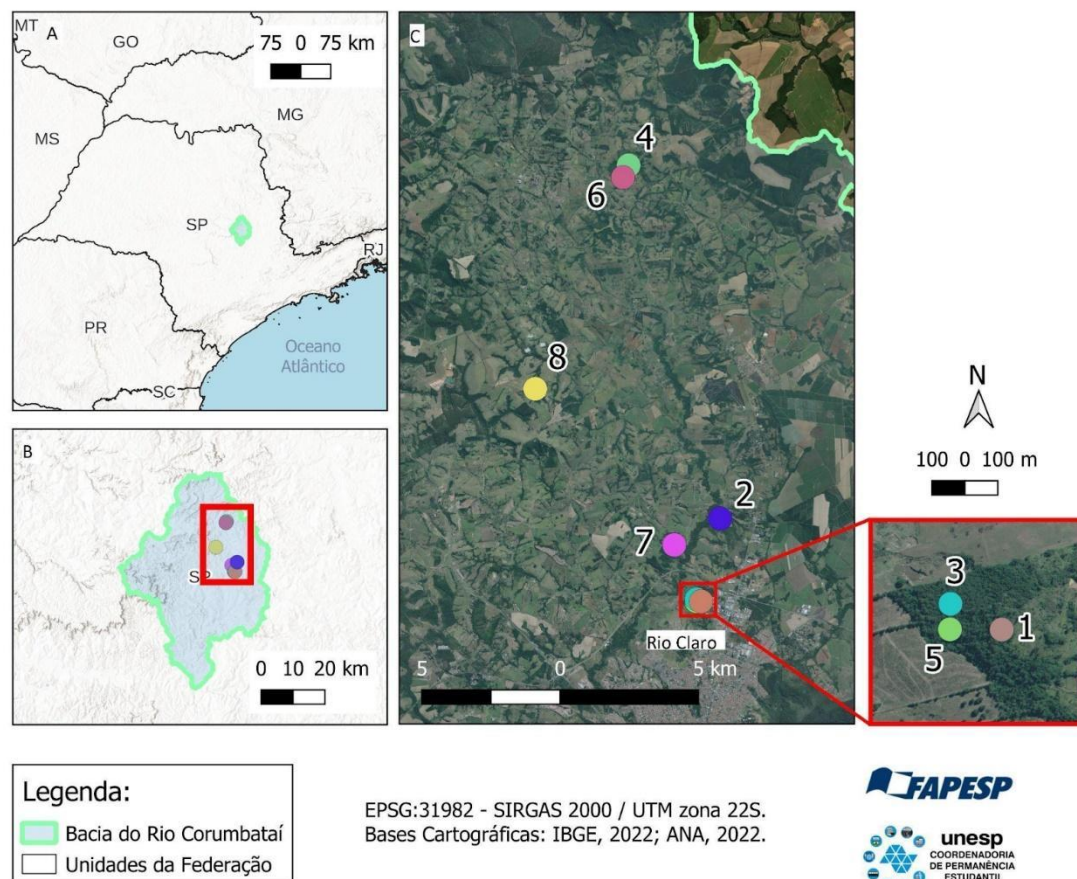


Figura 1. A) Mapa do estado de São Paulo com localização da Bacia do Corumbataí. B) Localização das parcelas (20 x 45 m) em fragmentos de Floresta Atlântica contendo as árvores observadas para registro de fenologia na Bacia do Corumbataí. C) Localização das parcelas em relação à cidade de Rio Claro, SP. **Fonte:** elaborado pelo autor.

3.2 Observação da fenologia vegetativa e reprodutiva

Os indivíduos selecionados foram observados uma vez ao mês de julho de 2022 a junho de 2023, num intervalo de trinta dias entre as observações. Nas oito parcelas selecionadas para o estudo, 946 árvores foram identificadas no inventário

florístico (Tabela 1). Destas, 396 indivíduos (42%) de 83 espécies (85% do total) (34 famílias) foram observados para presença e ausência de suas fenofases vegetativas e reprodutivas, utilizando-se de binóculo e planilha de campo (Apêndice 1). As plantas foram selecionadas de acordo com o DAP (diâmetro na altura do peito), sendo 10 cm o mínimo para inclusão no estudo. Buscamos selecionar até cinco indivíduos de cada espécie. Devido ao tempo decorrido entre a identificação dos indivíduos nos inventários florísticos do NewFor (2018) e o início da coleta de dados, algumas árvores não foram encontradas durante a seleção, possivelmente como resultado da morte de tais espécimes ou por estarem cobertas por lianas. Embora a amostragem tenha sido conduzida por parcelas, consideramos todos os indivíduos como pertencentes a uma única comunidade para as análises fenológicas.

Tabela 1. Parcelas em vegetação sob regeneração natural selecionadas para o estudo de fenologia na Bacia do Corumbataí, SP. Riqueza/Riqueza Total = apresenta o número de espécies observadas e número total de espécies nas parcelas. Abundância/Abundância Total = número de indivíduos observados e o total da parcela. **Fonte:** Pedro Brancalion.

Parcela		Espécies de Plantas	
Identidade	Idade (ano de início da regeneração)	Riqueza observada/ Riqueza Total (%)	Abundância observada/ Abundância Total (%)
01	18 (2004)	19/21 (90)	42/75 (56)
02	23 (1999)	21/25 (84)	59/164 (36)
03	27 (1995)	27/33 (82)	57/115 (50)
04	31 (1991)	19/20 (95)	39/123 (32)
05	41 (1981)	26/33 (79)	47/96 (49)
06	43 (1979)	20/22 (91)	46/138 (33)
07	52 (1970)	24/27 (89)	53/105 (50)
08	54 (1968)	22/28 (78)	53/130 (41)
Total		(83)	396/946 (42)

As fenofases das plantas foram classificadas seguindo o protocolo de Morellato *et al.* (1989), nos seguintes estágios: brotamento foliar, queda foliar, botão floral, antese, fruto imaturo, fruto maduro, não-identificável (NA). A presença de folhas, flores e frutos caídos abaixo da copa das árvores também foi utilizada como indicativo de fenofases.

3.3 Características ecológicas das espécies: deciduidade, síndrome de polinização e de dispersão de sementes

Com base na literatura, classificamos as espécies selecionadas de acordo com o padrão de deciduidade, síndrome de polinização e síndrome de dispersão de sementes, a seguir:

- a) Deciduidade: As espécies foram separadas em três padrões de deciduidade, de acordo com o apresentado por Lorenzi (1992) e Carvalho (2003-14), sendo estas plantas decíduas (perdem quase todas ou todas as folhas), semidecíduas (perdem parte das folhas) e perenifólias (não perdem folhas). Para 11 espécies (12% das espécies selecionadas) não foi possível encontrar o tipo de deciduidade na literatura disponível. Estas foram classificadas a partir das observações em campo.
- b) As síndromes de polinização foram separadas em anemofilia (polinização pelo vento) e zoofilia (himenópteros, besouros, lepidópteros, moscas e demais insetos pequenos, morcegos e aves), conforme informações presentes em banco de dados do projeto ReSeeD (dados de atributos de dispersão de sementes para as espécies arbóreas das parcelas da bacia do Corumbataí), Lorenzi (1992) e Carvalho (2003-14). Cinco espécies não estão identificadas, portanto não foi possível determinar sua síndrome.
- c) Para a síndrome de dispersão, as plantas foram separadas em anemocóricas (diásporos dispersos pelo vento), zoocóricas (dispersas por animais) e autocóricas (diásporos que não apresentam adaptação aparente para dispersão segundo as classificações anteriores,) sendo estas últimas barocóricas (dispersas por gravidade) ou balísticas (dispersas por explosão), segundo banco de dados ReSeeD.

3.4 Caracterização dos padrões fenológicos

A partir dos dados coletados mensalmente, calculamos três conjuntos de métricas para caracterizar o padrão fenológico da comunidade arbórea: sazonalidade, duração e sincronia (Tabela 2). A fenologia foi caracterizada para toda a comunidade englobando todas as parcelas amostradas. A sazonalidade foi estimada para cada fenofase de acordo com as subcategorias (deciduidade, síndromes de polinização e dispersão). A duração foi apresentada por fenofase para

cada espécie de acordo com as subcategorias. A sincronia foi apresentada por fenofase por espécie e para a comunidade, de acordo com as subcategorias.

Tabela 2. Definição ecológica e operacionalização das variáveis fenológicas usadas para caracterizar a fenologia vegetativa e reprodutiva da comunidade arbórea de fragmentos florestais semidecíduais da região da Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí - SP. **Fonte:** elaborado pelo autor.

Variáveis	Definição ecológica	Variável operacional
Sazonalidade	Concentração de uma fenofase em determinado período do ano, com média acima do esperado (MORELLATO; LEITÃO-FILHO, 1992; RATHCKE; LACEY, 1985).	- Teste de distribuição da uniformidade - Se significativo ($p < 0,05$), calcula-se o valor do ângulo médio de r na análise circular e o desvio padrão (DP) angular de r
Duração	Tempo pelo qual determinada fenofase é apresentada por indivíduo e/ou espécie (RATHCKE; LACEY, 1985).	- Desvio padrão (DP) da análise circular - Número de meses da fenofase
Sincronia	Quantidade de indivíduos e espécies apresentando determinada fenofase ao mesmo tempo (RATHCKE; LACEY, 1985).	- Correlação da % de indivíduos com a fenofase entre pares de espécies por mês

3.5 Forma de análise dos resultados

A análise fenológica foi conduzida para o período de um ano, correspondendo ao intervalo entre julho de 2022 e junho de 2023. Após a coleta de dados por 12 meses, a sazonalidade foi analisada utilizando-se de estatística circular. Esta abordagem permite a observação das fenofases por um ciclo completo (um ano). Para isso, os meses são convertidos em ângulos, de Janeiro = 0° a Dezembro = 330° , em intervalos de 30° . O número de indivíduos em cada fenofase é calculado dentro de cada ângulo (mês), permitindo observar se há sazonalidade (fenofase concentrada num determinado período) ou não (distribuída ao longo do ano, por exemplo). A partir da análise pode-se estimar o ângulo médio r (período médio da ocorrência da fenofase), o desvio padrão (indicativo da duração) e o comprimento do vetor r (intensidade, caso estatisticamente significativo, indica que a fenofase é sazonal). Os valores são convertidos em datas, visto os dados serem registrados numa variável temporal. As análises estatísticas circulares foram desenvolvidas no pacote “circular” e “CircStats” do software R (AGOSTINELLI, 2018; SFAIR, 2014).

3.6 Análise estatística entre variáveis

Para avaliar se as fenofases são sazonais, o valor de r foi obtido através de estatística circular, enquanto o valor de p foi obtido pelo teste de Rayleigh (SFAIR, 2014). O teste de Rayleigh compara a distribuição observada com uma distribuição circular uniforme com base nos ângulos de ocorrência dos eventos ao longo do ano. Uma distribuição não-uniforme indica heterogeneidade na % de indivíduos com a fenofase ao longo do ano, o que pode ocorrer em casos de sazonalidade (distribuição unimodal), mas também em outros tipos de distribuição, como por exemplo em espécies que apresentam dois picos, seguindo uma distribuição bimodal. Quanto maior for o valor do parâmetro estatístico de Rayleigh (r), maior é a concentração da fenofase ao redor do ângulo médio e, portanto, mais sazonal é a fenofase. Foi observada a proporção de espécies com a fenofase em atividade para cada variável preditora. Quando $p < 0,05$, a diferença foi considerada significativa (GOTELLI; ELLISON, 2011).

Para a análise da duração, foram selecionadas as espécies com três ou mais indivíduos amostrados e calculado o número médio de meses de duração das fenofases das espécies em relação aos diferentes tipos de deciduidade, síndrome de polinização e síndrome de dispersão de sementes.

A análise da sincronia foi realizada através da correlação da proporção de indivíduos com a fenofase em cada mês entre pares de espécies para cada categoria avaliada. A correlação de Pearson foi usada e a significância estatística foi testada por meio da comparação do coeficiente observado com uma distribuição de coeficientes simulados com base na randomização de Monte Carlo da matriz de entrada 100 vezes (LOREAU; DE MAZANCOURT, 2008). Para análise de sincronia, foi utilizado o pacote “synchrony” do software R (MENG *et al.*, 2022).

4 Resultados

Foram levantadas 83 espécies de 34 famílias, dentre as 35 famílias observadas no inventário florístico realizado pelo projeto NewFor. Dessas 83 espécies, as quatro famílias mais representadas foram: Fabaceae, Myrtaceae, Meliaceae e Euphorbiaceae.

4.1 Deciduidade

A porcentagem de espécies não variou consideravelmente entre as categorias de deciduidade, sendo 30% decíduas ($n = 27$), 29% perenifólias ($n = 26$) e 28% semidecíduas ($n = 25$). Quanto ao número de indivíduos, as plantas semidecíduas ($n = 150$) e perenifólias ($n = 136$) apresentaram valores similares (38% e 34%), enquanto apenas 22% são decíduas ($n = 88$). Os indivíduos com deciduidade não identificada somam um total de 6% ($n = 23$).

4.2 Síndromes de polinização

A síndrome de polinização por animais (zoofilia) foi a mais representativa, totalizando 90% das espécies ($n = 82$) e 94% ($n = 382$) dos indivíduos. Já as espécies polinizadas pelo vento (anemofilia) totalizaram 6% das espécies ($n = 5$) e 4% dos indivíduos ($n = 15$). A porcentagem de espécies com síndrome não identificada foi de 4% ($n = 5$), o que representa 2% dos indivíduos ($n = 10$).

4.3 Síndromes de dispersão de sementes

A síndrome de dispersão predominante dentre as espécies foi a zoocórica, constituindo 45% do total das espécies ($n = 49$) e 45% dos indivíduos ($n = 215$), seguida por anemocoria, com 32% ($n = 35$) das espécies e 33% dos indivíduos ($n = 157$) e autocoria, com 18% das espécies ($n = 20$) e 19% dos indivíduos ($n = 89$). O total de espécies com síndrome de dispersão não identificada foi de 4% ($n = 4$).

4.4 Sazonalidade

4.4.1 Brotamento foliar

No brotamento individual de plantas perenifólias, observou-se maior intensidade na estação chuvosa, com sazonalidade fraca e distribuição não-uniforme dos dados ($r = 0,31$, $p = 0$), com média em dezembro ($n = 26$, $\bar{x} = 341,37^\circ$, $SD = 1,52^\circ$) (Fig. 2a). Nas plantas semidecíduas, o brotamento foi mais intenso também durante a estação chuvosa, com distribuição não-uniforme ($r = 0,46$, $p = 0$) e média em dezembro ($n = 24$, $\bar{x} = 332,31^\circ$, $SD = 1,24^\circ$) (Fig. 2b). As plantas decíduas apresentaram maior intensidade na mesma época que as plantas semidecíduas, com sazonalidade moderada e distribuição não-uniforme dos dados ($r = 0,46$, $p = 0$) e média em novembro ($n = 26$, $\bar{x} = 328,48^\circ$, $SD = 1,23^\circ$) (Fig. 2c).

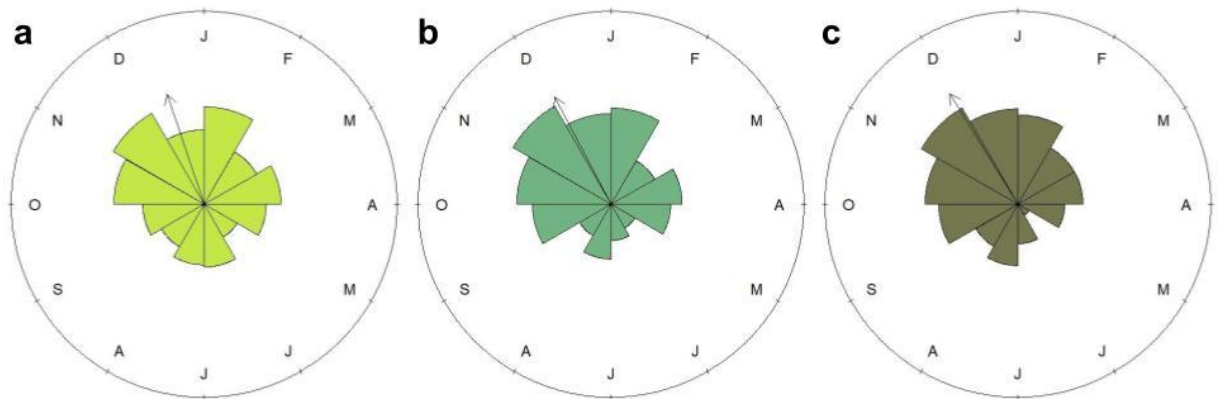


Figura 2. Gráfico demonstrando fenologia do brotamento foliar de indivíduos nos meses de julho de 2022 a junho de 2023 em floresta semidecídua na região da bacia hidrográfica do rio Corumbataí de Rio Claro, SP. Letras no interior do gráfico representam os meses. Barras representam a presença da fenofase, enquanto seu tamanho indica a intensidade. Setas indicam o vetor médio da fenofase durante o ano, enquanto seu tamanho indica a força de concentração da fenofase. A) Plantas perenifólias; B) Plantas semidecíduas; C) Plantas decíduas. **Fonte:** elaborado pelo autor.

4.4.2 Queda foliar

As plantas classificadas como perenifólias apresentaram maior intensidade de queda foliar na metade da estação seca, com testes de variância circular demonstrando alta sazonalidade e distribuição não-uniforme ($r = 0,6$, $p = 0$), com média em agosto ($n = 25$, $\bar{x} = 220,52^\circ$, $SD = 1^\circ$) (Fig. 3a). As plantas semidecíduas demonstraram maior queda no mesmo período que as plantas perenifólias, com alta sazonalidade e distribuição não-uniforme ($r = 0,62$, $p = 0$) e média também em agosto ($n = 24$, $\bar{x} = 219,17^\circ$, $SD = 0,96^\circ$) (Fig. 3b). As plantas decíduas apresentaram maior intensidade também na estação seca, com alta sazonalidade e distribuição não-uniforme ($r = 0,67$, $p = 0$) e média em agosto ($n = 26$, $\bar{x} = 215,45^\circ$, $SD = 0,89^\circ$) (Fig. 3c).

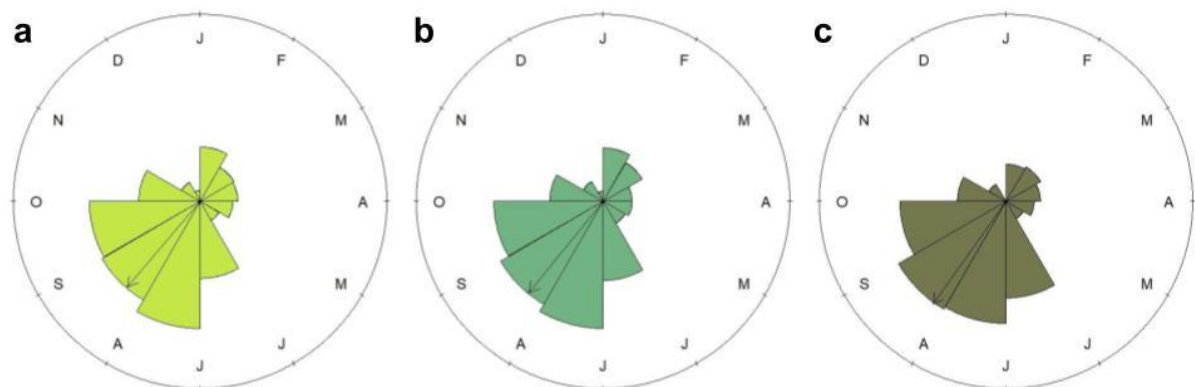


Figura 3. Gráfico demonstrando fenologia da queda foliar de indivíduos nos meses de julho de 2022 a junho de 2023 em floresta semidecídua na região da bacia hidrográfica do rio Corumbataí de Rio

Claro, SP. Letras no interior do gráfico representam os meses. Barras representam a presença da fenofase, enquanto seu tamanho indica a intensidade. Setas indicam o vetor médio da fenofase durante o ano, enquanto seu tamanho indica a força de concentração da fenofase. A) Plantas perenifólias; B) Plantas semidecíduas; C) Plantas decíduas. **Fonte:** elaborado pelo autor.

4.4.3 Floração

As flores polinizadas por animais estiveram presentes em todo o período, aumentando sua intensidade na metade da estação seca e se estendendo até a chuvosa (Fig. 4a). Os testes de variância circular indicaram sazonalidade fraca e distribuição não-uniforme ($r = 0,25$, $p = 0$), com média no mês de outubro ($n = 50$, $\bar{x} = 287,97^\circ$, $SD = 1,65^\circ$) (Fig. 4a). Já as flores polinizadas pelo vento apresentaram-se de forma mais isolada, presentes apenas nos meses de março, agosto, outubro e novembro, com pico na estação úmida (Fig. 4b). Os testes indicaram a presença moderada de sazonalidade e distribuição não-uniforme ($r = 0,58$, $p = 0,0214$), com média em outubro ($n = 3$, $\bar{x} = 299,51^\circ$, $SD = 1,04^\circ$).

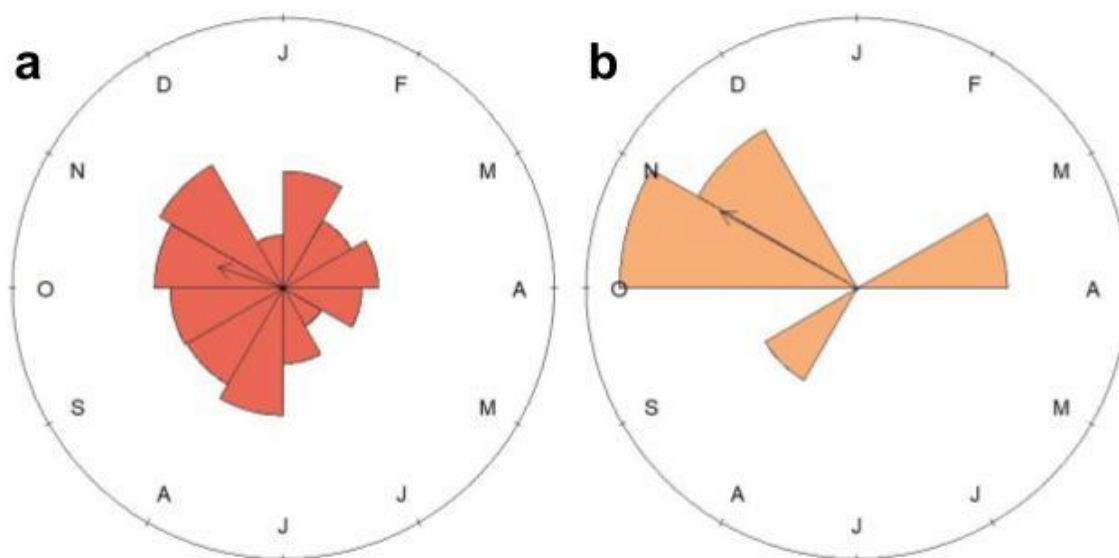


Figura 4. Gráfico demonstrando fenologia da floração de indivíduos nos meses de julho de 2022 a junho de 2023 em floresta semidecídua na região da bacia hidrográfica do rio Corumbataí de Rio Claro, SP. Letras no interior do gráfico representam os meses. Barras representam a presença da fenofase, enquanto seu tamanho indica a intensidade. Setas indicam o vetor médio da fenofase durante o ano, enquanto seu tamanho indica a força de concentração da fenofase. A) Flores polinizadas por zoofilia; B) Flores polinizadas por anemofilia. **Fonte:** elaborado pelo autor.

4.4.4 Frutificação

Os frutos dispersos por animais foram observados em todo o período, com maior concentração na estação seca (Fig. 5a). Os testes de variância circular indicaram baixa sazonalidade e distribuição não-uniforme ($r = 0,17$, $p = 0,0235$), com média no mês de julho ($n = 14$, $\bar{x} = 189,39^\circ$, $DP = 1,88^\circ$) (Fig. 5a). Frutos dispersos por anemocoria estiveram presentes em quase todos os meses, exceto dezembro, apresentando pico na transição seca (Fig. 5b). Houve também baixa sazonalidade e distribuição não-uniforme ($r = 0,35$, $p = 0$), com média no mês de julho ($n = 11$, $\bar{x} = 194,54^\circ$, $SD = 1,45^\circ$) (Fig. 5b). Os frutos autocóricos foram encontrados em todo o ano, com proporção de indivíduos dispostos de forma uniforme ao longo do ano ($p = 0,2288$), portanto, não apresentando sazonalidade ($n = 7$) (Fig. 5c).

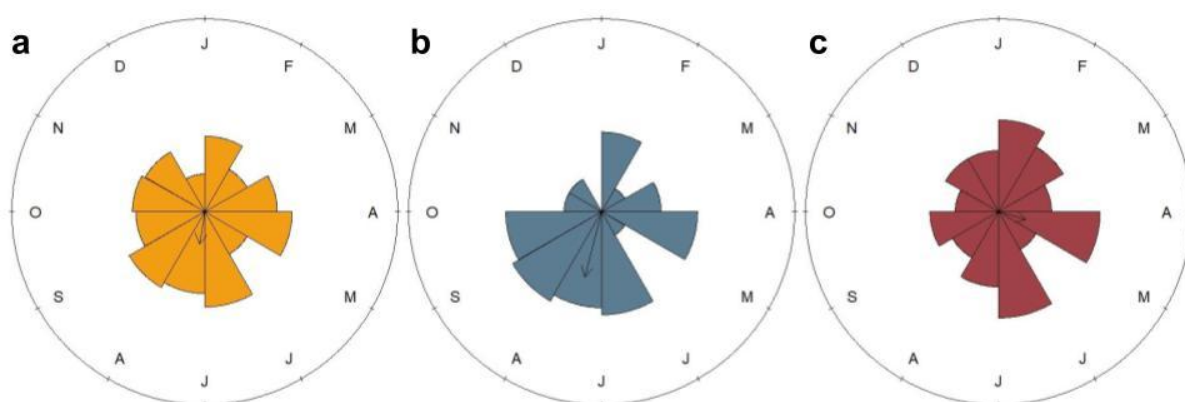


Figura 5. Gráfico demonstrando fenologia da frutificação de indivíduos nos meses de julho de 2022 a junho de 2023 em floresta semidecídua na região da bacia hidrográfica do rio Corumbataí de Rio Claro, SP. Letras no interior do gráfico representam os meses. Barras representam a presença da fenofase, enquanto seu tamanho indica a intensidade. Setas indicam o vetor médio da fenofase durante o ano, enquanto seu tamanho indica a força de concentração da fenofase. A) Frutos dispersos por zoocoria; B) Frutos dispersos por anemocoria; C) Frutos dispersos por autocoria. **Fonte:** elaborado pelo autor.

4.5 Duração

4.5.1 Brotamento foliar

O brotamento foliar de espécies perenifólias variou de três (*Bastardiopsis densiflora*) a doze meses (*Syagrus romanzoffiana*) ($n = 26$, $\bar{x} = 7,8$, $SD = 2,82$) (Fig.

6). Espécies semidecíduas apresentaram brotamento com duração variando de cinco (*Mollinedia widgrenii*) a onze meses (*Trichilia pallida*) ($n = 24$, $\bar{x} = 5,8$, $SD = 2,46$) (Fig. 7). Nas espécies decíduas, a variação foi de um (*Handroanthus ochraceus*) a dez meses (*Myroxylon peruiferum*) ($n = 26$, $\bar{x} = 4,7$, $SD = 2,07$) (Fig.7).

4.5.2 Queda foliar

A queda foliar de espécies perenifólias variou de um (*Trichilia catigua*) a doze meses (*Eugenia florida*) ($n = 25$, $\bar{x} = 5,2$, $SD = 2,47$) (Fig. 8). Em espécies semidecíduas, a variação foi de dois (*Celtis iguanaea*) a doze meses (*Psidium guajava*) ($n = 24$, $\bar{x} = 5,8$, $SD = 2,46$) (fig. 9). Já em espécies decíduas, a duração variou de um (*Pseudobombax grandiflorum*) a doze meses (*Machaerium hirtum*) ($n = 26$, $\bar{x} = 4,7$, $SD = 2,07$) (Fig. 9).

4.5.3 Floração

A floração de espécies zoófilas variou de um (*Cariniana estrellensis*) a onze meses (*Chrysophyllum marginatum*) ($n = 50$, $\bar{x} = 3,1$, $SD = 2,18$) (Fig. 10). Espécies anemófilas variaram de um (*Pera glabrata*) a quatro meses (*Myrsine umbellata*) ($n = 3$, $\bar{x} = 2$, $SD = 1$) (Fig. 10).

4.5.4 Frutificação

A duração da frutificação em espécies zoocóricas variou de um (*Rhamnidium elaeocarpum*) a doze meses (*Syagrus romanzoffiana*) ($n = 14$, $\bar{x} = 3,6$, $SD = 3,02$) (Fig. 11). As espécies anemocóricas variaram de um (*Casearia gossypiosperma*) a seis meses (*Myracrodruon urundeuva*) na duração ($n = 11$, $\bar{x} = 2,5$, $SD = 1,73$) (Fig. 11). Nas espécies autocóricas, a duração foi de um (*Aegiphila integrifolia*) a oito meses (*Pera glabrata*) ($n = 7$, $\bar{x} = 3,6$, $SD = 1,61$) (Fig. 11).

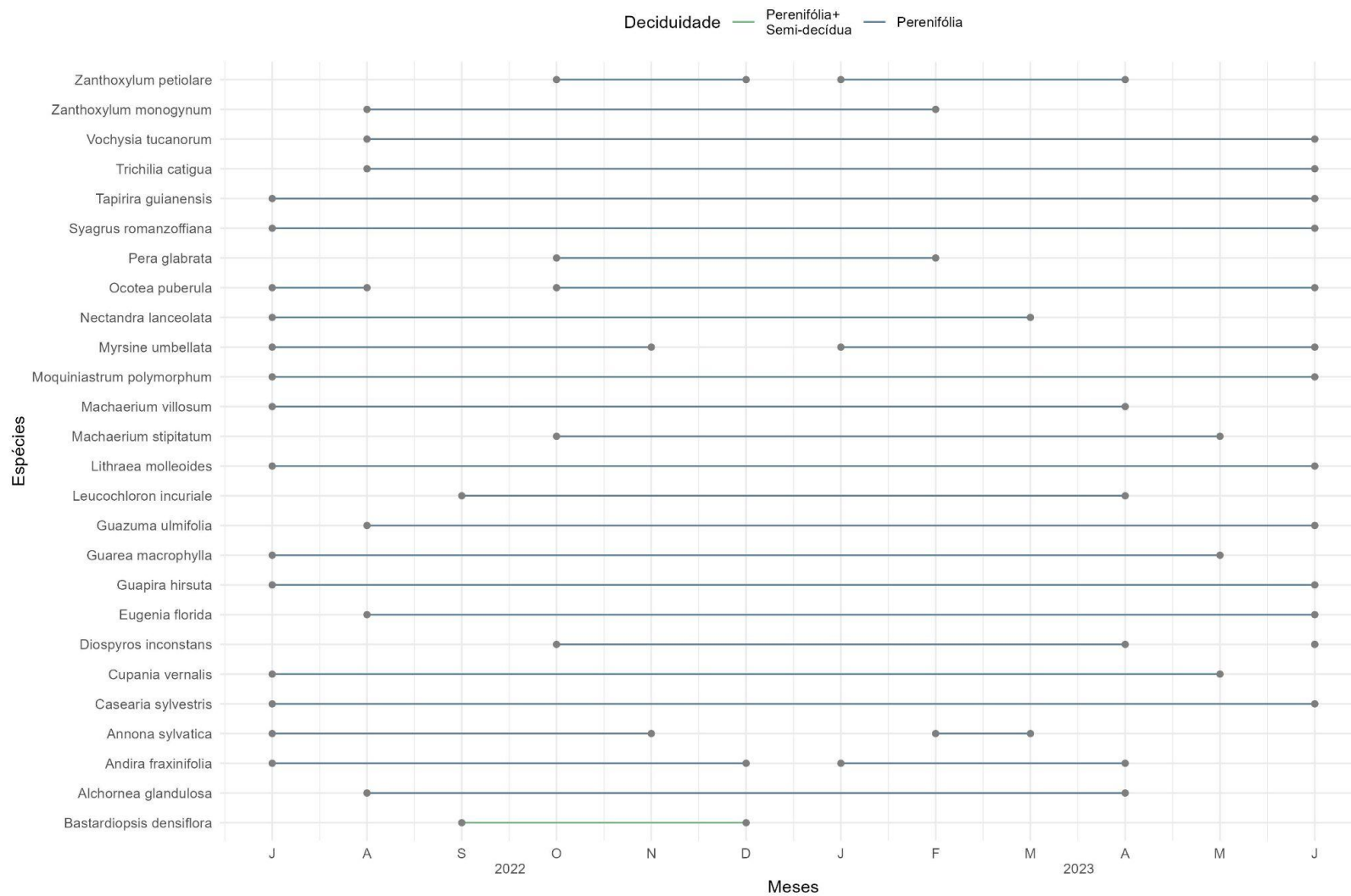


Figura 6. Gráfico demonstrando duração do brotamento foliar de espécies perenifólias/semidecíduas (verde) e perenifólias (cinza) nos meses de julho de 2022 a junho de 2023 em floresta semidecídua na região da bacia hidrográfica do rio Corumbataí de Rio Claro, SP. Linhas representam diferentes espécies com a abrangência de sua duração. Pontos em cinza indicam início e fim da fenofase. **Fonte:** elaborado pelo autor.

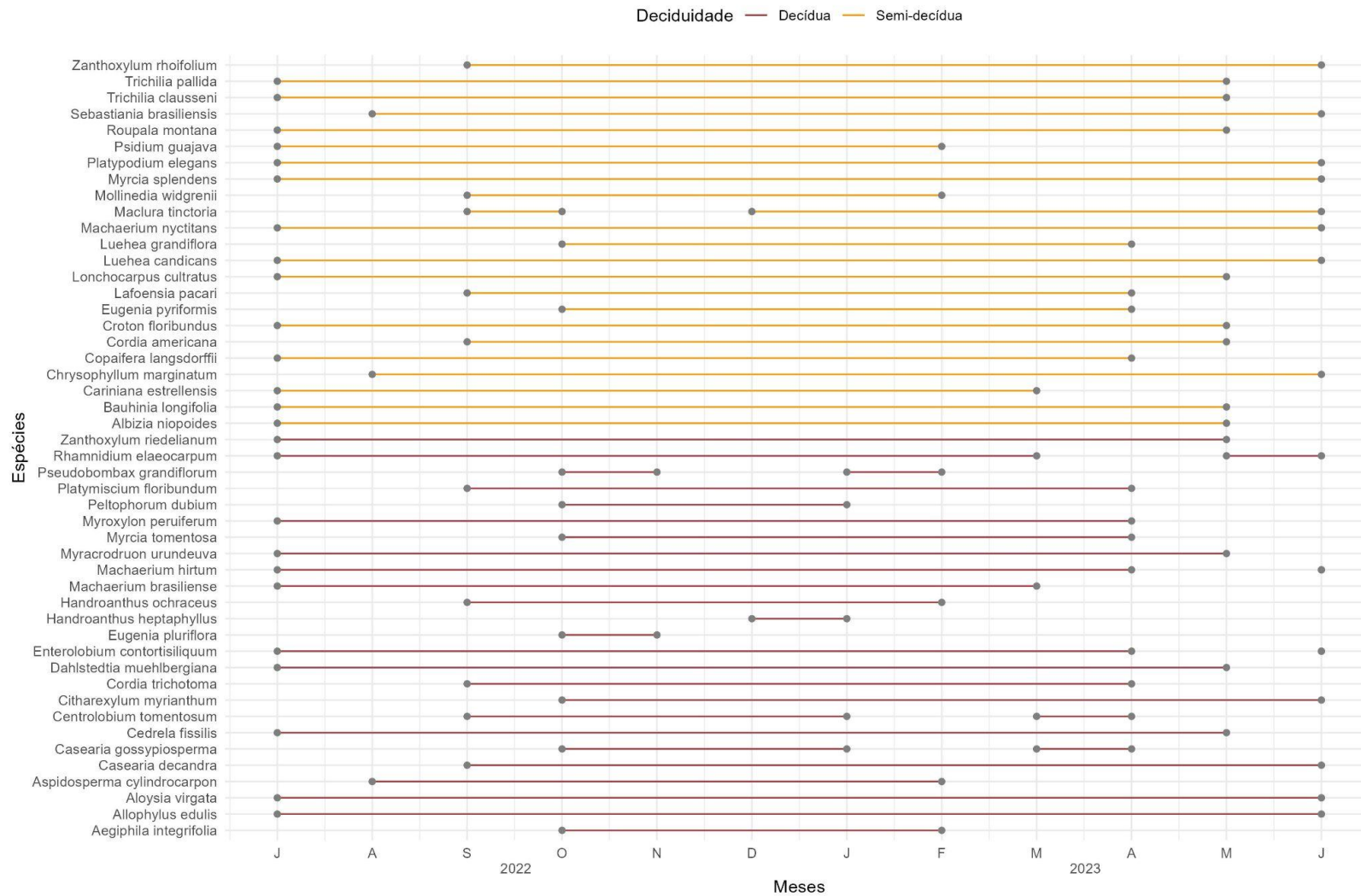


Figura 7. Gráfico demonstrando duração do brotamento foliar de espécies decíduas (vinho) e semidecíduas (amarelo) nos meses de julho de 2022 a junho de 2023 em floresta semidecídua na região da bacia hidrográfica do rio Corumbataí de Rio Claro, SP. Linhas representam diferentes espécies com a abrangência de sua duração. Pontos em cinza indicam início e fim da fenofase. **Fonte:** elaborado pelo autor.

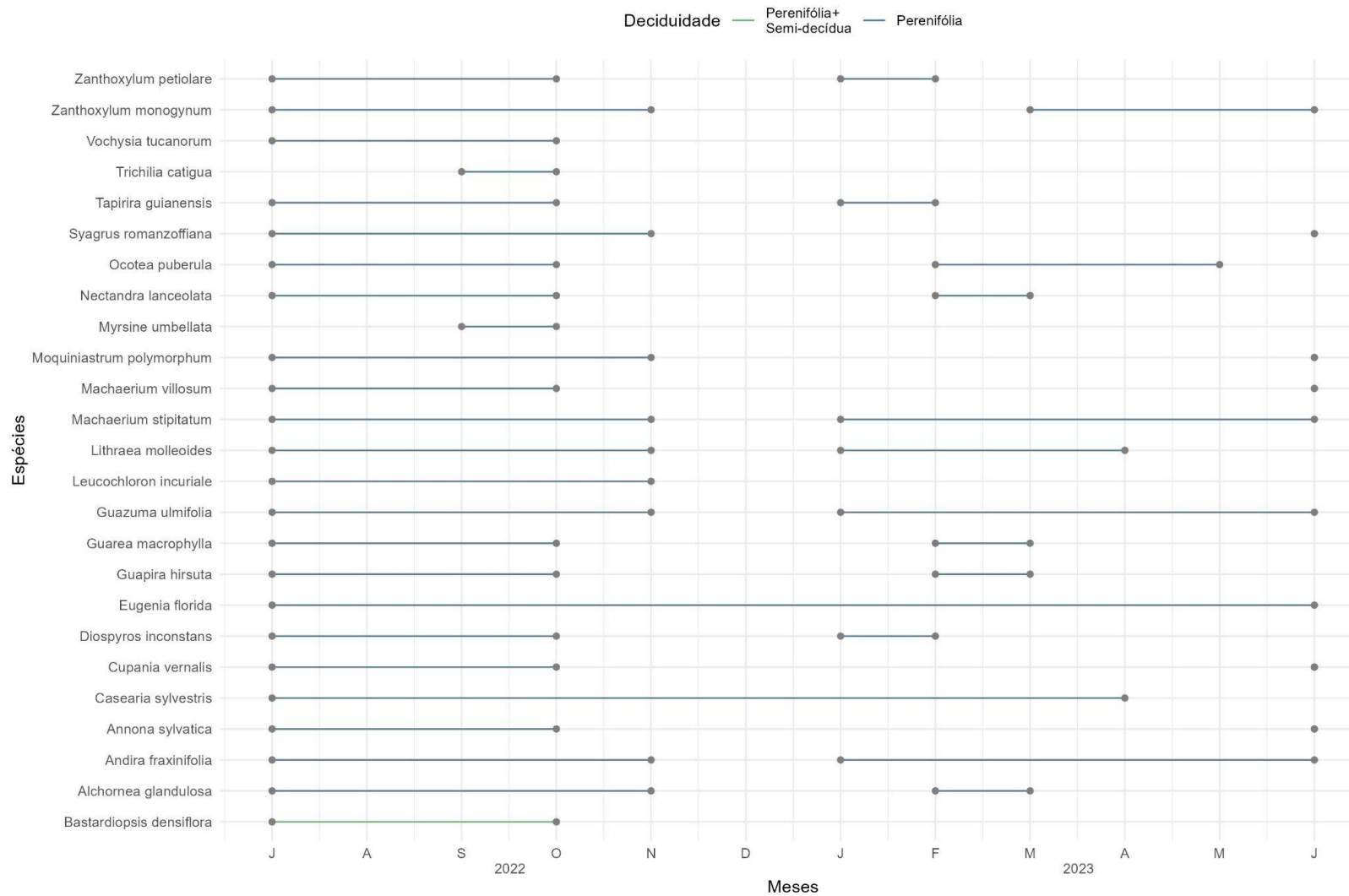


Figura 8. Gráfico demonstrando duração da queda foliar de espécies perenifólias/semidecíduas (verde) e perenifólias (cinza) nos meses de julho de 2022 a junho de 2023 em floresta semidecídua na região da bacia hidrográfica do rio Corumbataí de Rio Claro, SP. Linhas representam diferentes espécies com a abrangência de sua duração. Pontos em cinza indicam início e fim da fenofase. **Fonte:** elaborado pelo autor.

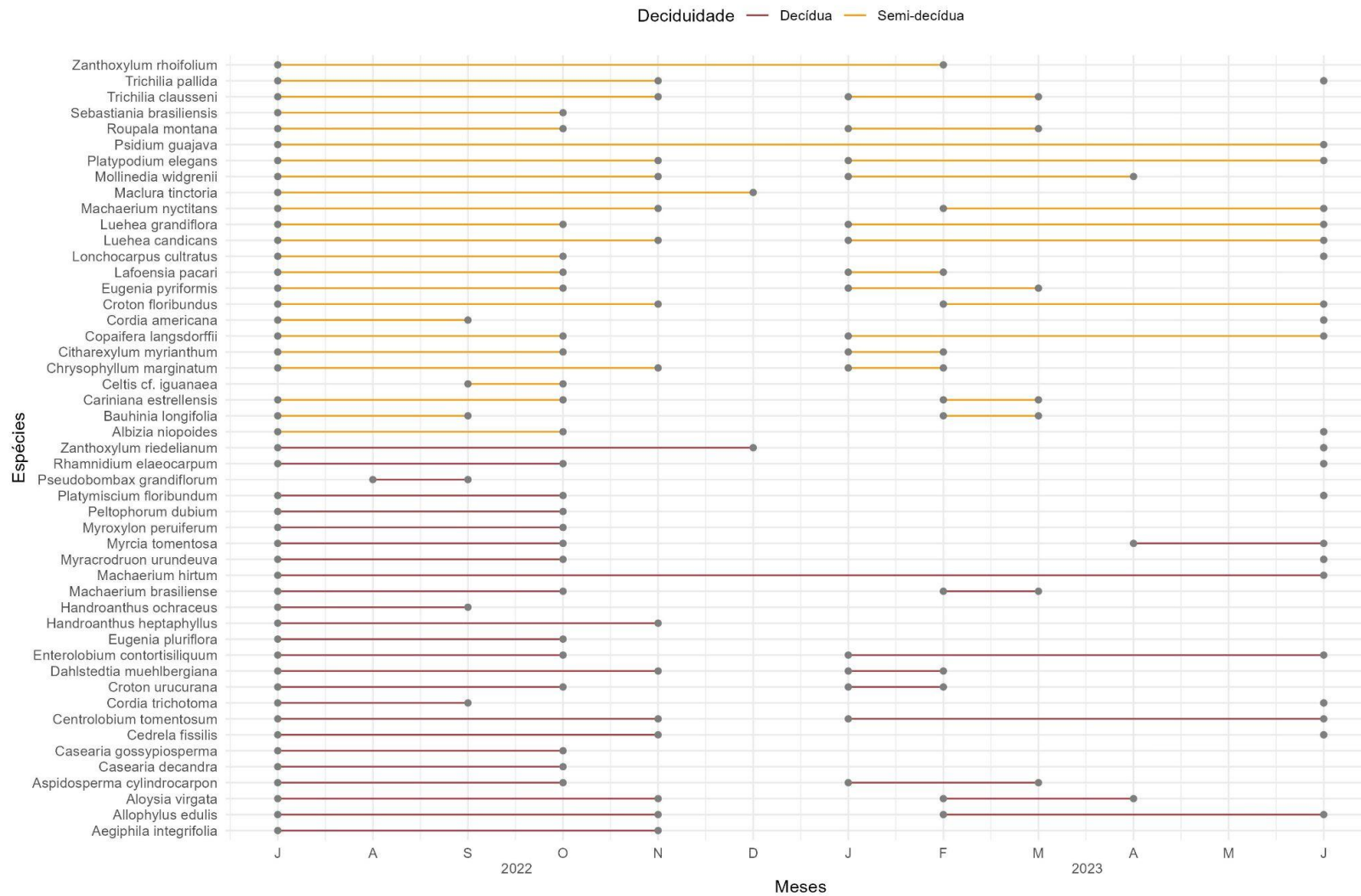


Figura 9. Gráfico demonstrando duração da queda foliar de espécies decíduas (vinho) e semidecíduas (amarelo) nos meses de julho de 2022 a junho de 2023 em floresta semidecídua na região da bacia hidrográfica do rio Corumbataí de Rio Claro, SP. Linhas representam diferentes espécies com a abrangência de sua duração. Pontos em cinza indicam início e fim da fenofase. **Fonte:** elaborado pelo autor.

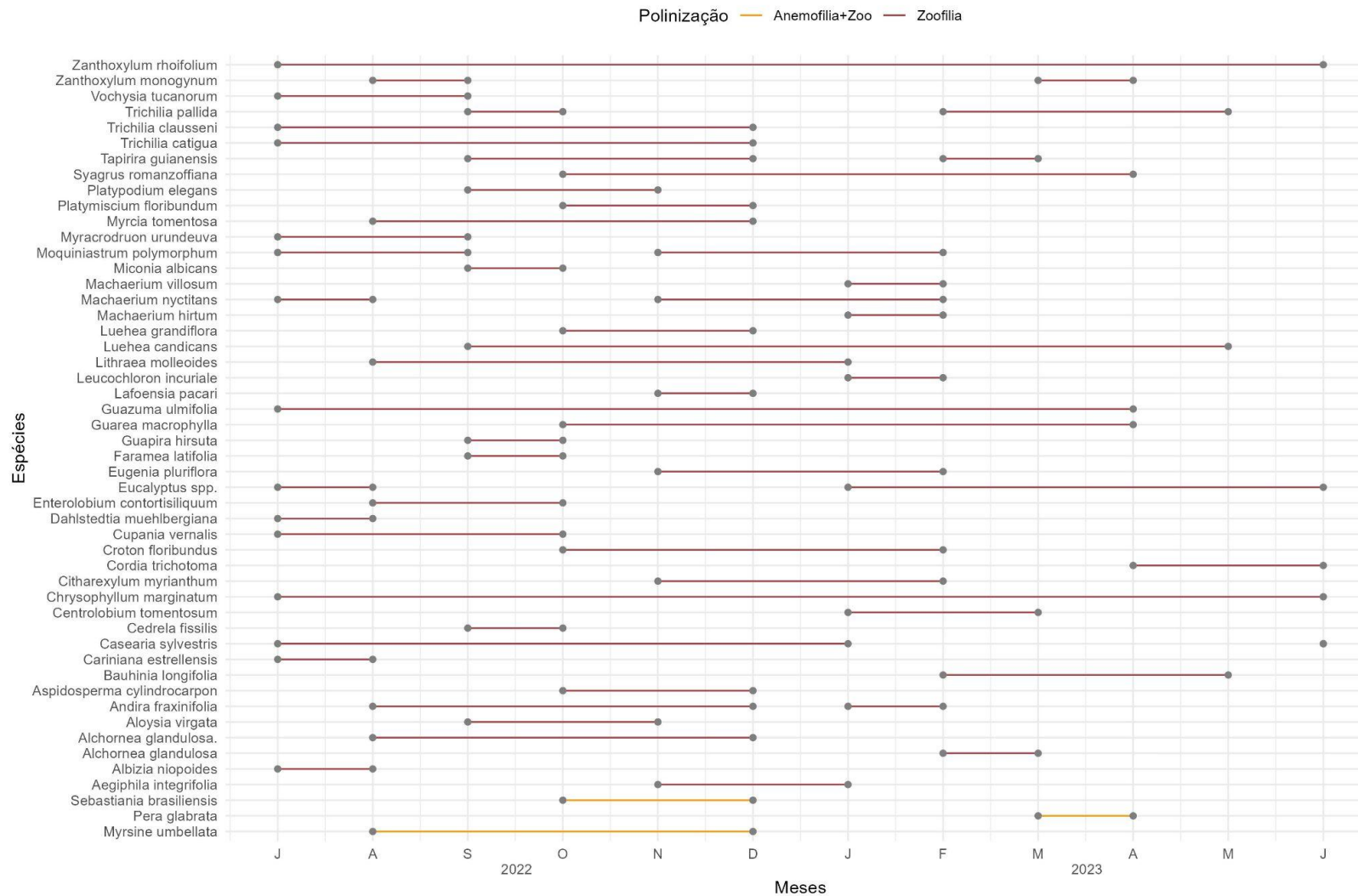


Figura 10. Gráfico demonstrando duração da floração de espécies de acordo com a síndrome de polinização: anemofilia/zoofilia (amarelo); zoofilia (vinho), nos meses de julho de 2022 a junho de 2023 em floresta semidecídua na região da bacia hidrográfica do rio Corumbataí de Rio Claro, SP. Linhas representam diferentes espécies com a abrangência de sua duração. Pontos em cinza indicam início e fim da fenofase. **Fonte:** elaborado pelo autor.

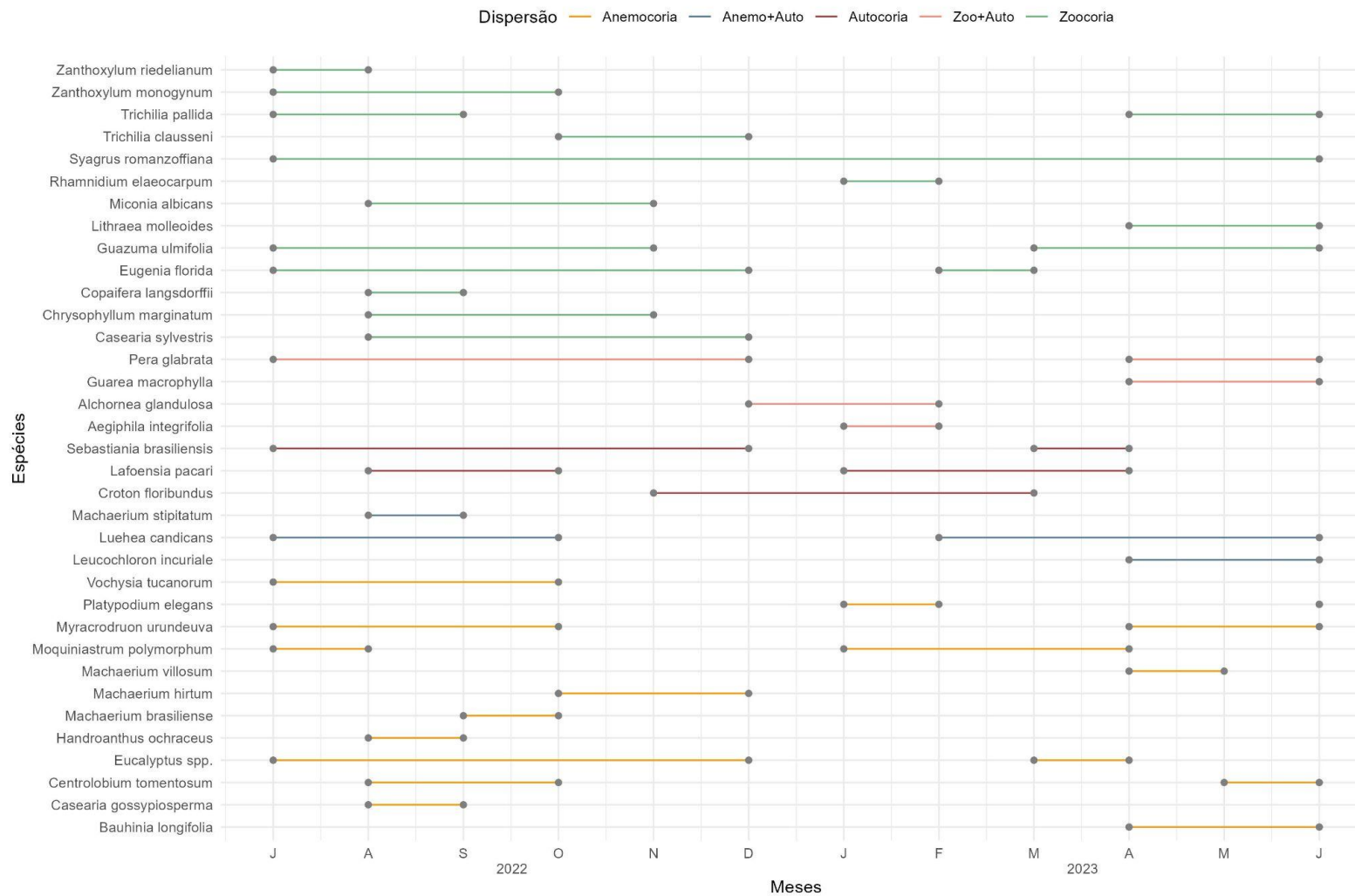


Figura 11. Gráfico demonstrando duração da frutificação de espécies de acordo com a síndrome de dispersão de sementes: anemocoria (amarelo); anemocoria/autocoria (cinza); autocoria (vinho); zoocoria/autocoria (rosa); zoocoria (verde), nos meses de julho de 2022 a junho de 2023 em floresta semidecídua na região da bacia hidrográfica do rio Corumbataí de Rio Claro, SP. Linhas representam diferentes espécies com a abrangência de sua duração. Pontos em cinza indicam início e fim da fenofase. **Fonte:** elaborado pelo autor.

4.6 Sincronia

4.6.1 Brotamento foliar

Para as espécies perenifólias, a sincronia obtida foi baixa ($r = 0,35$, $p < 0,05$). *Syagrus romanzoffiana* apresentou correlação negativa com *Tapirira guianensis*, *Zanthoxylum monogynum* e *Guarea macrophylla*. Já *Machaerium villosum* apresentou correlação positiva com espécies como *Casearia sylvestris*, *Diospyros inconstans* e *Guarea macrophylla* (Fig. 12).

Nas espécies semidecíduas, a sincronia foi moderada ($r = 0,55$, $p < 0,05$), não havendo correlações negativas. Como correlações positivas, pode-se citar *Trichilia clausenii* com *Machaerium nyctitans*, *Albizia niopoides* e *Luehea candicans* (Fig. 13).

Em espécies decíduas, a sincronia foi moderada ($r = 0,5$, $p < 0,05$). *Myracrodruon urundeuva* apresentou correlação positiva com *Machaerium hirtum*, *Aloysia virgata* e *Aspidosperma cylindrocarpon*. Não houveram correlações negativas (Fig. 14).

4.6.2 Queda foliar

Em espécies perenifólias, a sincronia foi alta ($r = 0,76$, $p < 0,05$). *Zanthoxylum monogynum* apresentou correlação positiva com espécies como *Machaerium stipitatum*, *Machaerium villosum* e *Diospyros inconstans* (Fig. 15).

Nas espécies semidecíduas, a sincronia foi alta ($r = 0,74$, $p < 0,05$). *Trichilia pallida* apresentou forte correlação positiva com *Croton floribundus*, *Luehea candicans* e *Lonchocarpus cultratus* (Fig. 16).

Para espécies decíduas, a sincronia também foi alta ($r = 0,74$, $p < 0,05$). *Myracrodruon urundeuva* apresentou forte correlação positiva com *Centrolobium tomentosum*, *Allophylus edulis* e *Enterolobium contortisiliquum* (Fig. 17).

4.6.3 Floração

A sincronia dentre as espécies zoófilas foi baixa ($r = 0,084$, $p < 0,05$). Algumas espécies apresentaram correlação negativa, como *Zanthoxylum rhoifolium* com *Tapirira guianensis* e *Centrolobium tomentosum*. Como correlação positiva, pode-se

citar a interação de *Luehea grandiflora* com *Aspidosperma cylindrocarpon* e *Myrcia tomentosa*. A grande maioria das espécies não apresentou correlação significativa (Fig. 18).

Nas espécies anemófilas, não foi possível obter sincronia devido ao fato de apenas uma espécie ser obtida após os critérios selecionados.

4.6.4 Frutificação

As espécies zoocóricas não frutificaram de maneira sincrônica ($r = -0,003$, $p > 0,05$), havendo correlação negativa de *Alchornea glandulosa* e *Guazuma ulmifolia*, enquanto houve correlação positiva de *Lithraea molleoides* com *Guarea macrophylla* e *Syagrus romanzoffiana* (Fig. 19).

Espécies anemocóricas apresentaram sincronia extremamente baixa no período ($r = 0,059$, $p < 0,05$). Houveram apenas correlações positivas entre *Luehea candicans* e *Machaerium villosum*, *Centrolobium tomentosum* e *Myracrodruon urundeuva*, *Lafoensia pacari* e *Machaerium brasiliense* e *Machaerium stipitatum* e *Myracrodruon urundeuva* (Fig. 20).

Já as espécies autocóricas também não apresentaram sincronia ($r = -0,085$, $p > 0,05$), havendo apenas correlação positiva entre *Croton floribundus* com *Alchornea glandulosa* e *Luehea candicans* com *Guarea macrophylla* (Fig. 21).

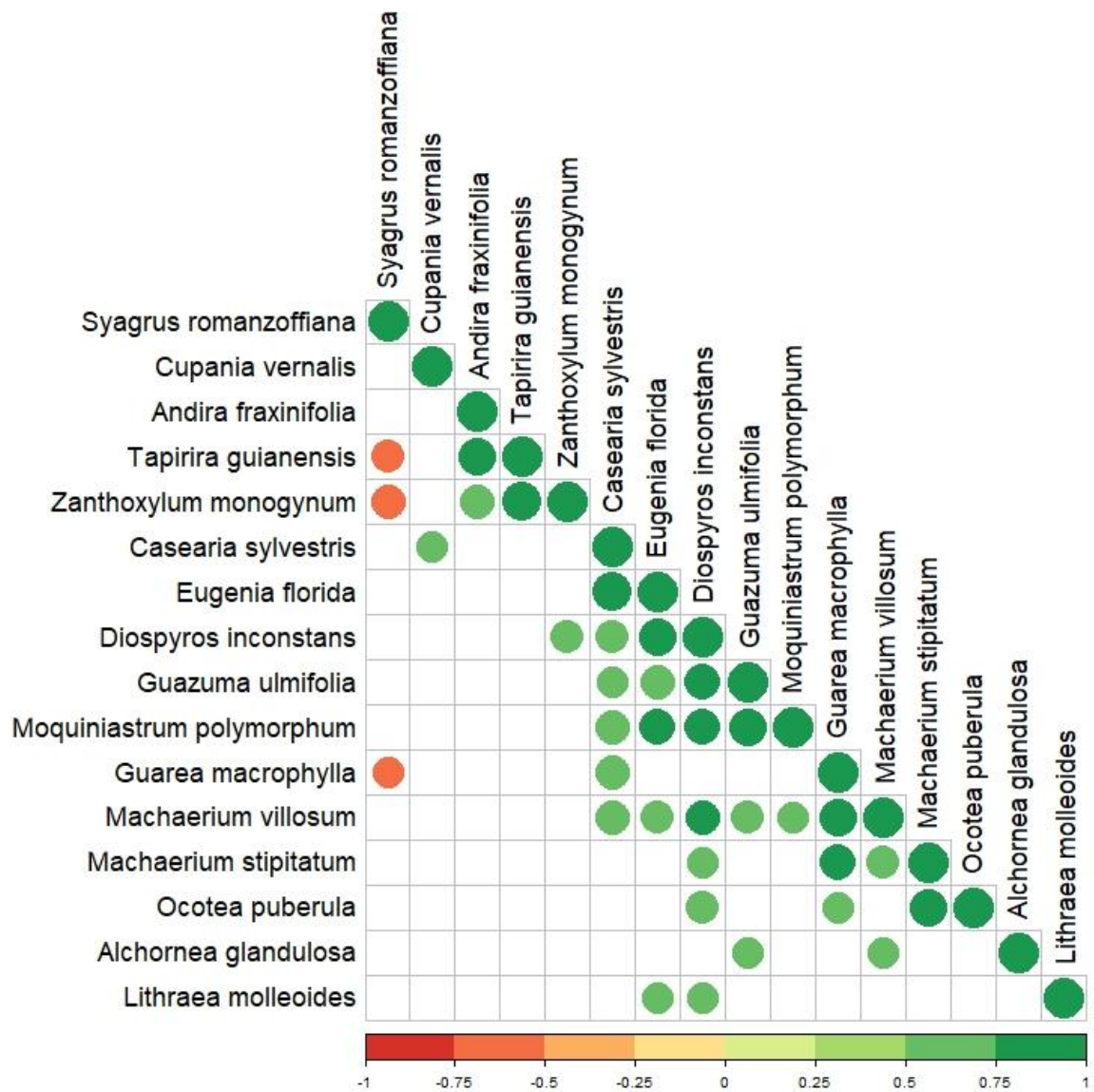


Figura 12. Sincronia do brotamento foliar entre espécies perenifólias em florestas semidecíduas na região da bacia hidrográfica do rio Corumbataí de Rio Claro, SP, durante o período de julho de 2022 a junho de 2023. Linhas representam diferentes espécies. Quadrados vazios indicam valores de p não significativos ($p > 0,05$). Quanto maior o tamanho do círculo, mais significativo o valor de p . Círculos em verde-escuro indicam correlação positiva alta, enquanto círculos em vermelho indicam correlação negativa alta, seguindo as cores e valores indicados na legenda de barra horizontal. **Fonte:** elaborado pelo autor.

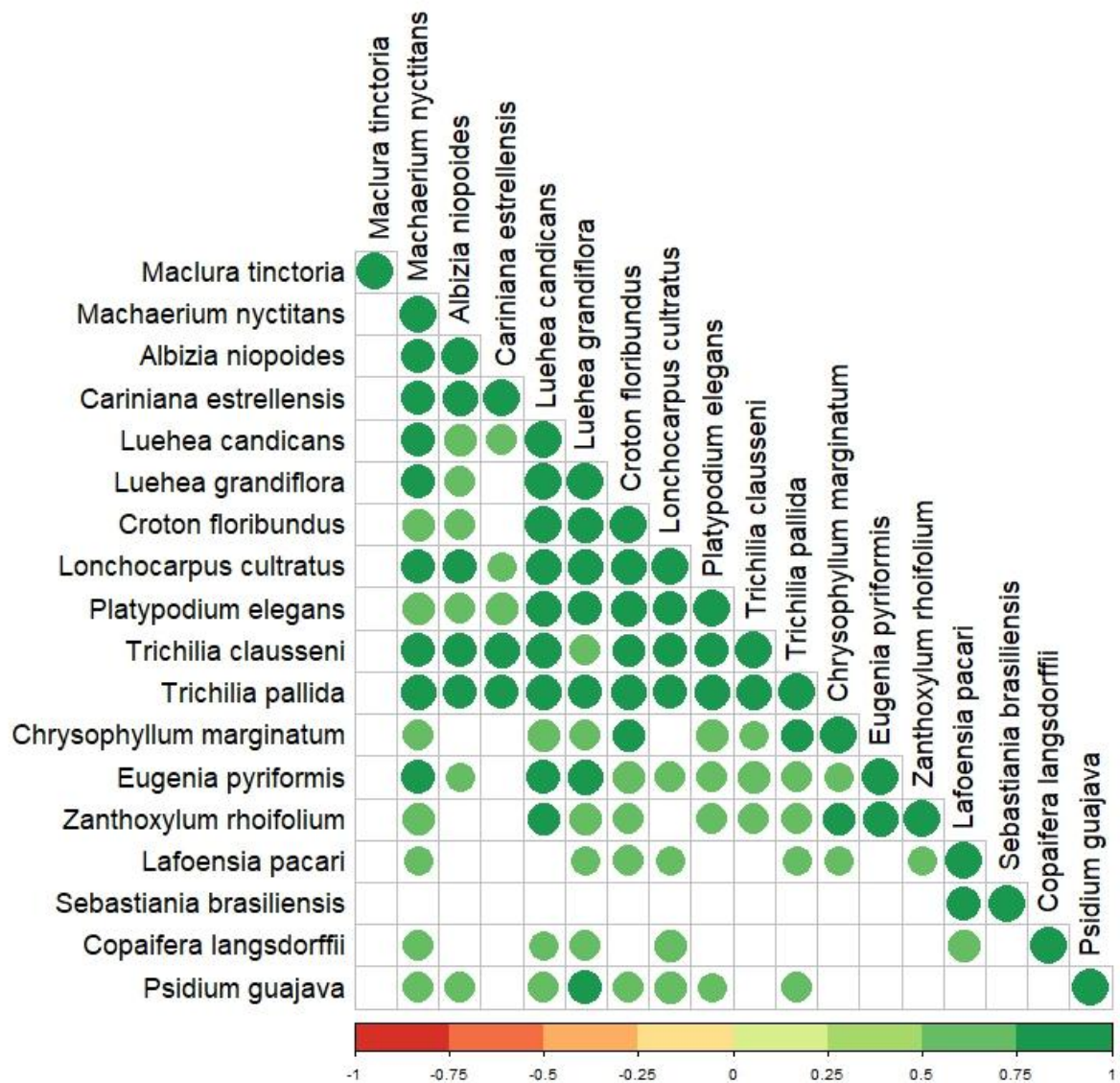


Figura 13. Sincronia do brotamento foliar entre espécies semidecíduas em florestas semidecíduas na região da bacia hidrográfica do rio Corumbataí de Rio Claro, SP, durante o período de julho de 2022 a junho de 2023. Linhas representam diferentes espécies. Quadrados vazios indicam valores de p não significativos ($p > 0,05$). Quanto maior o tamanho do círculo, mais significativo o valor de p . Círculos em verde-escuro indicam correlação positiva alta, enquanto círculos em vermelho indicam correlação negativa alta, seguindo as cores e valores indicados na legenda de barra horizontal. **Fonte:** elaborado pelo autor.

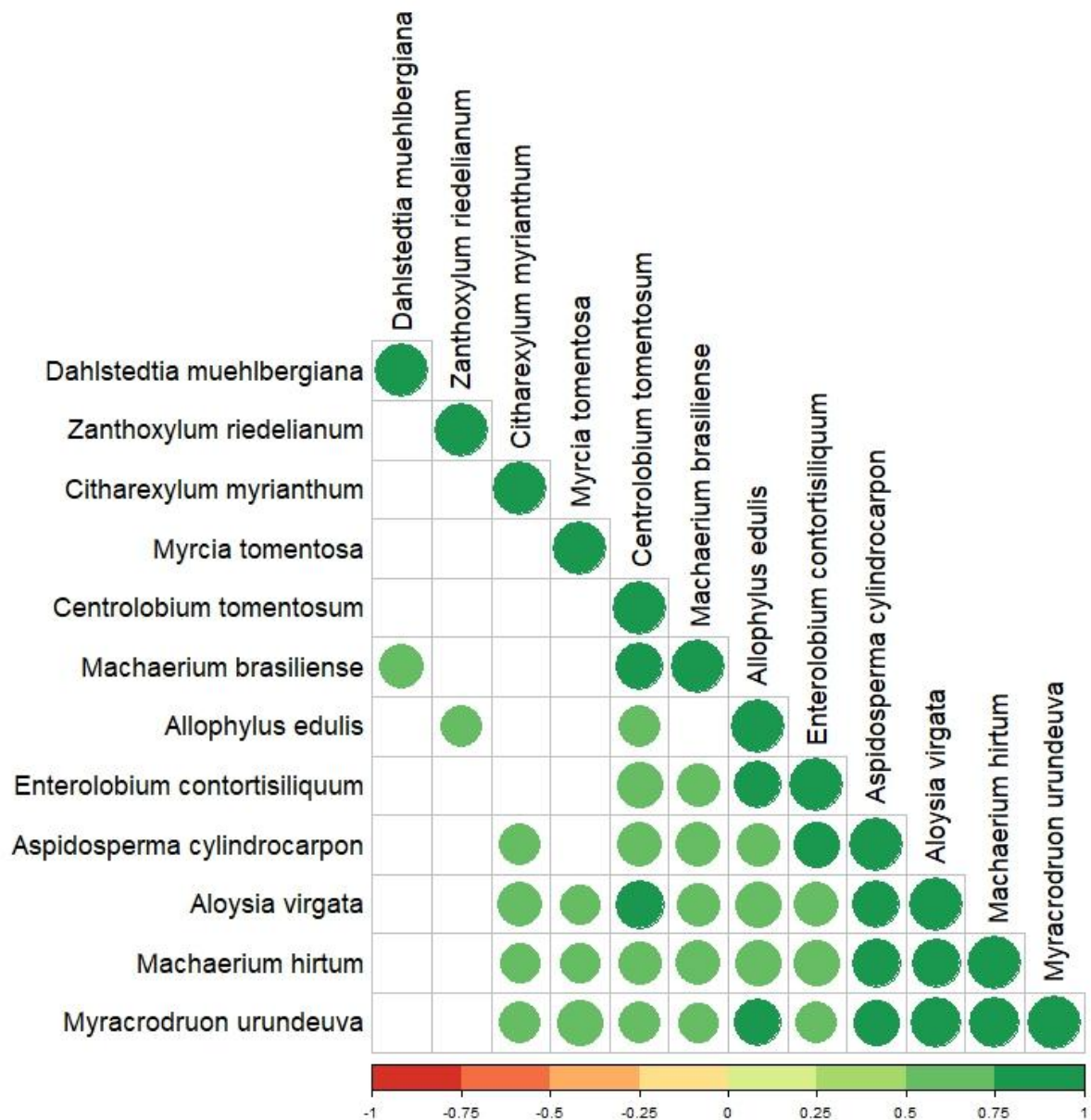


Figura 14. Sincronia do brotamento foliar entre espécies decíduas em florestas semidecíduas na região da bacia hidrográfica do rio Corumbataí de Rio Claro, SP, durante o período de julho de 2022 a junho de 2023. Linhas representam diferentes espécies. Quadrados vazios indicam valores de p não significativos ($p > 0,05$). Quanto maior o tamanho do círculo, mais significativo o valor de p . Círculos em verde-escuro indicam correlação positiva alta, enquanto círculos em vermelho indicam correlação negativa alta, seguindo as cores e valores indicados na legenda de barra horizontal. **Fonte:** elaborado pelo autor.

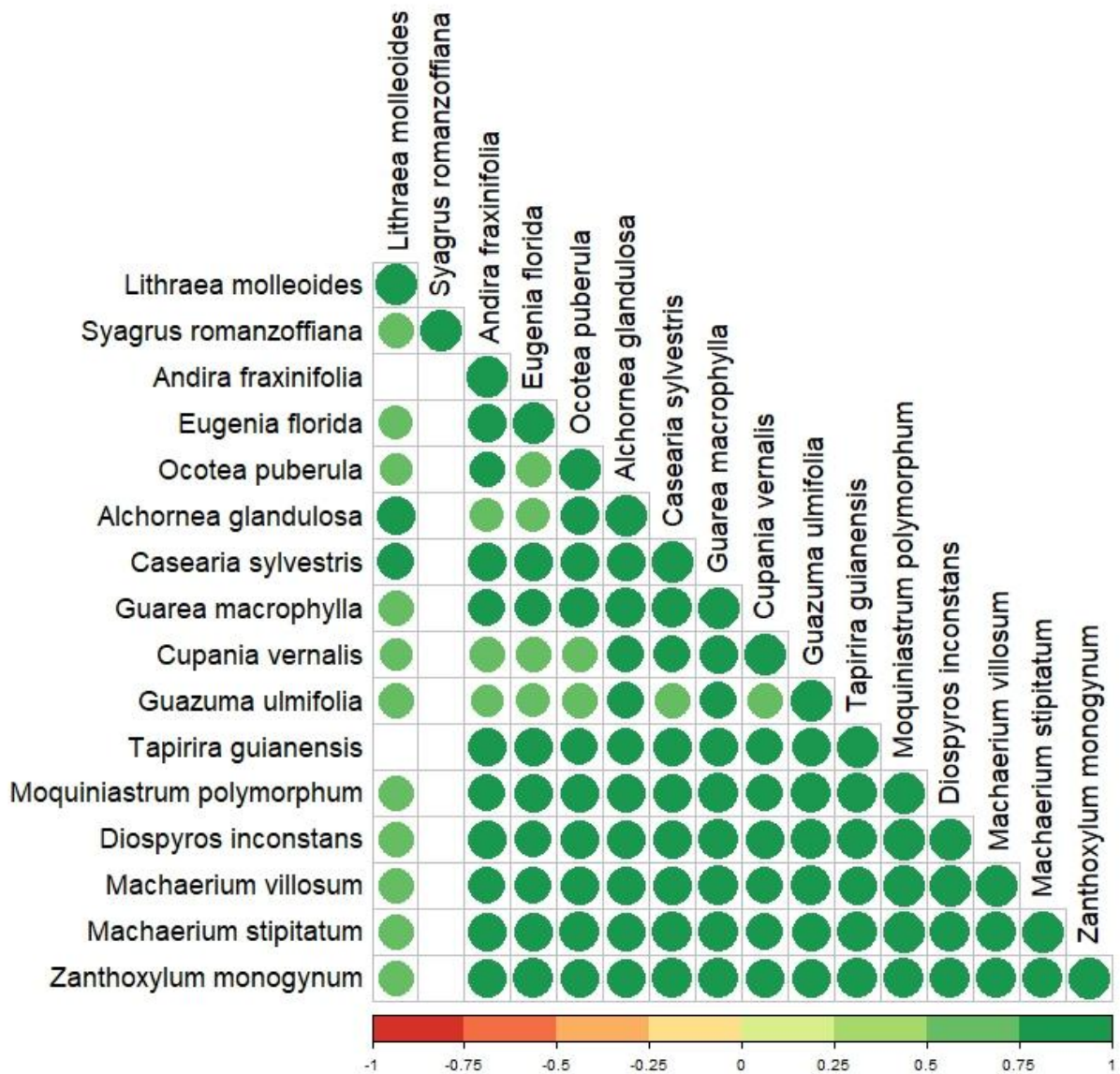


Figura 15. Sincronia da queda foliar entre espécies perenifólias em florestas semidecíduas na região da bacia hidrográfica do rio Corumbataí de Rio Claro, SP, durante o período de julho de 2022 a junho de 2023. Linhas representam diferentes espécies. Quadrados vazios indicam valores de p não significativos ($p > 0,05$). Quanto maior o tamanho do círculo, mais significativo o valor de p . Círculos em verde-escuro indicam correlação positiva alta, enquanto círculos em vermelho indicam correlação negativa alta, seguindo as cores e valores indicados na legenda de barra horizontal. **Fonte:** elaborado pelo autor.

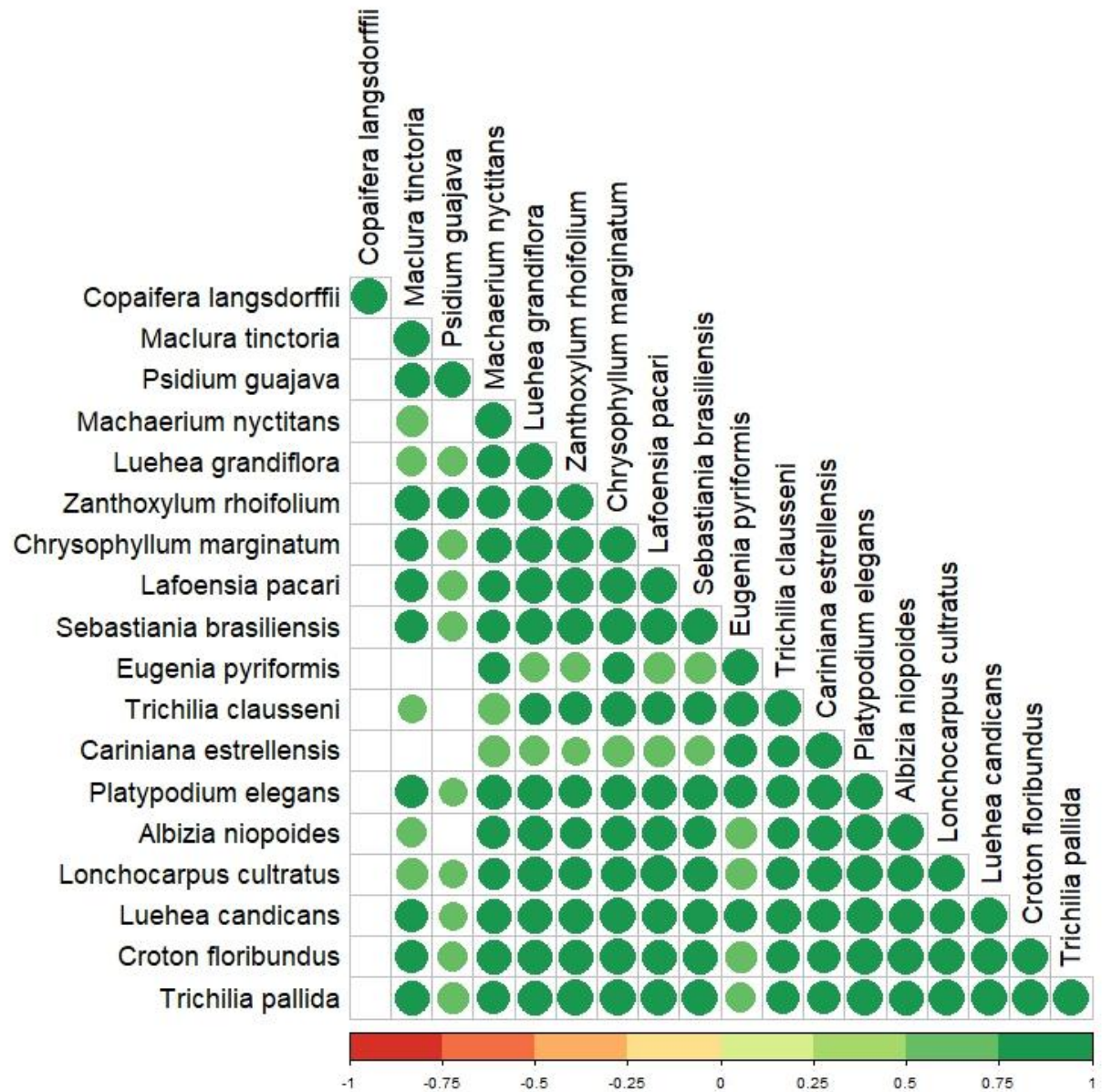


Figura 16. Sincronia da queda foliar entre espécies semidecíduas em florestas semidecíduas na região da bacia hidrográfica do rio Corumbataí de Rio Claro, SP, durante o período de julho de 2022 a junho de 2023. Linhas representam diferentes espécies. Quadrados vazios indicam valores de p não significativos ($p > 0,05$). Quanto maior o tamanho do círculo, mais significativo o valor de p . Círculos em verde-escuro indicam correlação positiva alta, enquanto círculos em vermelho indicam correlação negativa alta, seguindo as cores e valores indicados na legenda de barra horizontal. **Fonte:** elaborado pelo autor.

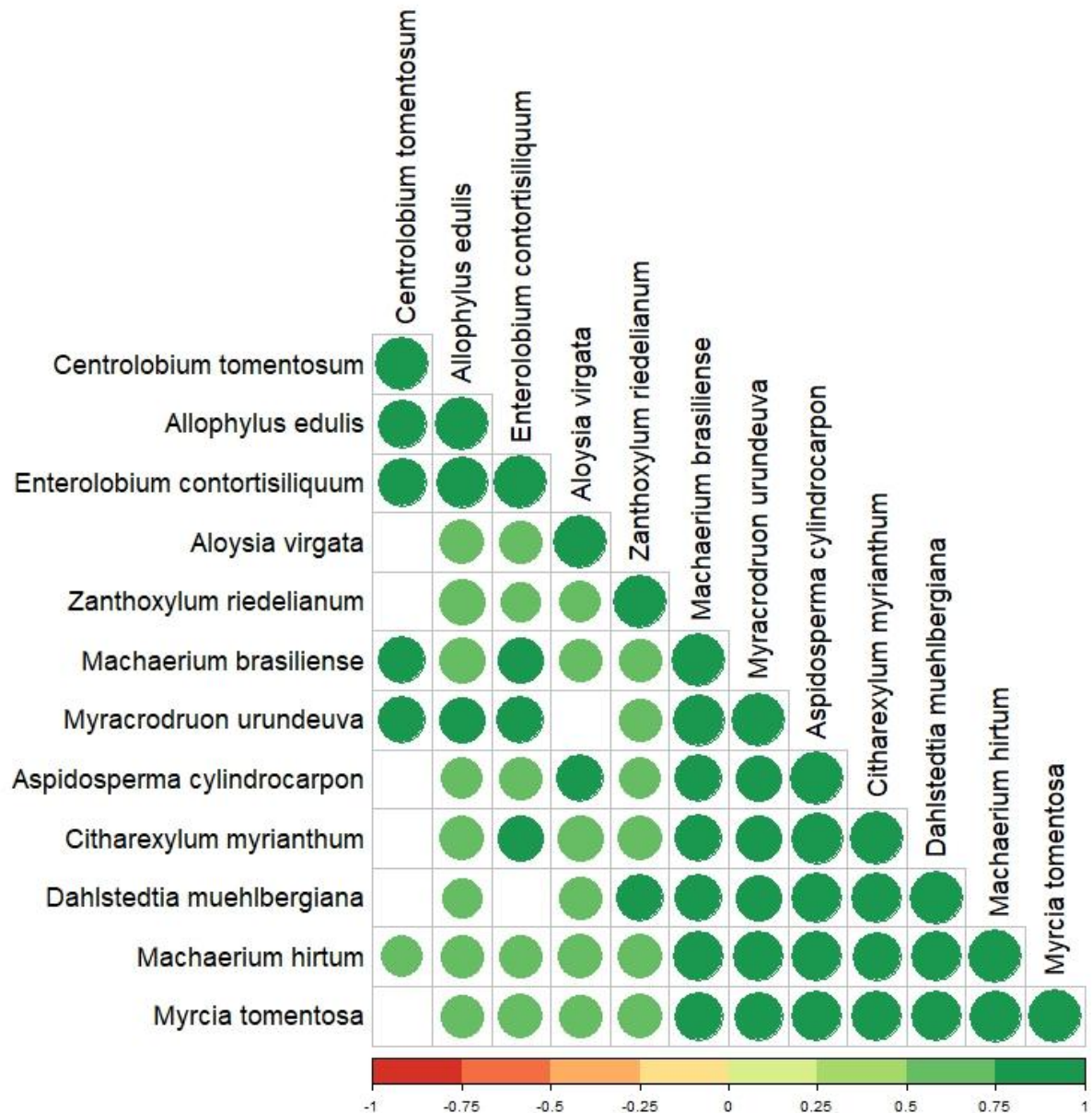


Figura 17. Sincronia da queda foliar entre espécies decíduas em florestas semidecíduas na região da bacia hidrográfica do rio Corumbataí de Rio Claro, SP, durante o período de julho de 2022 a junho de 2023. Linhas representam diferentes espécies. Quadrados vazios indicam valores de p não significativos ($p > 0,05$). Quanto maior o tamanho do círculo, mais significativo o valor de p . Círculos em verde-escuro indicam correlação positiva alta, enquanto círculos em vermelho indicam correlação negativa alta, seguindo as cores e valores indicados na legenda de barra horizontal. **Fonte:** elaborado pelo autor.

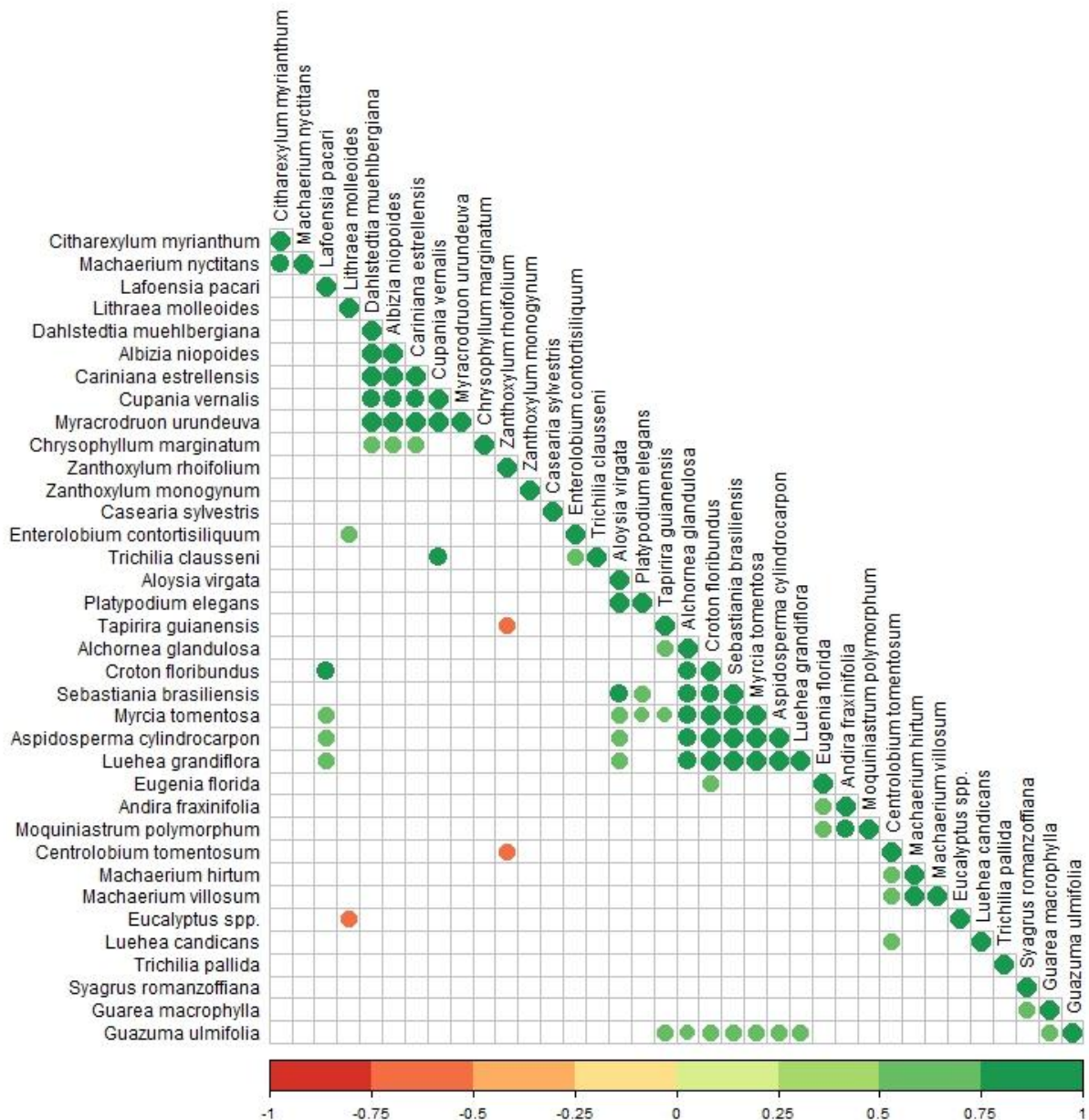


Figura 18. Sincronia da floração entre espécies zoófilas em florestas semidecíduas na região da bacia hidrográfica do rio Corumbataí de Rio Claro, SP, durante o período de julho de 2022 a junho de 2023. Linhas representam diferentes espécies. Quadrados vazios indicam valores de p não significativos ($p > 0,05$). Quanto maior o tamanho do círculo, mais significativo o valor de p . Círculos em verde-escuro indicam correlação positiva alta, enquanto círculos em vermelho indicam correlação negativa alta, seguindo as cores e valores indicados na legenda de barra horizontal. **Fonte:** elaborado pelo autor.

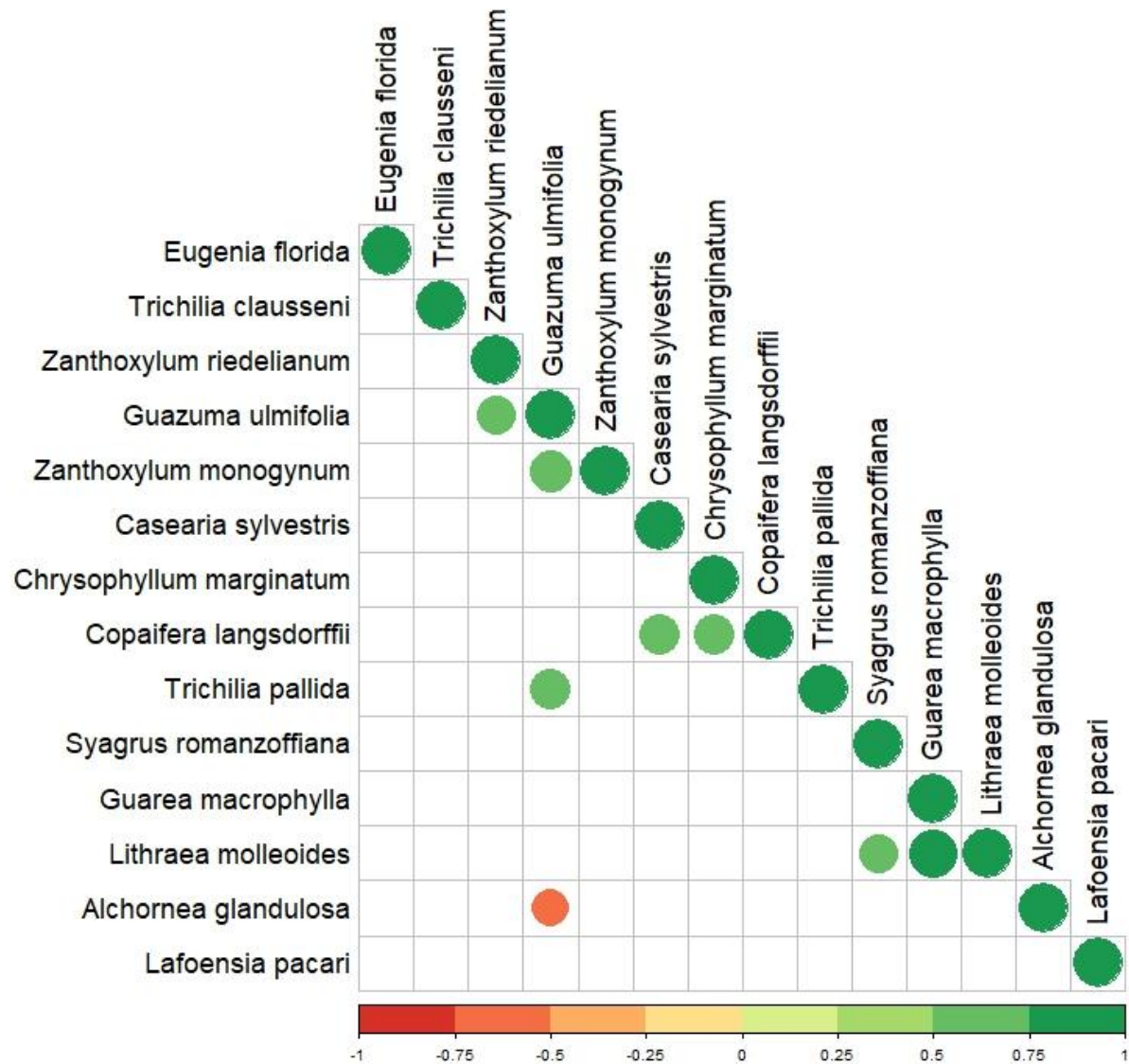


Figura 19. Sincronia da frutificação entre espécies zoocóricas em florestas semidecíduas na região da bacia hidrográfica do rio Corumbataí de Rio Claro, SP, durante o período de julho de 2022 a junho de 2023. Linhas representam diferentes espécies. Quadrados vazios indicam valores de p não significativos ($p > 0,05$). Quanto maior o tamanho do círculo, mais significativo o valor de p . Círculos em verde-escuro indicam correlação positiva alta, enquanto círculos em vermelho indicam correlação negativa alta, seguindo as cores e valores indicados na legenda de barra horizontal. **Fonte:** elaborado pelo autor.

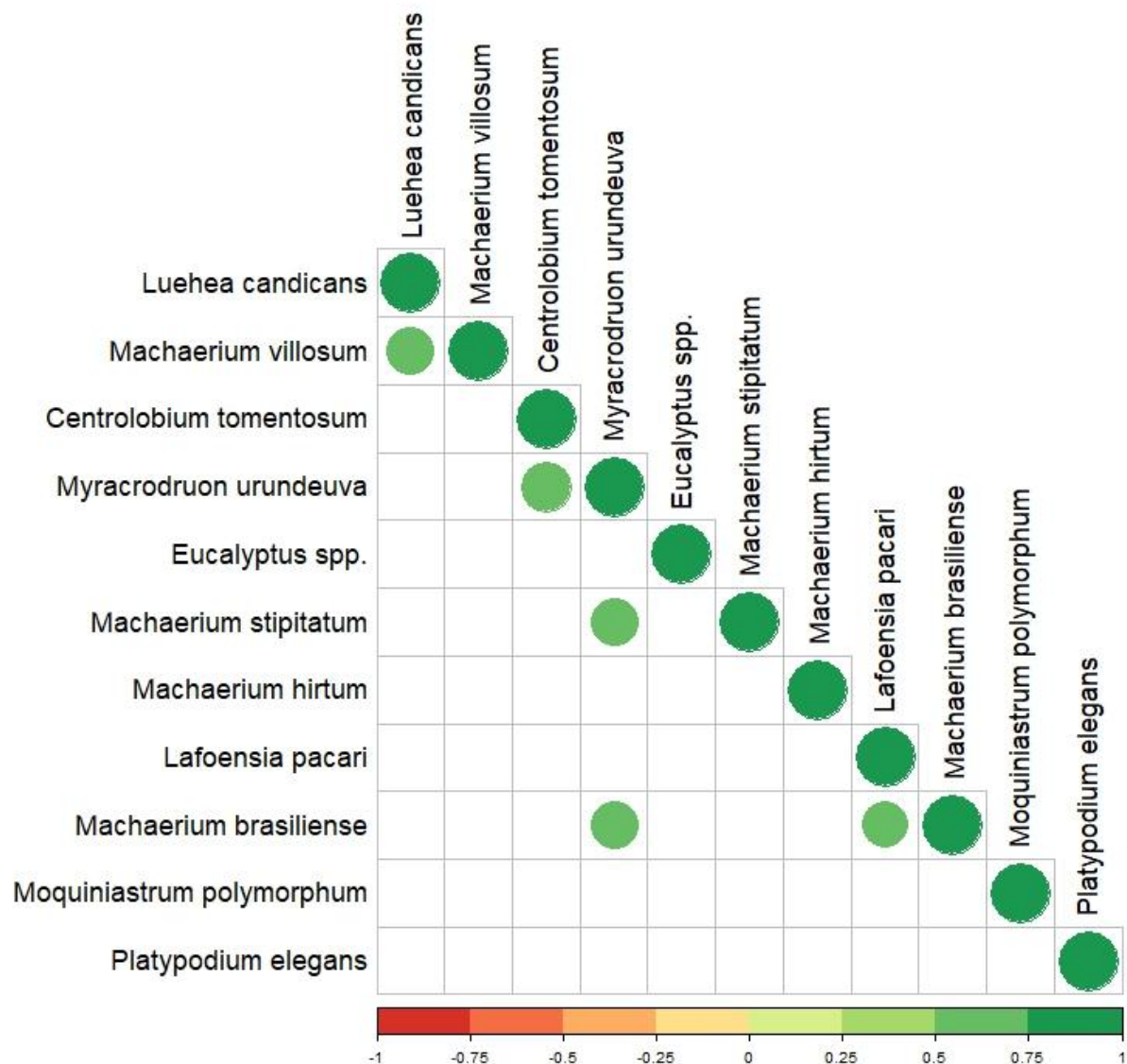


Figura 20. Sincronia da frutificação entre espécies anemocóricas em florestas semidecíduas na região da bacia hidrográfica do rio Corumbataí de Rio Claro, SP, durante o período de julho de 2022 a junho de 2023. Linhas representam diferentes espécies. Quadrados vazios indicam valores de p não significativos ($p > 0,05$). Quanto maior o tamanho do círculo, mais significativo o valor de p . Círculos em verde-escuro indicam correlação positiva alta, enquanto círculos em vermelho indicam correlação negativa alta, seguindo as cores e valores indicados na legenda de barra horizontal. **Fonte:** elaborado pelo autor.

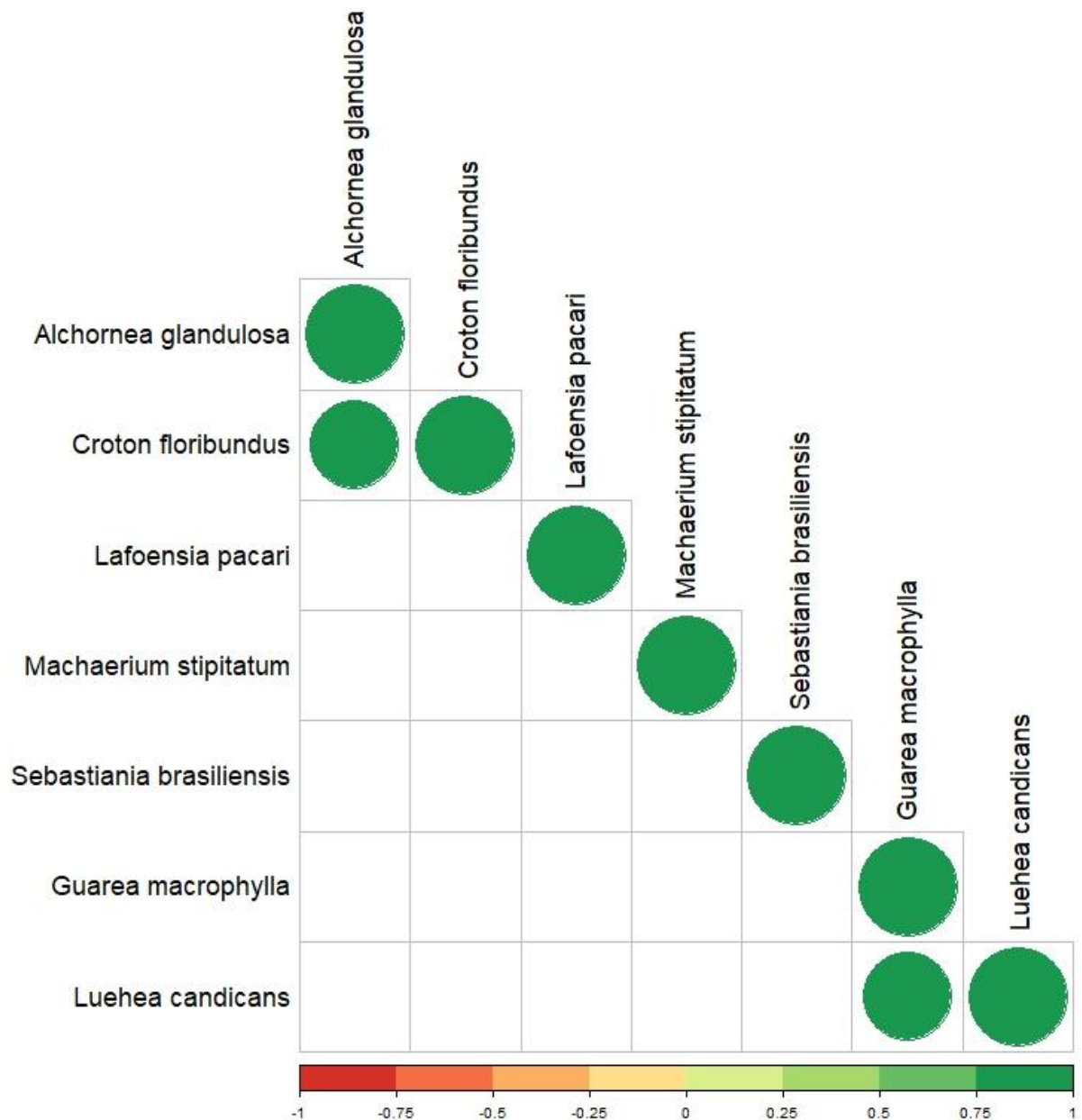


Figura 21. Sincronia da frutificação entre espécies autocóricas em florestas semidecíduas na região da bacia hidrográfica do rio Corumbataí de Rio Claro, SP, durante o período de julho de 2022 a junho de 2023. Linhas representam diferentes espécies. Quadrados vazios indicam valores de p não significativos ($p > 0,05$). Quanto maior o tamanho do círculo, mais significativo o valor de p . Círculos em verde-escuro indicam correlação positiva alta, enquanto círculos em vermelho indicam correlação negativa alta, seguindo as cores e valores indicados na legenda de barra horizontal. **Fonte:** elaborado pelo autor.

5 Discussão

No decorrer deste estudo, foi caracterizada e analisada a fenologia de uma comunidade da Floresta Atlântica semidecídua através da demonstração da sazonalidade, duração e sincronia de brotamento foliar, queda foliar, floração e frutificação de acordo com suas deciduidades, síndromes de polinização e síndrome

de dispersão de sementes. É possível notar que tanto para brotamento quanto para queda foliar, independente do tipo de deciduidade, os padrões encontrados foram semelhantes. No brotamento, todas as deciduidades apresentaram aumento com o início da estação chuvosa. Para a queda foliar, o aumento ocorreu na segunda metade da estação seca. Na floração, foi observado que espécies zoófilas passaram por aumento na intensidade na segunda metade da estação seca, o que se estendeu até a metade da estação úmida, enquanto as espécies anemófilas não apresentaram distribuição uniforme, apesar de estarem mais intensas durante a estação chuvosa. Frutos apresentaram-se durante todo o ano, independente da dispersão, com maior intensidade durante a estação seca.

5.1 Padrões de brotamento foliar em diferentes tipos de deciduidade

De acordo com o observado nos resultados, nossa hipótese de brotamento sazonal na estação chuvosa para espécies semidecíduas e decíduas foi corroborada, porém rejeitada para espécies perenifólias, as quais se esperava que apresentassem menor índice de brotamento. A hipótese de que a duração seria semelhante entre espécies decíduas e semidecíduas também foi corroborada, com uma diferença de um mês na duração média. Quanto à sincronia do brotamento, foi observada sincronia moderada, rejeitando nossa hipótese de que esta seria alta.

O brotamento foliar esteve presente durante todo o ano nos três tipos de deciduidade, representando uma baixa sazonalidade. Como demonstrado por Windsor *et al.*, (1989), este comportamento pouco sazonal é comumente observado em diversas espécies. Embora pouco sazonal, as plantas perenifólias e semidecíduas apresentaram maior concentração durante a estação chuvosa, com folhas novas brotando durante todo o período. O brotamento foliar nestas espécies, com uma maior intensidade observada na estação chuvosa reflete a importância da água como recurso limitante, mas crucial, que impulsiona a atividade fenológica dessas plantas. Em um estudo realizado por Morellato *et al.*, (2000) na Mata Atlântica do sudeste brasileiro, observou-se que estas espécies tendem a apresentar picos de atividade fenológica sincronizados com períodos de maior disponibilidade hídrica, corroborando a ideia de que o acesso à água é um fator determinante para o início do brotamento foliar. Este padrão de brotamento sugere uma adaptação destas plantas à variação sazonal do clima, otimizando seu crescimento e

desenvolvimento em períodos favoráveis (GARCIA; BARROS; LEMOS-FILHO, 2017).

A variação do brotamento foliar de três a doze meses e a baixa sincronia observadas nas espécies perenifólias podem indicar uma estratégia para reduzir a competição interespecífica de plantas por recursos disponíveis, tais como nutrientes no solo (GARCIA; BARROS; LEMOS-FILHO, 2017). Além disso, pode diminuir o risco de predação de folhas novas por herbívoros, conforme sugerido por Silva (2023). Essa baixa sincronia pode também refletir diferenças fisiológicas entre as espécies (BENCKE; MORELLATO, 2002) e a diversidade de micro-habitats dentro de um mesmo ecossistema, onde diferentes condições de solo, umidade e luz resultam em padrões distintos mesmo entre espécies (BENCKE; MORELLATO, 2002, JONES *et al.*, 2011, LUNDHOLM; MARLIN, 2006, WRIGHT; VAN SCHAIK, 1994).

A sincronia foi alta em espécies semidecíduas e decíduas, o que já era esperado, visto esta ser uma resposta comum a estímulos ambientais, como variações sazonais na disponibilidade de água e temperatura. Pesquisas anteriores corroboram essa observação, destacando a importância da sincronia fenológica para a reprodução, polinização e dispersão de sementes em comunidades vegetais (VAN SCHAIK *et al.*, 1993). Espécies como *Andira fraxinifolia* Benth. e *Tapirira guianensis* Aubl. ou *Casearia sylvestris* Sw. e *Eugenia florida* DC. apresentaram sincronia marcante no período analisado.

5.2 Padrões de queda foliar em diferentes tipos de deciduidade

Diferente do que era esperado, as plantas perenifólias apresentaram queda foliar pronunciada, de sazonalidade bem semelhante às plantas semidecíduas e decíduas. Os três tipos de deciduidade apresentaram aumento significativo ao fim da estação seca (setembro) e continuaram com grande intensidade por mais três meses, até a metade da estação chuvosa (dezembro). Após esse período, houve uma grande diminuição na queda, chegando a ser quase inexistente no mês de março. Tal resultado corrobora nossa hipótese de que a queda foliar em plantas semidecíduas e decíduas é sazonal, porém falha ao afirmar que as plantas perenifólias apresentariam queda foliar menos intensa. Os resultados corroboram a hipótese de que há semelhança na duração nas deciduidades semidecídua e decídua. O padrão de alta sazonalidade na queda foliar já foi observado em outros

estudos em florestas semidecíduais do Brasil (Morellato *et al.*, 1989; Morellato *et al.*, 1991). Além disso, observou-se tal padrão em outras florestas do continente americano, como na Costa Rica (Frankie *et al.*, 1974). Como observado por Morellato (1991), as folhas tiveram um aumento na queda foliar logo antes do brotamento foliar, da mesma forma como foi observado neste estudo.

A variação na duração da queda foliar, de um a doze meses, sugere uma plasticidade fenológica significativa nas espécies, que pode ser atribuída a características como a profundidade das raízes ou espessura e tamanho das folhas, fatores ambientais locais e interações bióticas (SKARPE, 1996). Estudos sobre a diversidade fenológica em comunidades vegetais, destacam a importância dessa plasticidade na fisiologia das plantas a condições ambientais variáveis, permitindo uma resposta flexível às mudanças sazonais e climáticas (KUSHWAHA; SINGH, 2005). A média de duração da queda foliar entre plantas decíduas e semidecíduas variou em um mês, corroborando com nossa hipótese de que ambas deciduidades apresentariam durações semelhantes.

A sincronia fenológica é alta em todas as categorias de plantas consideradas: perenifólias, semidecíduas e decíduas, corroborando nossas hipóteses. Esse resultado sugere uma forte coordenação nos eventos de queda foliar dentro de cada grupo de plantas, o que pode ter importantes implicações para a ecologia dessas espécies e para o funcionamento dos ecossistemas em que estão inseridas, sendo base para a formação e aumento da serrapilheira e a ciclagem de nutrientes necessários para a produção de novas partes vegetativas e reprodutivas das plantas (MORELLATO; LEITÃO-FILHO, 1992). Estudos anteriores sobre a sincronia fenológica em diferentes comunidades vegetais corroboram esses resultados (KUSHWAHA; SINGH, 2005).

5.3 Padrões de floração em diferentes tipos de polinização

Tratando-se sobre a floração, nossas hipóteses foram corroboradas quanto a presença de sazonalidade, porém rejeitou-se a hipótese de que flores anemófilas estariam concentradas na época de seca. Também foi confirmada a hipótese de que a duração da floração em espécies zoófilas é maior que a de espécies anemófilas. Quanto à sincronia, a hipótese de que espécies zoófilas seriam altamente sincronizadas foi rejeitada, enquanto para espécies anemófilas não foi possível de se analisar devido ao baixo número de espécimes.

Percebe-se que as flores polinizadas por animais estiveram presentes em todo o ano, o que já era esperado. Devido a presença de insetos e aves que realizam a polinização durante todo o ano, há um estímulo favorável para a presença de tais espécies. Por estarem bem distribuídas o ano todo, sua sazonalidade apresentou-se baixa, apesar de ocorrerem com maior concentração na estação chuvosa. Tais resultados também foram encontrados em estudo realizado na Floresta Atlântica da Bahia (Brasil) por Liuth, Talora e Amorim (2013) e em São Paulo por San Martin-Gajardo e Morellato (2003). Esse padrão pode estar relacionado a características específicas do ambiente, como variações na temperatura, comprimento do dia e na disponibilidade de água, que podem influenciar a atividade dos polinizadores (LIUTH, TALORA; AMORIM, 2013). Estudos sobre a ecologia da polinização, destacam a importância desses fatores ambientais na regulação da fenologia da floração em plantas polinizadas por animais, o que beneficia estes ambientes com a permanência dos animais que utilizam-se destes recursos (LIUTH, TALORA; AMORIM, 2013; PESSOA, 2012; SAN MARTIN-GAJARDO; MORELLATO, 2003)

A variação na duração da floração das espécies zoófilas, que ocorreu ao longo de um período de um a onze meses, sugere uma resposta diferenciada das plantas aos fatores ambientais que influenciam esse processo. Além disso, é importante que haja oferta de alimento para os polinizadores durante o ano todo, já que estes precisam estar presentes no ambiente quando as diferentes espécies começam a florescer (MACHADO; SEMIR, 2006).

A baixa sincronia observada entre as espécies zoófilas sugere uma falta de coordenação nos eventos de floração entre as diferentes espécies. Essa falta de sincronia pode estar relacionada a diferenças nas estratégias reprodutivas das espécies, como a produção de flores por longos períodos ou a diferente oferta de néctar dentre as flores de um mesmo indivíduo (FEINSINGER, 1983; WASER; REAL, 1979).

Quanto às flores polinizadas pelo vento, houve maior presença destas principalmente na estação chuvosa, o que vai contra o esperado para estas espécies. Sua sazonalidade apresentou-se alta, principalmente devido a sua presença com maior intensidade nos meses de janeiro e fevereiro. Estudos têm demonstrado que plantas polinizadas pelo vento muitas vezes sincronizam a floração com períodos de maior estabilidade climática e ventos favoráveis para

aumentar a eficiência da polinização e a dispersão do pólen, já que chuvas provocam a sedimentação do pólen com o aumento da umidade relativa do ar (ALBA-SÁNCHEZ *et al.*, 2010).

5.4 Padrões de frutificação em diferentes tipos de dispersão de sementes

Apesar de frutos anemocóricos terem apresentado maior sazonalidade do que frutos autocóricos, estes foram semelhantes à sazonalidade de frutos zoocóricos, rejeitando nossa hipótese de que a frutificação anemocórica seria mais sazonal do que na zoocoria, porém corroborando a hipótese de que esta seria maior do que em espécies autocóricas. Quanto à duração, a hipótese de que espécies zoocóricas estariam presentes por maior período do que as anemocóricas foi corroborada. Apesar de baixa, a sincronia em espécies anemocóricas foi maior que nas espécies zoocóricas, ocorrendo principalmente na estação seca, corroborando nossa hipótese.

Os frutos dispersos por animais estiveram presentes em todo o período. A maior concentração antes ou durante a estação chuvosa pode estar relacionada às condições mais favoráveis para a germinação (Morellato *et al.*, 1989), como a maior oportunidade de receber luz solar e maior umidade, promovendo maior chance de germinação, crescimento da plântula (JANZEN, 1967) e desenvolvimento do sistema radicular antes da seca (MORELLATO; LEITÃO-FILHO, 1992). A distribuição em todo o período foi encontrada em outros estudos em Floresta Atlântica, como Reznik, Pires e Freitas (2012). Tal resultado é esperado, já que acredita-se que este fator esteja associado à manutenção dos recursos para frugívoros (TALORA; MORELLATO, 2000). Rubim (2006) discute que na dispersão de frutos zoocóricos, fatores bióticos devem influenciar mais fortemente a distribuição dos frutos durante o ano do que as características abióticas, como a menor competição por dispersores ou a manutenção dos dispersores nestes ambientes. Em estudo realizado por Oliveira *et al.*, (2004), foi observada também correlação significativa com a temperatura e a precipitação. O fato de haver maior concentração de frutos zoocóricos na estação seca pode se dar também devido ao fato de muitas aves preferirem se alimentar de insetos durante a estação chuvosa e se voltarem aos frutos na seca, o que pode ter aumentado a presença destas espécies que frutificam nessa época (STILES, 1980). Na região estudada, é possível encontrar diversos dispersores destes frutos, como aves (*Habia rubica*, *Stilpnia cayana*), mamíferos

(*Sapajus nigritus*, *Lepus europaeus*) e uma espécie de réptil (*Salvator merianae*) (Robert Timmers, não publicado, por email, 23 de abril de 2024).

A frutificação de indivíduos anemocóricos esteve mais concentrada na estação seca, quando há menor precipitação. Tal resultado é esperado e foi encontrado em estudos semelhantes na Floresta Atlântica de São Paulo, Brasil (RUBIM, 2006). Esse padrão é relacionado a presença de maior umidade, ventos mais velozes e maior eficácia na maturação dos frutos, já que estes costumam frutificar próximo ao início da estação chuvosa, quando há umidade necessária para o brotamento das sementes.

Da mesma forma que nos frutos zoocóricos, os frutos autocóricos não apresentaram sazonalidade, assim como encontrado por Morellato e Leitão-Filho (1989) e Morellato (1991). Diferente do encontrado aqui, Morellato (1991) observou alta sazonalidade em frutos dispersos por autocoria em floresta semidecídua de Campinas, São Paulo, Brasil.

Apesar de certas fenofases não ocorrerem na época esperada, é observável que todas as fenofases têm acontecido no decorrer do ano. Essa constante oferta de recursos, como as flores e frutos, é essencial para um bom estabelecimento de novas formações vegetais como as florestas em regeneração natural. A presença de tais recursos permite a chegada e permanência de animais que constituirão e realizarão manutenção nestes ecossistemas, polinizando flores e dispersando frutos, aumentando a diversidade e dimensão destes ambientes.

6 Conclusão

Com a realização desse trabalho, foi possível observar como se comportou a fenologia desta comunidade de Floresta Atlântica semidecídua no decorrer de um ano. Com nossos resultados, foi possível observar um maior número de indivíduos em brotamento foliar durante a estação chuvosa, demonstrando a importância dos recursos hídricos para que as plantas possam dar continuidade ao seu processo de crescimento e desenvolvimento vegetativo. A alta sincronia implica na diluição da herbivoria sofrida pelas plantas, sendo um fator vantajoso para as plantas presentes no ambiente, enquanto a duração longa das fenofases implica numa menor competição interespecífica das plantas por recursos presentes no solo.

A queda foliar mais concentrada durante a estação seca comprovou hipóteses esperadas, visto que nesta época ocorre a diminuição da quantidade de

água disponível, colocando mais uma vez a água como recurso imprescindível para o desenvolvimento vegetativo das plantas. A alta sincronia apresentada pela fenofase implica num rápido aumento na camada de serrapilheira, protegendo contra o ressecamento do solo e garantindo que, com a decomposição deste material orgânico, existam nutrientes disponíveis para o brotamento foliar na próxima temporada de chuvas.

A floração de espécies zoófilas durante todo o decorrer do ano é um fator essencial para evitar a migração de diversos animais que se alimentam dos recursos oferecidos pelas flores. Sua maior concentração durante a estação chuvosa também demonstra a importância da água para esta fenofase, apesar de ser amplamente discutido que fatores como a duração do dia e variações de temperatura também influenciam fortemente na produção de flores. A variação na duração das flores nas diferentes espécies corrobora com a teoria de que diferentes gatilhos ambientais podem ser responsáveis pela floração. Quanto às flores anemófilas, sua maior presença durante a estação chuvosa foi contra nossas hipóteses, o que pode ter sido influenciado por algum tipo de polinização secundária, pela composição das estruturas florestais ou pelo seu número reduzido, demonstrando a necessidade de um maior esforço amostral, seja aumentando o número de indivíduos ou a coleta de dados por um maior período.

Referente aos frutos, foi possível encontrar aqueles dispersos por zoocoria em todo o período, com maior intensidade na estação seca, o que pode ter sido selecionado pelas espécies dispersoras que vivem nestes ambientes, já que algumas espécies dão preferência aos insetos durante a estação chuvosa. As espécies anemocóricas estiveram mais concentradas na estação seca, como o esperado, já que nesta época ocorrem condições mais propícias para a dispersão dos propágulos, como a menor umidade relativa do ar. Os frutos autocóricos não apresentaram sazonalidade.

Apesar de evidenciar algumas características da fenologia destas florestas, nosso trabalho foi realizado apenas no decorrer de um ano, sendo um período considerado curto para análises fenológicas. Além disso, como no caso das flores anemófilas, o número de amostras provou-se insuficiente, demonstrando a necessidade de um maior esforço amostral em observações futuras. É importante levar em consideração também que há outros tipos de coletas possíveis em observações fenológicas, como o índice de Fournier, que poderia nos trazer um

resultado mais próximo da intensidade dessas fenofases, ao invés da observação de indivíduos ou espécies. As observações realizadas dessa forma podem nos aproximar de análises mais exatas, permitindo o acompanhamento destas florestas e a análise das mudanças em seus ciclos fenológicos perante as alterações climáticas.

7 Referências

AERTS, Raf; HONNAY, Olivier. Forest restoration, biodiversity and ecosystem functioning. BMC ecology, v. 11, n. 1, p. 1-10, 2011.

AGOSTINELLI, Claudio (2018). Package ‘CircStats’. Recuperado de: <https://cran.r-project.org/web/packages/CircStats/CircStats.pdf>.

AGOSTINI, Kayna; LOPES, Ariadna Valentina; MACHADO, Isabel Cristina. Recursos florais. Biologia da polinização, v. 1, p. 129-150, 2014.

ALBA-SÁNCHEZ, Francisca et al. Aerobiological behaviour of six anemophilous taxa in semi-arid environments of southern Europe (Almería, SE Spain). Journal of arid environments, v. 74, n. 11, p. 1381-1391, 2010.

ALMEIDA, Elisângela Medeiros de; ALVES, Maria Alice S. Fenologia de *Psychotria nuda* e *P. brasiliensis* (Rubiaceae) em uma área de Floresta Atlântica no sudeste do Brasil. Acta Botanica Brasilica, v. 14, p. 335-346, 2000.

ARROYO-CORREA, Blanca; BARTOMEUS, Ignasi; JORDANO, Pedro. Flowering synchrony modulates pollinator sharing and places plant individuals along a competition–facilitation continuum. Oikos, p. e10477, 2024.

BENCKE, CINARA S. C; MORELLATO, L. PATRÍCIA C. Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta atlântica no sudeste do Brasil. Brazilian Journal of Botany, v. 25, p. 237-248, 2002.

BOGDZIEWICZ, Michał et al. Flowering synchrony drives reproductive success in a wind-pollinated tree. Ecology Letters, v. 23, n. 12, p. 1820-1826, 2020.

BUISSON, Elise et al. Plant phenological research enhances ecological restoration. *Restoration Ecology*, v. 25, n. 2, p. 164-171, 2017.

DE CAMARGO, Maria Gabriela Gutierrez et al. Leafing patterns and leaf exchange strategies of a cerrado woody community. *Biotropica*, v. 50, n. 3, p. 442-454, 2018.

DA COSTA, Willian Moreira et al. A dispersão natural de sementes com enfoque em síndromes zoocóricas. *Tópicos em recuperação de áreas degradadas*, v. 6, p. 40-71, 2023.

DE BIE, Steven et al. Woody plant phenology in the West Africa savanna. *Journal of Biogeography*, v. 25, n. 5, p. 883-900, 1998.

FARIA, Rogerio Rodrigues. Fenologia de floração e polinização de espécies ornitófilas na Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul, Brasil. 2007.

FEINSINGER, Peter. Variable nectar secretion in a *Heliconia* species pollinated by hermit hummingbirds. *Biotropica*, p. 48-52, 1983.

FENNER, Michael. The phenology of growth and reproduction in plants. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, v. 1, n. 1, p. 78-91, 1998.

FRANKIE, Gordon W.; BAKER, Herbert G.; OPLER, Paul A. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. *The Journal of Ecology*, p. 881-919, 1974.

FRUEHAUF, Amanda Lombardo; DA SILVA, Pollyane Vieira; LOMBARDO, Magda Adelaide. O uso da geotecnologia e análise estatística dos incêndios florestais na Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade, Rio Claro, São Paulo, Brasil. *Brazilian Journal of Development*, v. 8, n. 1, p. 449-464, 2022.

GARCIA, Leticia C.; BARROS, Fernanda V.; LEMOS-FILHO, Jose P. Environmental drivers on leaf phenology of ironstone outcrops species under seasonal climate. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 89, p. 131-143, 2017.

GOTELLI, Nicholas J.; ELLISON, Aaron M. *Princípios de estatística em ecologia*. ARTMED editora, 2016.

GRESSLER, Eliana; PIZO, Marco A.; MORELLATO, L. Patrícia C. Polinização e dispersão de sementes em Myrtaceae do Brasil. *Brazilian Journal of Botany*, v. 29, p. 509-530, 2006.

HAMANN, Andreas. Flowering and fruiting phenology of a Philippine submontane rain forest: climatic factors as proximate and ultimate causes. *Journal of Ecology*, v. 92, n. 1, p. 24-31, 2004.

HERNANDES, José Luiz; PEDRO JÚNIOR, Mário José; BARDIN, Ludmila. Variação estacional da radiação solar em ambiente externo e no interior de floresta semidecídua. *Revista Árvore*, v. 28, p. 167-172, 2004.

HOWE, Henry F.; SMALLWOOD, Judith. Ecology of seed dispersal. *Annual review of ecology and systematics*, v. 13, n. 1, p. 201-228, 1982.

JANZEN, Daniel H. Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in Central America. *Evolution*, v. 21, n. 3, p. 620-637, 1967.

JONES, Mirkka M.; SZYSKA, Brigitta; KESSLER, Michael. Microhabitat partitioning promotes plant diversity in a tropical montane forest. *Global Ecology and Biogeography*, v. 20, n. 4, p. 558-569, 2011.

KUSHWAHA, C. P.; SINGH, K. P. Diversity of leaf phenology in a tropical deciduous forest in India. *Journal of Tropical Ecology*, v. 21, n. 1, p. 47-56, 2005.

LIUTH, Heitor Scarpatti; TALORA, Daniela Custódio; AMORIM, André Márcio. Phenological synchrony and seasonality of understory Rubiaceae in the Atlantic Forest, Bahia, Brazil. Acta Botanica Brasilica, v. 27, p. 195-204, 2013.

LÓPEZ-GONZÁLEZ, Emelina; RUIZ-SOLER, Marcos. Análisis de datos con el Modelo Lineal Generalizado. Una aplicación con R. Revista española de pedagogía, p. 59-80, 2011.

Loreau, M., and C. de Mazancourt. 2008. Species synchrony and its drivers: Neutral and nonneutral community dynamics in fluctuating environments. The American Naturalist 172:E48-E66.

LORENZI, Harri. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992.

LOUREIRO, Nathalie; SOUZA, Tatiane P.; NASCIMENTO, Daniel F.; NASCIMENTO, Marcelo T. Survival, seedlings growth and natural regeneration in areas under ecological restoration in a sandy coastal plain (restinga) of southeastern Brazil. Austral Ecology, 2021.

LUNDHOLM, Jeremy T.; MARLIN, Ashley. Habitat origins and microhabitat preferences of urban plant species. Urban Ecosystems, v. 9, p. 139-159, 2006.

MACHADO, Caio Graco; SEMIR, João. Fenologia da floração e biologia floral de bromeliáceas ornitófilas de uma área da Mata Atlântica do Sudeste brasileiro. Brazilian Journal of Botany, v. 29, p. 163-174, 2006.

MARTIN-GAJARDO, San et al. Fenologia de Rubiaceae do sub-bosque em floresta Atlântica no sudeste do Brasil. Brazilian Journal of Botany, v. 26, p. 299-309, 2003.

MARTINS, Joanny K. S. S; OLIVEIRA, Antônio F. M.; ALMEIDA, Jarcilene S. Variação sazonal das redes de interações planta-artrópodes em Floresta

Tropical Sazonalmente Seca. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 13, n. 6, p. 2671-2713, 2020.

McDowell, Nate; Pockman, William, T.; Allen, Craig D.; Breshears, Neil C.; Kolb, Thomas; Plaut, Jennifer; Sperry, John; West, Adam; Williams, David G.; Yepez, Enrico A. Mechanisms of plant survival and mortality during drought: why do some plants survive while others succumb to drought?. New phytologist, v. 178, n. 4, p. 719-739, 2008.

MELONI, Fernando; VARANDA, Elenice M.; BAROSELA, José R. Relação entre nitrogênio total foliar e a herbivoria nas folhas de duas espécies de nyctaginaceae ocorrentes no cerrado. Simpósio de ecossistemas Brasileiros, v. 317, p. 324. 2007.

MENG, Fanxiang et al. Long-term flowering intensity of European tree species under the influence of climatic and resource dynamic variables. Agricultural and Forest Meteorology, v. 323, p. 109074, 2022.

MENZEL, Annette; FABIAN, Peter. Growing season extended in Europe. Nature, v. 397, n. 6721, p. 659-659, 1999.

MORELLATO, Leonor P. C. et al. Linking plant phenology to conservation biology. Biological conservation, v. 195, p. 60-72, 2016.

MORELLATO, Leonor. P. C. et al. Phenology of Atlantic rain forest trees: a comparative study 1. Biotropica, v. 32, n. 4b, p. 811-823, 2000.

MORELLATO, L. Patricia C.; ALBERTI, L. F.; HUDSON, Irene L. Applications of circular statistics in plant phenology: a case studies approach. In: Phenological research. Springer, Dordrecht, p. 339-359, 2010.

MORELLATO, Leonor P. C.; LEITÃO-FILHO, Hermógenes F. Padrões de frutificação e dispersão de sementes na Serra do Japi. In L. P. C. Morellato (Ed.) História Natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área

florestal no sudeste do Brasil, pp. 112-140, Editora da Unicamp, Campinas, Brasil. 1992.

MORELLATO, Leonor P. C. Fenologia de árvores, arbustos e lianas em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. Tese de Doutorado, Ecologia, Unicamp. 1991.

MORELLATO, Leonor P. C.; LEITÃO-FILHO, Hermógenes F. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta mesófila na Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo. *Revista Brasileira de Biologia*, v. 50, n. 1, p. 163-173, 1989.

OLIVEIRA, Ana Paula de Assis et al. Fenologia da frutificação e síndromes de dispersão em uma comunidade de cerrado. 2004.

PEDRONI, Fernando; SANCHEZ, Maryland; SANTOS, Flavio A. M. Fenologia da copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.--Leguminosae, Caesalpinioideae) em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. *Brazilian Journal of Botany*, v. 25, p. 183-194, 2002.

PEÑUELAS, Josep; FILELLA, Iolanda; COMAS, PerE. Changed plant and animal life cycles from 1952 to 2000 in the Mediterranean region. *Global Change Biology*, v. 8, n. 6, p. 531-544, 2002.

PESSOA, Michaele de Souza et al. Reproductive phenology of *Miconia mirabilis* (Melastomataceae) within three distinct physiognomies of Atlantic Forest, Bahia, Brazil. *Biota Neotropica*, v. 12, p. 49-56, 2012.

PIRES, Magda C. et al. Estatística não paramétrica básica no software R: uma abordagem por resolução de problemas. Departamento de estatística. Universidade Federal de Minas Gerais, 2018.

R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. R Core Team, Vienna, Austria, 2024. <<https://www.R-project.org/>>.

RATHCKE, Beverly; LACEY, Elizabeth P. Phenological patterns of terrestrial plants. Annual review of ecology and systematics, v. 16, n. 1, p. 179-214, 1985.

REZENDE, Camila L.; UEZU, Alexandre; SCARANO, Fabio R.; ARAUJO, Dorothy S. D. Atlantic Forest spontaneous regeneration at landscape scale. Biodiversity and Conservation, v. 24, n. 9, p. 2255-2272, 2015.

REZNIK, Gabriela; PIRES, Jakeline Prata de Assis; FREITAS, Leandro. Efeito de bordas lineares na fenologia de espécies arbóreas zoocóricas em um remanescente de Mata Atlântica. Acta Botanica Brasilica, v. 26, p. 65-73, 2012.

RUBIM, Paulo. Padrões fenológicos de espécies arbóreas em um fragmento de floresta semidecídua no estado de São Paulo: definição de padrões sazonais e comparação entre anos. 2006. Dissertação. Mestrado. Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro - SP. 2006.

SFAIR, Julia. Segunda versão do tutorial de estatística circular no R. 2014.

SILVA, Mateus Geovane Lima da. Produção foliar em antecipação à chuva no Cerrado: relacionando fenologia vegetativa e traços foliares de defesa contra a herbivoria. 2023.

SINCLAIR, A. R. E.; MDUMA, Simon A. R.; ARCESE, Peter. What determines phenology and synchrony of ungulate breeding in Serengeti?. Ecology, v. 81, n. 8, p. 2100-2111, 2000.

SKARPE, Christina. Plant functional types and climate in a southern African savanna. Journal of Vegetation Science, v. 7, n. 3, p. 397-404, 1996.

SOUZA, Bruno C. et al. Divergências funcionais e estratégias de resistência à seca entre espécies decíduas e sempre verdes tropicais. Rodriguésia, v. 66, p. 21-32, 2015.

STILES, Edmund W. Patterns of fruit presentation and seed dispersal in bird-disseminated woody plants in the eastern deciduous forest. *The American Naturalist*, v. 116, n. 5, p. 670-688, 1980.

STRASSBURG, Bernardo B. N. et al. The role of natural regeneration to ecosystem services provision and habitat availability: a case study in the Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica*, v. 48, n. 6, p. 890-899, 2016.

TABARELLI, Marcelo; PERES, Carlos A. Abiotic and vertebrate seed dispersal in the Brazilian Atlantic forest: implications for forest regeneration. *Biological Conservation*, v. 106, p. 165-176, 2002.

TALORA, Daniela C.; MORELLATO, Patricia C. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. *Brazilian Journal of Botany*, v. 23, p. 13-26, 2000.

VAN SCHAIK, Carel P.; TERBORGH, John W.; WRIGHT, S. Joseph. The phenology of tropical forests: adaptive significance and consequences for primary consumers. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 24, n. 1, p. 353-377, 1993.

WAGENIUS, Stuart; BECK, Jared; KIEFER, Gretel. Fire synchronizes flowering and boosts reproduction in a widespread but declining prairie species. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 117, n. 6, p. 3000-3005, 2020.

WASER, Nickolas M.; REAL, Leslie A. Effective mutualism between sequentially flowering plant species. *Nature*, v. 281, n. 5733, p. 670-672, 1979.

WINDSOR, D. M. et al. Phenology of fruit and leaf production by 'strangler' figs on Barro Colorado Island, Panamá. *Experientia*, v. 45, p. 647-653, 1989.

WRIGHT, S. Joseph; VAN SCHAIK, Carel P. Light and the phenology of tropical trees. *The American Naturalist*, v. 143, n. 1, p. 192-199, 1994.

XU, Han et al. Partial recovery of a tropical rain forest a half-century after clear-cut and selective logging. *Journal of Applied Ecology*, v. 52, n. 4, p. 1044-1052, 2015.

ZAR, J. H. Circular distributions: descriptive statistics. *Biostatistical analysis*, p. 519-611, 1996.

Apêndice 1. Lista contendo família, espécie, tipo de deciduidade, síndrome de polinização e síndrome de dispersão de sementes de árvores observadas em florestas semidecíduas durante o período de julho de 2022 a junho de 2023. **Fonte:** elaborado pelo autor.

Família	Espécie	Deciduidade	Polinização	Dispersão
Anacardiaceae	Lithraea molleoides (Vell.) Engl.	Sempre-verde	zoofilia	zoocoria
Anacardiaceae	Mangifera indica L	NA	zoofilia	zoocoria
Anacardiaceae	Myracrodruon urundeuva Allemão	Decídua	zoofilia	anemocoria
Anacardiaceae	Tapirira guianensis Aubl.	Sempre-verde	zoofilia	zoocoria
Annonaceae	Annona sylvatica A.St.-Hil.	Sempre-verde	zoofilia	zoocoria
Apocynaceae	Aspidosperma cylindrocarpon Müll.Arg.	Decídua	zoofilia	anemocoria
Arecaceae	Syagrus romanzoffiana (Cham.) Glassman	Sempre-verde	zoofilia	zoocoria
Asteraceae	Moquiniastrum polymorphum (Less.) G. Sancho	Sempre-verde	zoofilia	anemocoria
Bignoniaceae	Handroanthus heptaphyllus (Vell.) Mattos	Decídua	zoofilia	anemocoria
Bignoniaceae	Handroanthus ochraceus (Cham.) Mattos	Decídua	zoofilia	anemocoria
Boraginaceae	Cordia americana (L.) Gottschling & J.S.Mill.	Semi-decídua	zoofilia	anemocoria
Boraginaceae	Cordia trichotoma (Vell.) Arráb. ex Steud.	Decídua	zoofilia	anemocoria, zoocoria
Cannabaceae	Celtis cf. iguanaea (Jacq.) Sarg.	Semi-decídua	anemofilia	zoocoria
Celastraceae	Monteverdia aquifolia (Mart.) Biral	NA	zoofilia	zoocoria
Ebenaceae	Diospyros inconstans Jacq.	Sempre-verde	zoofilia	zoocoria
Euphorbiaceae	Alchornea glandulosa Poepp. & Endl.	Sempre-verde	zoofilia	autocoria, zoocoria
Euphorbiaceae	Croton floribundus Spreng.	Semi-decídua	zoofilia	autocoria
Euphorbiaceae	Croton urucurana Baill.	Decídua	zoofilia	autocoria
Euphorbiaceae	Sebastiania brasiliensis Spreng.	Semi-decídua	anemofilia, zoofilia	autocoria

Família	Espécie	Deciduidade	Polinização	Dispersão
Fabaceae	Albizia niopoides (Spruce ex Benth.) Burkart	Semi-decídua	zoofilia	autocoria
Fabaceae	Andira fraxinifolia Benth.	Sempre-verde	zoofilia	zoocoria
Fabaceae	Bauhinia longifolia (Bong.) Steud.	Semi-decídua	zoofilia	anemocoria
Fabaceae	Calliandra tweedii Benth.	NA	zoofilia	autocoria
Fabaceae	Centrolobium tomentosum Guillem. ex Benth.	Decídua	zoofilia	anemocoria
Fabaceae	Copaifera langsdorffii Desf.	Semi-decídua	zoofilia	zoocoria
Fabaceae	Dahlstedtia muehlbergiana (Hassl.) M.J.Silva & A.M.G. Azevedo	Decídua	zoofilia	anemocoria
Fabaceae	Enterolobium contortisiliquum (Vell.) Morong	Decídua	zoofilia	autocoria, zoocoria
Fabaceae	Leucochloron incuriale (Vell.) Barneby & J.W.Grimes	Sempre-verde	zoofilia	anemocoria, autocoria
Fabaceae	Lonchocarpus cultratus (Vell.) A.M.G.Azevedo & H.C.Lima	Semi-decídua	zoofilia	anemocoria, autocoria
Fabaceae	Machaerium brasiliense Vogel	Decídua	zoofilia	anemocoria
Fabaceae	Machaerium hirtum (Vell.) Stellfeld	Decídua	zoofilia	anemocoria
Fabaceae	Machaerium nyctitans (Vell.) Benth.	Semi-decídua	zoofilia	anemocoria
Fabaceae	Machaerium stipitatum Vogel	Sempre-verde	zoofilia	anemocoria, autocoria
Fabaceae	Machaerium villosum Vogel	Sempre-verde	zoofilia	anemocoria
Fabaceae	Myroxylon peruiferum L.f.	Decídua	zoofilia	anemocoria
Fabaceae	Peltophorum dubium (Spreng.) Taub.	Decídua	zoofilia	anemocoria
Fabaceae	Platymiscium floribundum Vogel	Decídua	zoofilia	anemocoria
Fabaceae	Platypodium elegans Vogel	Semi-decídua	zoofilia	anemocoria
Lamiaceae	Aegiphila integrifolia (Jacq.) Moldenke	Decídua	zoofilia	autocoria, zoocoria

Família	Espécie	Deciduidade	Polinização	Dispersão
Lauraceae	Nectandra lanceolata Nees	Sempre-verde	zoofilia	zoocoria
Lauraceae	Ocotea puberula (Rich.) Nees	Sempre-verde	zoofilia	zoocoria
Lecythidaceae	Cariniana estrellensis (Raddi) Kuntze	Semi-decídua	zoofilia	anemocoria, autocoria
Lythraceae	Lafoensia pacari A.St.-Hil.	Semi-decídua	zoofilia	autocoria
Malvaceae	Bastardiopsis densiflora (Hook. & Arn.) Hassl.	Sempre-verde, semi-Decídua	zoofilia	anemocoria, zoocoria
Malvaceae	Guazuma ulmifolia Lam.	Sempre-verde	zoofilia	zoocoria
Malvaceae	Luehea candicans Mart. & Zucc.	Semi-decídua	zoofilia	anemocoria, autocoria
Malvaceae	Luehea grandiflora Mart. & Zucc.	Semi-decídua	zoofilia	anemocoria
Malvaceae	Pseudobombax grandiflorum (Cav.) A.Robyns	Decídua	zoofilia	anemocoria, zoocoria
Melastomataceae	Miconia albicans (Sw.) Triana	NA	zoofilia	zoocoria
Meliaceae	Cabralea canjerana (Vell.) Mart.	Decídua	zoofilia	autocoria, zoocoria
Meliaceae	Cedrela fissilis Vell.	Decídua	zoofilia	anemocoria, autocoria
Meliaceae	Guarea macrophylla Vahl	Sempre-verde	zoofilia	autocoria, zoocoria
Meliaceae	Trichilia catigua A.Juss.	Sempre-verde	zoofilia	zoocoria
Meliaceae	Trichilia claussoni C.DC.	Semi-decídua	zoofilia	zoocoria
Meliaceae	Trichilia pallida Sw.	Semi-decídua	zoofilia	zoocoria
Monimiaceae	Mollinedia widgrenii A.DC.	Semi-decídua	zoofilia	autocoria, zoocoria
Moraceae	Maclura tinctoria (L.) D.Don ex Steud.	Semi-decídua	anemofilia, zoofilia	zoocoria
Myrtaceae	Eucalyptus spp.	NA	zoofilia	anemocoria
Myrtaceae	Eugenia florida DC.	Sempre-verde	zoofilia	zoocoria
Myrtaceae	Eugenia pluriflora DC.	Decídua	zoofilia	zoocoria

Família	Espécie	Deciduidade	Polinização	Dispersão
Myrtaceae	Eugenia pyriformis Cambess.	Semi-decídua	zoofilia	zoocoria
Myrtaceae	Myrcia splendens (Sw.) DC.	Semi-decídua	zoofilia	zoocoria
Myrtaceae	Myrcia tomentosa (Aubl.) DC.	Decídua	zoofilia	zoocoria
Myrtaceae	Psidium guajava L.	Semi-decídua	zoofilia	zoocoria
Nyctaginaceae	Guapira hirsuta (Choisy) Lundell	Sempre-verde	zoofilia	zoocoria
Peraceae	Pera glabrata (Schott) Poepp. ex Baill.	Sempre-verde	anemofilia, zoofilia	autocoria, zoocoria
Primulaceae	Myrsine umbellata Mart.	Sempre-verde	anemofilia, zoofilia	zoocoria
Proteaceae	Roupala montana Aubl.	Semi-decídua	zoofilia	anemocoria
Rhamnaceae	Rhamnidium elaeocarpum Reissek	Decídua	zoofilia	zoocoria
Rubiaceae	Faramea latifolia (Cham. & Schltdl.) DC.	NA	zoofilia	zoocoria
Rutaceae	Zanthoxylum monogynum A.St.-Hil.	Sempre-verde	zoofilia	zoocoria
Rutaceae	Zanthoxylum petiolare A.St.-Hil. & Tul.	Sempre-verde	zoofilia	zoocoria
Rutaceae	Zanthoxylum rhoifolium Lam.	Semi-decídua	zoofilia	autocoria, zoocoria
Rutaceae	Zanthoxylum riedelianum Engl.	Decídua	zoofilia	zoocoria
Salicaceae	Casearia decandra Jacq.	Decídua	zoofilia	zoocoria
Salicaceae	Casearia gossypiosperma Briq.	Decídua	zoofilia	anemocoria
Salicaceae	Casearia sylvestris Sw.	Sempre-verde	zoofilia	zoocoria
Sapindaceae	Allophylus edulis (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	Decídua	zoofilia	zoocoria
Sapindaceae	Cupania vernalis Cambess.	Sempre-verde	zoofilia	zoocoria
Sapotaceae	Chrysophyllum marginatum (Hook. & Arn.) Radlk.	Semi-decídua	zoofilia	zoocoria
Verbenaceae	Aloysia virgata (Ruiz & Pav.) Juss.	Decídua	zoofilia	anemocoria

Família	Espécie	Deciduidade	Polinização	Dispersão
Verbenaceae	Citharexylum myrianthum Cham.	Decídua	zoofilia	zoocoria
Vochysiaceae	Vochysia tucanorum Mart.	Sempre-verde	zoofilia	anemocoria