
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

PEDRO MATTOS

**PADRÕES DE TROCA FOLIAR E
FRUTIFICAÇÃO: RELAÇÕES E
CONSEQUÊNCIAS PARA A DISPERSÃO DE
SEMENTES**



Rio Claro

2019

PEDRO MATTOS

PADRÕES DE TROCA FOLIAR E FRUTIFICAÇÃO: RELAÇÕES E
CONSEQUÊNCIAS PARA A DISPERSÃO DE SEMENTES

Orientador: Dra. Vanessa G. Staggemeier

Co-orientador: Dra. Maria Gabriela Gutierrez Camargo

Supervisor: Dr. Mauro Galetti

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

Rio Claro
2019

M444p Mattos, Pedro
Padrões de troca foliar e frutificação: relações e consequências para dispersão de sementes para / Pedro Mattos. -- , 2019
31 p. : tabs., fotos + 1 CD-ROM

Trabalho de conclusão de curso (-) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Araraquara,
Orientadora: Profa. Dra. Vanessa Grazielle Staggemeier
Coorientadora: Dra. Maria Gabriela Gutierrez de Camargo

1. Biologia Vegetal. 2. Fenologia. 3. Dispersão de Sementes. I.
Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Araraquara. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Rubens e Roberta, a minha filha Lúcia e à companheira de jornada Carolina, pessoas indispensáveis na minha vida, por todo apoio e carinho.

Por toda a paciência, ensinamentos, amizade, compreensão, agradeço imensamente minhas orientadoras: Vanessa, Gabriela e Patrícia, pessoas incríveis através das quais aprendi coisas muito importantes que vão além deste trabalho, não cabe neste texto o quanto sou grato nem o quanto estimo cada uma delas.

O desenvolvimento deste projeto não seria possível sem o apoio financeiro da FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) que veem fomentando a coleta de dados nesta área de cerrado ao longo de mais de uma década via processos #2007/59779-6; #2010/51307-0 FAPESP-VALE FAPEMIG; #2010/52113-5 e #2013/50155-0 FAPESP-Microsoft Research Virtual Institute. Agradeço a todos que incentivam o desenvolvimento científico do nosso país.

RESUMO

A observação das fases vegetativas (produção e queda de folhas) e reprodutivas (produção de botões, flores e frutos) das plantas faz parte do campo de estudo da Fenologia, que identifica, quantifica e analisa essas fases. As épocas de reprodução e vegetativas são influenciadas por estímulos abióticos como variações de temperatura, duração do dia, precipitação e/ou estímulos bióticos via polinizadores, dispersores de sementes, herbívoros e predadores. Por exemplo, o aparecimento de folhas novas em vegetações sazonais está associado ao início das primeiras chuvas assim como a queda de folhas está associada aos períodos de estiagem. Os padrões reprodutivos podem variar de acordo com as características de história de vida das espécies, por exemplo, espécies que dependem do vento para a dispersão de seus diásporos tenderão a frutificar na estação mais seca. Embora a relação entre as fenofases e o clima tenha sido testada em muitos estudos, a relação entre fenofases vegetativas e reprodutivas tem sido pouco abordada na literatura. Alguns estudos sugerem que a interação entre as fenofases pode estar associada às síndromes de polinização das flores, ou dispersão de sementes das espécies. Assim, o objetivo deste estudo é testar duas hipóteses: (1) espécies anemocóricas frutificam durante o período de queda foliar pois a dispersão dos frutos é facilitada pela queda das folhas; e (2) espécies zoocóricas frutificam após o período de renovação das folhas da copa pois o contraste dos frutos maduros com a folhagem madura aumenta as chances de dispersão. A vegetação escolhida para esse estudo foi o cerrado *sensu stricto*, situada em uma reserva particular no município de Itirapina, São Paulo, Brasil. A série temporal estudada abrangeu 12 meses de observações mensais efetuadas no ano de 2005 pelo Laboratório de Fenologia do Departamento de Botânica da UNESP de Rio Claro. As análises aqui propostas focam no contraste da dinâmica de crescimento e reprodução de grupos de espécies classificados de acordo com o modo de dispersão de seus frutos e estratégias de mudança foliar. Através de análises de sobreposição fenológica, identificamos maior associação entre queda foliar e produção de frutos maduros para espécies anemocóricas do que zoocóricas corroborando nossa hipótese (1). Em contrapartida, observamos maior sobreposição entre as fases de produção de folhas e maturação dos frutos para espécies zoocóricas do que anemocóricas, dando suporte à hipótese (2). Assim, concluímos que existe uma relação entre as fenofases vegetativa e de frutificação dependente da estratégia de dispersão de sementes em espécies de cerrado.

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO5

2.OBJETIVOS6

3.MATERIAIS E MÉTODOS6

 Área de estudo6

 Coleta dos dados7

 Análise dos dados10

4.RESULTADOS12

5.DISSCUSSÃO18

6.CONCLUSÃO23

7.REFERÊNCIAS25

APÊNDICE.....27

1. Introdução

Fenologia vegetal é um campo de pesquisa que consiste em observar, catalogar e analisar fases recorrentes do ciclo de vida de indivíduos, espécies e comunidades (MORELLATO et al., 2016, SCHWARTZ, 2003). As fases ou fenofases das plantas podem ser vegetativas (produção e queda de folhas) e reprodutivas (produção de botões florais, flores e frutos). A época de ocorrência dessas fenofases ao longo dos anos pode ser descrita em termos de datas de início e pico de atividade, duração, amplitude e sincronia de indivíduos ou espécies (NEWSTRON et al., 2019), e estão relacionadas às variáveis ambientais que afetam a planta ou a comunidade na qual está inserida (FENNER, 1998).

Os padrões de crescimento e reprodução, além de serem associados à dinâmica do ambiente através da variação nos fatores abióticos tais como temperatura, duração do dia, precipitação, podem ser relacionados também aos fatores bióticos de disponibilidade dos vetores (polinizadores e dispersores de sementes), e também à presença de herbívoros e predadores (MORELLATTO et al., 2000). Assim, o entendimento sobre como as variações ambientais afetam os padrões fenológicos nos permite traçar prognósticos sobre consequências esperadas nos padrões das espécies em virtude das condições na localidade de sua ocorrência. Quanto maior a sazonalidade ambiental espera-se uma maior influência dos fatores abióticos na regulação dos ritmos de desenvolvimento das espécies.

Efeitos intrínsecos como a história evolutiva e as correlações entre fenofases atuando como preditores dos ritmos fenológicos foram menos estudados (exemplos em DAVIES et al., 2013; STAGGEMEIER et al., 2010; WILLIS et al., 2008). Sabe-se que os fatores evolutivos também podem estruturar a dinâmica da vegetação, alguns grupos de espécies podem exibir padrões fenológicos mais concentrados num mesmo período em decorrência de terem uma história evolutiva compartilhada (KOCHMER; HANDEL, 1986). Além disso, já foram propostas hipóteses sobre relacionamentos intrínsecos entre as fenofases e também relações sobre como a morfologia e ecologia de flores, frutos e sementes podem moldar padrões fenológicos (PRIMACK, 1987; STAGGEMEIER et al., 2010).

A maioria dos estudos aborda a fenologia vegetativa e reprodutiva independentemente, analisando relações entre cada fenofase com o clima da região, mas sabe-se que há uma correlação entre as fenofases (FENNER, 1998; PRIMACK, 1987). A interação entre elas pode estar associada às síndromes de polinização e dispersão de sementes das espécies e essa relação

funcional entre as fenofases foi pouco explorada (FUNCH et al., 2002, MORELLATO et al., 2000, 1989). A perda das folhas, a qual ocorre principalmente no início da estação seca em ambientes sazonais (CAMARGO et al., 2018), facilita a dispersão dos frutos pelo vento em espécies anemocóricas pois as folhas da própria copa deixariam de ser um obstáculo à dispersão desse diásporo (SOUZA; FUNCH, 2015). Já em espécies zoocóricas, a presença de folhas desenvolvidas (i.e. adultas) favoreceria o contraste entre os frutos maduros e o segundo plano (i.e. “background”) de folhas verdes (CAMARGO et al., 2013), aumentando a detecção dos frutos por frugívoros diurnos e consequentes chances de dispersão destas espécies.

2. Objetivos

Neste projeto analisamos os ciclos vegetativos de produção e queda de folhas (Fig. 1 A-B e Fig. 2 A-C) e o ciclo reprodutivo de frutificação (Fig. 1 G e Fig. 2 F) de espécies de um fragmento de cerrado *stricto sensu* (COUTINHO, 2006), no município de Itirapina, SP, Brasil. Foram comparados os padrões temporais contrastando a dinâmica de crescimento (fases foliares de queda e brotamento) e reprodução (frutos maduros) dentro de grupos de espécies com sistema de dispersão anemocórica e zoocórica (VAN DER PIJL, 1982). Especificamente iremos responder à seguinte questão: a fase de frutificação está associada às fases vegetativas com consequências para o sucesso de dispersão de sementes?

De acordo com nossa hipótese de que existe uma relação entre fenofases dependente da estratégia de dispersão dos diásporos esperamos encontrar maior sobreposição fenológica entre as fases de queda foliar e frutificação em espécies anemocóricas do que em espécies com dispersão zoocórica. Também esperamos que a sobreposição entre as fases de frutificação e final de brotamento (i.e., quando as folhas novas já estão mais desenvolvidas) seja maior em espécies zoocóricas do que em espécies com dispersão anemocórica.

3. Materiais e métodos

3.1. Área de estudo

O estudo foi conduzido em uma área particular localizada na Fazenda São José da Conquista, no município de Itirapina, estado de São Paulo (22°10'31,41''S, 47°52'26,13''O). Esta área, com cerca de 260 ha, ocorre em uma altitude de 610m e tem predominantemente

vegetação de cerrado *stricto sensu* (COUTINHO, 2006). De acordo com classificação de Köppen (1948), o clima da região é do tipo Cwa, com estação seca (maio a setembro) e chuvosa (outubro a abril) bem definidas. A precipitação média anual é de 1524 mm, com temperaturas médias de 20,7°C (CAMARGO, 2018).

A vegetação é uma savana com dossel descontínuo atingindo seis a sete metros de altura, ou até 12 metros de altura em manchas mais densas, e uma camada herbácea descontínua (CAMARGO et al., 2013). Das 120 espécies que ocorrem no cerrado de Itirapina, as famílias mais comuns são Myrtaceae, Fabaceae, Vochysiaceae e Bignoniaceae (REYS et al., 2013). As espécies mais abundantes são *Bauhinia rufa*, *Xylopia aromatica*, *Miconia rubiginosa*, *Virola sebifera* e *Myrcia guianensis* (REYS et al., 2013). A vegetação da área de estudo tem fenologia sazonal com marcada queda foliar ocorrendo no início da estação seca e brotamento no final da estação seca (CAMARGO et al., 2013). Cerca de 56% das espécies estudadas no cerrado tem frutos zoocóricos (Fig. 2 E-F), dispersos principalmente por aves, e sua produção é marcadamente sazonal, com maior biomassa de frutos sendo produzida na estação úmida (CAMARGO et al., 2013). O restante das espécies contidas no fragmento tem frutos anemocóricos e autocóricos (Fig. 1 A-D), dispersos pelo vento e por mecanismos próprios de algumas plantas, a frutificação restrita ao período mais seco do ano após perda de grande parte das folhas da copa (OLIVEIRA; MOREIRA, 1992).

3.2. Coleta dos dados

A coleta de dados utilizando a observação fenológica direta das plantas no município de Itirapina vem sendo realizada mensalmente desde setembro de 2004 e esse é um dos projetos de longa duração do Laboratório de Fenologia da UNESP de Rio Claro (MARIANO et al., 2016). O fragmento que contém as espécies incluídas neste estudo possui 36 parcelas, em cada parcela todos os indivíduos com mais de 3 cm de perímetro na base do caule foram plaqueados e identificados. Todos os indivíduos são observados mensalmente quando é feita a coleta dos dados fenológicos. Mais de 40 famílias, 107 espécies e aproximadamente 2100 indivíduos foram acompanhados ao longo desses 14 anos. As fenofases a serem analisadas aqui são queda foliar e brotamento para as fases vegetativas (Fig. 1 A-B e Fig. 2 A-C), e fruto maduro para a fase reprodutiva (Fig. 1 G e Fig. 2 F). As plantas existentes nas parcelas possuem hábito arbustivo e

arbóreo, sua fenologia é feita por observação direta e pela quantificação de todas as fenofases visualmente pelos alunos em campo.

A fase de queda foliar ocorre quando são observadas folhas em estado avançado de senescência na copa ou ramos que já tenham perdido as folhas, o que, no cerrado, ocorre principalmente na estação seca (MORELLATO et al., 1989; CAMARGO et al., 2018). A fenofase de brotamento inicia quando as gemas foliares começam a se desenvolver e atinge seu fim quando as folhas jovens alcançam 75% do tamanho da folha adulta (MORELLATO et al., 1989). Em média, o tempo decorrido entre o início do broto e a conversão em folha adulta é de 30 dias, conforme observações fenológicas semanais realizadas nestas espécies (Patrícia Morellato, comunicação pessoal). Assim, para testar a hipótese do contraste como facilitador da dispersão de diásporos zoocóricos, a fase de brotamento observada em campo foi deslocada um mês, de modo a excluir o início de brotamento e considerar apenas o estágio de folha adulta, que estará contrastando com os diásporos. Por exemplo, a atividade de frutificação do mês de janeiro de 2005 foi comparada com a atividade de brotamento do mês de fevereiro de 2005. A fase de fruto maduro corresponde ao período em que os frutos estão dispersando seus diásporos (MORELLATO et al., 1989). Frutos secos maduros terão o aspecto desidratado devido à perda de água, o que deixará o diásporo mais leve facilitando a dispersão, ou promoverá sua abertura e liberação das sementes (SILVA, 2009). Frutos carnosos maduros tem seu percentual de água aumentado no processo final de maturação e isso pode incluir o amolecimento das partes carnosas do fruto. Espécies zoocóricas oferecerem estruturas como polpa e arilo como recompensa aos dispersores, mudam de cor, geralmente de verde para cores mais atrativas que favorecem a detecção do fruto pelos frugívoros durante o forrageio (GOMEZ et al., 2014).

As fenofases foram quantificadas utilizando o índice de Fournier, um índice semi-quantitativo com cinco classes de intensidade definidas conforme a porcentagem das estruturas reprodutivas ou vegetativas observadas na copa da planta (FOURNIER, 1974), a saber: 0 (ausência de atividade), 1 (atividade com intensidade entre 1-24%), 2 (atividade com intensidade entre 25-49%), 3 (atividade com intensidade entre 50-74%) e 4 (atividade com intensidade entre 75-100%).



Figura 1. Fases fenológicas vegetativas (A-B) e reprodutivas (C-G) de *Eriotheca gracilipes*, uma espécie anemocórica estudada no cerrado de Itirapina, SP. Folhas em estágio inicial de desenvolvimento (A) e estágio avançado (B); frutos imaturos (C) e maduros (D). Fotos: MGG Camargo.



Figura 2. Fases fenológicas vegetativas e reprodutivas de *Erythroxylum suberosum*, espécie zoocórica estudada no cerrado de Itirapina, SP. Folhas em estágio inicial (A) e em estágio mais avançado de desenvolvimento (B); frutos imaturos e folhas desenvolvidas (C) e frutos maduros e folhas desenvolvidas (D). Fotos: MGG Camargo.

Para melhor representar a fenologia das espécies nas análises foram incluídas apenas aquelas com quatro ou mais indivíduos frutificando. Analisamos a sobreposição fenológica entre as fases de queda foliar e produção de fruto maduro a fim de investigar a associação entre essas fases e saber se existiria influência na dispersão de sementes das espécies anemocóricas. Também investigamos a sobreposição entre a fase de pico na produção de folhas e a oferta de frutos para avaliar o efeito do contraste de cores entre a copa e os frutos como facilitador da dispersão em espécies zoocóricas.

As espécies incluídas no acompanhamento fenológico já foram identificadas e classificadas conforme o vetor de dispersão de suas sementes em um estudo anterior à presente proposta (CAMARGO, 2008), sendo classificadas em anemocóricas (sementes dispersas pelo vento), zoocóricas (sementes dispersas por animais) e autocóricas (dispersas pela gravidade ou pela própria planta sem ação direta de um vetor). Duas espécies que apresentam dispersão autocórica foram analisadas conjuntamente com espécies anemocóricas, são estas *Anadenanthera peregrina* e *Bauhinia rufa*, pois é provável que no caso destas duas espécies a dispersão seria facilitada se a copa estivesse vazia devido à influência indireta do vento no sucesso de dispersão do diásporo (LEYSER, 2009).

As estratégias de troca foliar das espécies foram recentemente classificadas por Camargo et al. (2018) em decíduas, semi-decíduas e perenes baseado em dados de 7 anos de observações. Foram decíduas, as espécies para as quais os indivíduos foram observados sem folhas (100% de queda foliar) em, pelo menos, um mês do ano; semi-decíduas, as espécies para as quais os indivíduos foram observados com mais de 50% dos galhos sem folhas em, pelo menos, um mês do ano; e perenes, as espécies nas quais os indivíduos nunca apresentaram mais de 50% dos galhos sem folhas.

3.3. Análise dos dados

Para descrever o padrão fenológico de troca foliar e frutificação da comunidade utilizamos dados de porcentagem de atividade das espécies e porcentagem de intensidade das fenofases dos indivíduos. Esses padrões foram descritos por síndrome de dispersão e estratégia de troca foliar através de gráficos. Para calcular a porcentagem de atividade das espécies utilizamos o total de espécies em atividade por mês em uma dada fenofase em relação ao total de espécies observadas. A porcentagem de intensidade foi calculada através do índice de Fournier

(FOURNIER, 1974), considerando as cinco classes de intensidade e todos os indivíduos da comunidade. A partir destes gráficos analisamos o período do ano em que as fenofases vegetativas e reprodutivas são observadas, por exemplo, na estação seca ou chuvosa, de acordo com cada síndrome de dispersão e estratégia de troca foliar.

Estimamos a sobreposição fenológica entre as fases vegetativa e reprodutiva de cada indivíduo seguindo alguns critérios definidos abaixo e esse valor foi usado para calcular o valor médio de sobreposição para cada espécie. A função que programamos em R para calcular a sobreposição está disponível no apêndice.

Para calcular a sobreposição fenológica entre as fases de queda foliar e fruto maduro seguimos os seguintes passos:

1. Identificamos os meses de atividade de queda foliar e os meses de atividade de frutificação;
2. A sobreposição foi detectada para cada mês coincidente entre as duas fenofases em atividade para o indivíduo analisado, apenas se a atividade de queda foi maior do que 2 na escala Fournier (o que significa que houve perda de pelo menos 50% da cobertura da copa do indivíduo), independente do valor de intensidade de atividade de frutificação do indivíduo. Assim, se o indivíduo apresentou 4 de queda foliar e 1 de fruto maduro ou 3 de queda foliar e 3 de fruto maduro, será identificada a ocorrência de sobreposição; mas se o indivíduo apresentou 1 de queda e 3 de fruto não será identificada sobreposição.
3. Foi calculada a duração da frutificação em meses;
4. A porcentagem de meses com sobreposição das fenofases em relação à duração da frutificação foi estimada. Assim, se o indivíduo mostrou sobreposição entre as fases de queda e fruto maduro durante três meses e frutificou durante três meses, esse indivíduo terá valor 1 de sobreposição fenológica (ou seja, total sobreposição), significando que o período de dispersão dos frutos foi completamente coincidente com a atividade foliar. Se o indivíduo apresentou sobreposição durante 2 meses e dispersou seus diásporos durante 4 meses, esse indivíduo terá 0,5 de sobreposição fenológica.

Para calcular a sobreposição fenológica entre as fases de brotamento foliar e fruto maduro seguimos os seguintes passos:

1. Identificamos os meses de atividade de brotamento foliar e os meses de atividade de frutificação;

2. Para cada mês coincidente entre as duas fenofases em atividade foi identificada a sobreposição para aquele indivíduo naquele mês, independente do valor de intensidade de Fournier na atividade de brotamento ou frutificação do indivíduo. Assim, se o indivíduo apresentou 4 de broto foliar e 1 de fruto maduro ou 1 de broto foliar e 3 de fruto será identificada sobreposição.
3. Foi calculada a duração da frutificação em meses;
4. A porcentagem de meses com sobreposição das fenofases em relação à duração da frutificação foi estimada. Assim, se o indivíduo mostrou sobreposição entre as fases de broto e fruto maduro durante três meses e frutificou durante três meses, esse indivíduo terá valor 1 de sobreposição fenológica (ou seja, total sobreposição), significando que o período de dispersão dos frutos foi completamente coincidente com a atividade foliar. Se o indivíduo apresentou sobreposição durante 2 meses e dispersou seus diásporos durante 4 meses, esse indivíduo terá 0,5 de sobreposição fenológica;

Todos os valores individuais foram usados no cálculo da média de sobreposição fenológica de cada espécie, portanto cada espécie compõe uma unidade amostral nas nossas análises estatísticas. Esse valor de sobreposição fenológica de cada espécie é nossa variável resposta nas análises seguintes, e o tratamento são as síndromes de dispersão dos diásporos.

Para comparar os valores de sobreposição fenológica das espécies entre cada tratamento (anemocóricas *versus* zoocóricas) utilizamos o teste *t* de Student para os dados com distribuição normal e o teste de Kruskal-Wallis para os dados com distribuição não normal (ZAR, 2010).

Todas as análises foram desenvolvidas no software R usando os pacotes básicos do programa e as funções desenvolvidas para esse estudo. O roteiro (*script*) para os cálculos de sobreposição fenológica está disponível aos leitores (Apêndice 1).

4. Resultados

No ano de 2005, 413 indivíduos pertencentes à 29 espécies (17 famílias) apresentaram fruto maduro (Tabela 1). As famílias mais diversas produzindo frutos foram Melastomataceae (5 espécies), Myrtaceae (4 espécies), Asteraceae (3), as demais contribuíram com uma ou duas espécies. As famílias mais abundantes foram Melastomataceae (144 indivíduos), Fabaceae (52),

Myrtaceae (39). As espécies mais comuns foram: *Miconia rubiginosa* (75), *Miconia albicans* e *Anadenanthera peregrina* (40), *Schefflera vinosa* (26) e *Xylopia aromatica* (23). Zoocoria foi a síndrome de dispersão de frutos mais frequente (21 espécies, Fig. 3), seguida por anemocoria (6) e autocoria (2). Todas as espécies anemo e autocóricas são decíduas ou semi-decíduas enquanto todas as perenes são zoocóricas (Fig. 3), visto que é esse o resultado apresentado na figura 3.

Tabela 1. Lista de espécies produzindo frutos maduros no cerrado de Itirapina em 2005, número de indivíduos estudados, síndrome de dispersão, deciduidade de cada espécie e valores de sobreposição fenológica entre fases vegetativas (brotamento ou queda foliar) e a fase de fruto maduro.

Família	Espécie	Número de indivíduos	Síndrome de dispersão	Deciduidade	Brotamento foliar	Queda foliar
Annonaceae	<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	23	Zoocoria	semi-decídua	0,159	0,000
Araliaceae	<i>Schefflera vinosa</i> (Cham. & Schltdl.) Frodin & Fiaschi	26	Zoocoria	perene	0,381	0,013
Asteraceae	<i>Chromolaena laevigata</i> (Lam.) R.M.King & H.Rob.	8	Anemocoria	decídua	0,092	0,479
	<i>Gochnatia pulchra</i> Cabrera	7	Anemocoria	decídua	0,057	0,152
	<i>Moquiniastrum barrosoae</i> (Cabrera) G. Sancho	9	Anemocoria	decídua	0,148	0,028
Bignoniaceae	<i>Jacaranda caroba</i> (Vell.) DC.	4	Anemocoria	decídua	0,000	0,250
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum pelleterianum</i> A.St.-Hil.	14	Zoocoria	decídua	0,429	0,000
	<i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil.	8	Zoocoria	semi-decídua	0,208	0,000
Fabaceae	<i>Anadenanthera peregrina</i> var. <i>falcata</i> (Benth.) Altschul	40	Autocoria	semi-decídua	0,157	0,189
	<i>Bauhinia rufa</i> (Bong.) Steud.	12	Autocoria	decídua	0,014	0,306
Lauraceae	<i>Ocotea pulchella</i> (Nees & Mart.) Mez	5	Zoocoria	perene	0,000	0,000
Malpighiaceae	<i>Banisteriopsis campestris</i> (A.Juss.) Little	15	Anemocoria	decídua	0,150	0,478
Malvaceae	<i>Eriotheca gracilipes</i> (K.Schum.) A.Robyns	8	Anemocoria	semi-decídua	0,167	0,000
Melastomataceae	<i>Leandra solenifera</i> (DC.) Cogn.	5	Zoocoria	decídua	0,040	0,000
	<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	40	Zoocoria	perene	0,068	0,013
	<i>Miconia fallax</i> DC.	17	Zoocoria	semi-decídua	0,088	0,000
	<i>Miconia ligustroides</i> (DC.) Naudin	6	Zoocoria	decídua	0,232	0,042
	<i>Miconia rubiginosa</i> (Bonpl.) DC.	75	Zoocoria	semi-decídua	0,211	0,056
Myrtaceae	<i>Campomanesia pubescens</i> (Mart. ex DC.) O.Berg	4	Zoocoria	semi-decídua	0,250	0,000
	<i>Myrcia bella</i> Cambess.	12	Zoocoria	semi-decídua	0,042	0,000
	<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.	18	Zoocoria	perene	0,435	0,000
	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	5	Zoocoria	perene	0,000	0,000
Ochnaceae	<i>Ouratea spectabilis</i> (Mart.) Engl.	5	Zoocoria	perene	0,600	0,000
Primulaceae	<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	8	Zoocoria	perene	0,427	0,125
Rubiaceae	<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K.Schum.	19	Zoocoria	decídua	0,028	0,237
Sapotaceae	<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	6	Zoocoria	semi-decídua	0,333	0,167
	<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.	4	Zoocoria	semi-decídua	0,300	0,000
Siparunaceae	<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	6	Zoocoria	perene	0,667	0,000
Styracaceae	<i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart.	4	Zoocoria	decídua	0,563	0,250

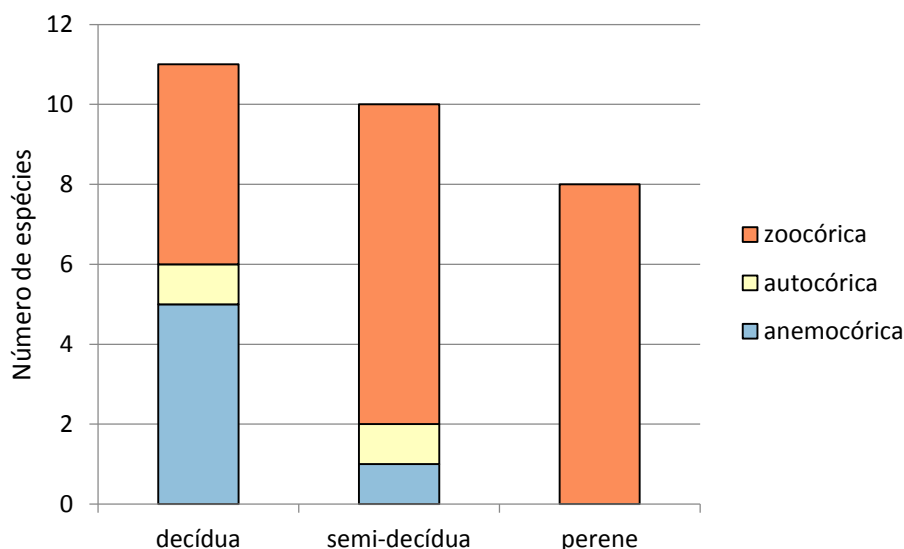


Figura 3. Número de espécies por estratégia de troca foliar e por síndrome de dispersão de sementes.

Encontramos que no cerrado de Itirapina, as espécies perdem folhas ao longo de todo o ano, com a maioria das espécies anemo e autocóricas perdendo suas folhas no período mais seco do ano, entre março e setembro (Fig. 4a). Neste período de maior exposição da copa ocorreu também o pico de frutificação das espécies anemocóricas e autocóricas (Fig. 4a). Espécies anemocóricas e autocóricas ficam sem folhas durante um período maior que as espécies zoocóricas, iniciando a queda foliar no final da estação úmida, que ocorre de outubro a abril, enquanto que a maioria das espécies zoocóricas começa a perder folhas principalmente durante a estação seca, de maio a setembro (Fig. 4b). A frutificação das espécies anemocóricas e autocóricas apresentou maior sazonalidade que as zoocóricas, com frutificação mais restrita à estação seca, quando as plantas estão perdendo suas folhas (Fig. 4a). Espécies zoocóricas, apresentam frutificação ao longo do ano todo com maior atividade nos meses de setembro a novembro (mais de 60% das espécies, Fig. 4b), e picos de menor atividade em janeiro, abril e junho. O período com maior porcentagem de espécies zoocóricas frutificando coincide com a estação úmida e com o período que a queda de folhas diminui (Fig. 4b). Ambas as síndromes de

dispersão registraram a maior porcentagem de espécies apresentando brotamento foliar no mês de setembro, sendo que as espécies zoocóricas também tiveram um pico de brotamento no mês de março (Fig. 4c e 4d). As espécies anemocóricas e autocóricas não apresentaram brotamento em maio, e reiniciaram a fenofase em junho (Fig. 4c), já as espécies zoocóricas apresentaram brotamento durante todo o ano, com 100% das espécies apresentando folhas novas em março e setembro (Fig. 4d).

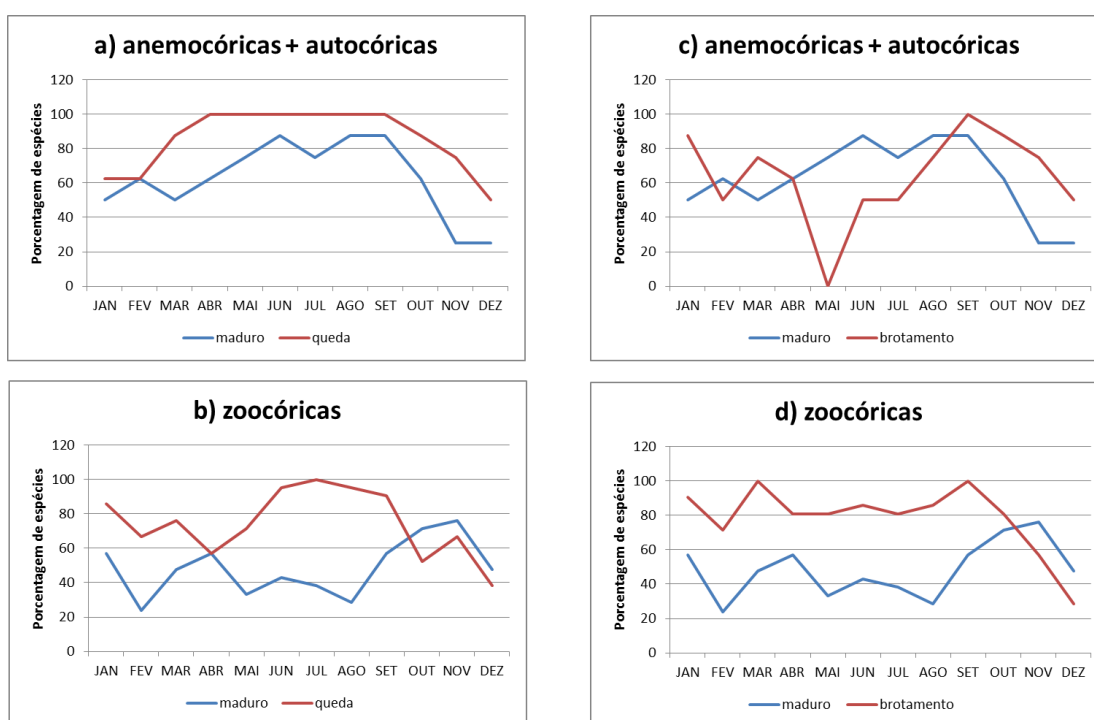


Figura 4. Índices de atividade comparando a porcentagem de espécies em frutificação e queda (a e b) e a porcentagem de espécies em frutificação e brotamento (c e d) das espécies anemocóricas e autocóricas (a e c), e para as espécies zoocóricas (b e d) no ano de 2005.

Foi detectada diferença nos valores de sobreposição fenológica entre as fases de brotamento foliar e fruto maduro conforme a síndrome de dispersão de sementes ($t=-3,18$; $gl=26,78$; $p=0,004$). As espécies zoocóricas apresentaram maiores valores de sobreposição (média±desvio-padrão: $0,260\pm0,206$; mediana: $0,232$; $N=21$; Fig. 5A) do que as espécies

anemocóricas ou autocóricas (média±desvio-padrão: $0,098 \pm 0,067$; mediana: 0,119; N=8; Fig. 5A).

Também foi detectada diferença nos valores de sobreposição fenológica entre as fases de queda foliar e fruto maduro conforme a síndrome de dispersão de sementes (Kruskal-Wallis $\chi^2=9,02$; df=1; p=0,003). O valor médio de sobreposição fenológica entre as fases de queda e fruto maduro para as espécies anemo e autocóricas (média±desvio-padrão: $0,235 \pm 0,181$; mediana: 0,219; N=8; Fig. 5B) foi em média seis vezes maior que o valor de sobreposição encontrado para as espécies zoocóricas (média±desvio-padrão: $0,043 \pm 0,080$; mediana: 0,000; N=21; Fig. 5B).

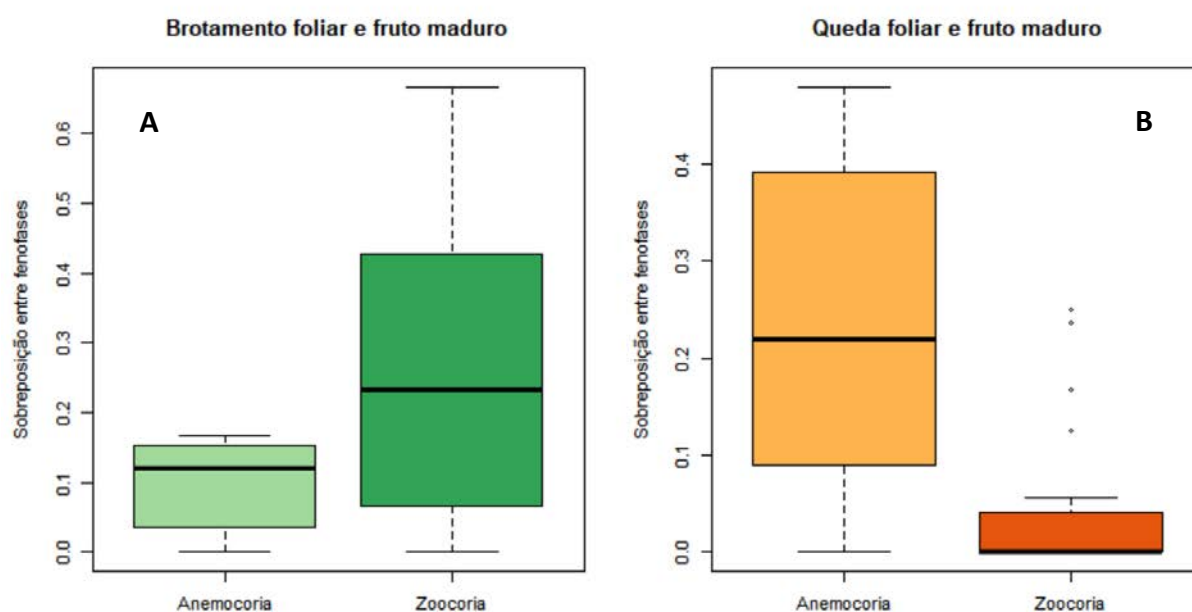


Figura 5. Distribuição dos valores de sobreposição fenológica entre as fenofases de brotamento foliar e fruto maduro (A) e queda foliar e fruto maduro (B) de acordo com a síndrome de dispersão de sementes. Linha preta representa a mediana e as caixas representam o primeiro e terceiro quartil da distribuição dos dados, os bigodes representam distância interquartílica vezes 1,5 para mais (em relação ao terceiro quartil) ou para menos (em relação ao primeiro quartil), valores fora desses limites são os outliers detectados nas amostras.

5. Discussão

Os resultados encontrados indicam que existe relação dependente da síndrome de dispersão (anemocórica ou zoocórica) entre as fenofases vegetativa e reprodutiva, sendo que essa relação pode influenciar no sucesso da dispersão das sementes pelas plantas do cerrado. A maioria das espécies decíduas e semidecíduas perderam suas folhas no período mais seco do ano entre março e setembro, porém, apenas as espécies anemocóricas apresentaram o pico de frutificação nesse mesmo período, indicando que quando seus frutos estão maduros e prontos para a dispersão, a copa está perdendo suas folhas, eliminando barreiras físicas que afetariam o sucesso na dispersão das sementes (OLIVEIRA; MOREIRA, 1992). Em espécies zoocóricas a maior atividade da fenofase de fruto maduro ocorreu durante a estação úmida juntamente com a maior porcentagem de espécies em fenofase brotamento foliar, ou com as folhas já desenvolvidas, demonstrando que quando as espécies zoocóricas frutificam a copa está com folhagem nova que contrasta com as cores do fruto e provavelmente facilitam sua detecção por animais frugívoros (CAMARGO et al., 2013).

A fenologia das plantas é uma consequência de múltiplos fatores que determinam o seu comportamento e afetam seu sucesso reprodutivo (FRANKIE et al., 1974), ao longo do seu ciclo de vida as plantas desenvolvem mecanismos de compensação para balancear os custos de investir em crescimento e em reprodução. Esses mecanismos chamados de *trade-off* são afetados pelas interações com o ambiente. Variações climáticas ao longo do ano representam um forte fator seletivo dessas estratégias e vêm sendo muito estudadas, com destaque para variações de fotoperíodo, temperaturas e oferta de água. Em ambientes onde a sazonalidade é mais marcante esses fatores abióticos têm maior influência na fenologia, já que as plantas enfrentam um ritmo de variações mais pronunciadas no clima (SILVA, 2009). Plantas de cerrado desenvolveram estratégias adaptativas para lidar com a deficiência hídrica (MANTOVANI, 1988) e a perda das

folhas no período de estiagem é uma estratégia para evitar perda d'água pela transpiração durante esse período (BULHÃO; FIGUEIREDO, 2002; MANTOVANI; MARTINS, 1988; CAMARGO et al., 2018), independente de sua síndrome de dispersão de sementes. Em nosso estudo, espécies decíduas e semi-decíduas apresentaram as três estratégias de dispersão de sementes. Enquanto que o padrão perenifólio foi registrado apenas em espécies com síndrome de dispersão zoocórica, estas plantas não são tão afetadas pela sazonalidade e seus padrões fenológicos estão mais intimamente relacionados a fatores bióticos, como presença de polinizadores ou dispersores (CAMARGO et al., 2018).

O pico de frutificação das espécies anemocóricas ocorreu entre maio e setembro, nessa época a maioria das árvores semi e decíduas já perderam suas folhas, pois a queda das folhas teve início no mês de março, portanto, quando os frutos estão maduros e prontos para serem dispersos a copa está livre de folhas. Diásporos anemocóricos possuem características morfológicas para aperfeiçoar a dispersão e potencialmente aumentar a distância que conseguem chegar a partir da planta mãe, necessitam de peso reduzido e uma área superficial desenvolvida para que possam ser carregados pelo vento e atingir locais adequados para germinar e se desenvolver (VAN DER PIJL, 1982). Entretanto, a distância a ser atingida pela semente vai depender de outras barreiras físicas como altura da planta (OLIVEIRA; MOREIRA, 1992) e a presença de folhas, a copa sem folhas permite maior circulação do vento e elimina uma barreira física na dispersão do diásporo a partir do momento em que é liberado da planta mãe (SOUZA; FUNCH, 2015). A frutificação na estação seca também é vantajosa para a dispersão de sementes anemo e autocóricas devido aos fatores abióticos, como baixa pluviosidade e maior incidência de ventos que favorecem a dispersão das sementes a distâncias maiores (REYS, 2005). Portanto, além dos fatores climáticos favorecendo a dispersão de semente de frutos secos (MORELLATO

et al., 1989, 1990), a sobreposição aqui encontrada entre a queda de folhas e a maturação dos frutos anemo e autocóricos aumentaria o sucesso de dispersão dessas sementes.

Diferentemente do que ocorre para as espécies anemocóricas e autocóricas, as espécies zoocóricas tiveram maior porcentagem de oferta de frutos durante a estação úmida, com pico no mês de novembro. Neste mesmo período as plantas já apresentaram folhas novas desenvolvidas contrastando com a cor dos frutos potencialmente aumentando a chance detecção dos mesmos por frugívoros (CAMARGO et al., 2013). Neste caso, a associação entre fenofases torna-se evidente quando analisamos a sobreposição entre a fenofase de brotamento foliar e fruto maduro, ambas as fenofases ocorrem sincronicamente entre os meses de outubro a dezembro (Fig. 4c e 4d). A relação entre frutificação e a estação chuvosa já tem sido descrita para fitofisionomias semelhantes ao cerrado (FUNCH et al., 2002) e é consenso que a chegada da estação úmida favorece o desenvolvimento dos frutos carnosos e também está relacionada à maior presença da fauna frugívora (GOTTSBERGER, 1983). Novamente, além da produção de frutos na estação úmida ser mais favorável para o amadurecimento dos frutos no cerrado (GOTTSBERGER; SILBERBAUER-GOTTSBERGER, 1983) pois nesse período os frutos acumulam água e amolecem os tecidos carnosos, demonstramos aqui que ocorre sobreposição da frutificação com a presença de folhas novas nas espécies lenhosas o que pode incrementar o sucesso de dispersão das plantas zoocóricas do cerrado visto que o contraste da cor do fruto com o *background* (i.e. folhas) aumenta a chance de detecção.

Um passo adicional no entendimento da relação entre fenofases seria incorporar outras variáveis de história de vida como, por exemplo, altura da planta, forma de vida e distância de dispersão dos propágulos, e também a intensidade dos ventos ao longo do ano. Oliveira e Moreira (1992) apontam que espécies mais expostas ao vento, como árvores ou plantas emergentes, teriam a dispersão dos diásporos anemocóricos mais bem sucedida quando

ocorrendo em períodos do ano mais seco e com maior intensidade de ventos. Além disso, estudar o *trade-off* entre fases vegetativas e reprodutivas comparando ambientes com distintos graus de sazonalidade em um passo futuro poderá fornecer ideias adicionais para a compreensão da evolução da fenologia das plantas.

6. Conclusão

Neste estudo, confirmamos que relações entre as fenofases podem ser importantes para o sucesso reprodutivo das plantas do cerrado. Embora a relação entre deciduidade e dispersão para espécies anemocóricas já esteja estabelecida na literatura (SOUZA; FUNCH, 2015), assim como diferenças na época de frutificação de espécies com diferentes síndromes de dispersão fortemente associadas à sazonalidade climática (GRIZ; MACHADO, 2001), nosso estudo demonstrou a relação entre brotamento foliar e frutificação para as espécies zoocóricas e entre queda foliar e frutificação de espécies anemo e autocóricas em nível individual. Esse padrão precisa ser mais explorado em futuras pesquisas comparando, por exemplo, a relação entre a frutificação de espécies zoocóricas e anemocóricas e grupos funcionais com diferentes estratégias foliares (decíduas, semi-decíduas e perenes). Espécies zoocóricas e anemocóricas diferem em relação aos mecanismos utilizados: nas zoocóricas, a fenofase de queda foliar é menos pronunciada e a frutificação ocorre majoritariamente no início da estação chuvosa, quando tem a copa com folhas jovens a maduras e podem investir recursos no crescimento e desenvolvimento da polpa carnosa de seus frutos para atrair animais dispersores. Espécies anemocóricas apresentam maior perda de folhas, geralmente simultânea ao período de dispersão de sementes. As estratégias de ambas as síndromes de dispersão buscam o objetivo único de aumentar as chances de gerar mais descendentes e garantir a manutenção daquela espécie no ambiente.

A associação entre a fase de frutificação e as fases vegetativas ocorre de maneira distinta de acordo com o tipo de dispersão apresentado, entretanto, em ambas as síndromes essa associação gera consequências positivas para o sucesso na dispersão das sementes. As análises de sobreposição identificaram que as fases de queda e foliar e frutificação tem maior associação para as espécies anemocóricas do que para zoocóricas, o que corrobora com nossa primeira hipótese. Em relação às fases de brotamento e produção de frutos, houve maior associação entre essas fenofases para as espécies zoocóricas do que para as anemocóricas, validando a segunda hipótese do trabalho. Portanto, a relação entre fenofases vegetativas e de frutificação está presente em espécies do cerrado e é dependente da estratégia de dispersão apresentada.

7. Referências bibliográficas

- BULHÃO, CF; FIGUEIREDO, PS. Fenologia de leguminosas arbóreas em uma área de cerrado marginal no nordeste do Maranhão. *Revista Brasileira de Botânica*, 25.3: 361-369, 2002.
- CAMARGO, MGG; CAZETTA, E; SCHAFER, HM; MORELLATO, LPC. Fruit color and contrast in seasonal habitats – a case study from a cerrado savanna. *Oikos* 122:1335-1342. doi: 10.1111/j.1600-0706.2013.00328.x, 2013.
- CAMARGO, MGG; CARVALHO, GH; ALBERTON, BDC; REYS, P; MORELLATO, LPC. Leafing patterns and leaf exchange strategies of a cerrado woody community. *Biotropica*, 50(3), 442-454, 2018.
- COUTINHO, LM. O conceito de bioma. *Acta Botanica Brasilica* 20:1-11, 2006.
- DAVIES, TJ et al.. Phylogenetic conservatism in plant phenology. *Journal of Ecology* 101:1520-1530, 2013.
- FENNER, M. The phenology of growth and reproduction in plants. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 1:78-91. doi: 10.1078/1433-8319-00053, 1998.
- FOUNIER, LA. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba*, 24: 422-423, 1974.
- FRANKIE, GW, BAKER, HG; OPLER, PA. Tropical plant phenology: applications for studies in community ecology. In *Phenology and seasonality modeling* (pp. 287-296). Springer, Berlin, Heidelberg, 1974.
- FUNCH, LS; PUNCH, R; BARROSO, GM. Phenology of gallery and montane forest in the Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. *Biotropica* 34:40-50, 2002.

GIEHL, ELH; ATHAYDE, EA; BUDKE, JC; GESING, JPA; EINSIGER, SM; CANTO-DOROW, TSD. (2007). Espectro e distribuição vertical das estratégias de dispersão de diásporos do componente arbóreo em uma floresta estacional no sul do Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 137-145, 2007.

GÓMEZ, MD; VERA-SIRERA, F; PÉREZ-AMADOR, MA. Molecular programme of senescence in dry and fleshy fruits. *Journal of experimental botany*, 65(16), 4515-4526.

GOTTSBERGER, GERHARD; SILBERBAUER-GOTTSBERGER, ILSE. "Dispersal and distribution in the cerrado vegetation of Brazil." *Sonderbd. Naturwiss. Ver. Hamburg* 7: 315-352, 1983

GRIZ, LMS; MACHADO, ICS. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in the northeast of Brazil. *Journal of tropical Ecology*, 17.2: 303-321, 2001.

KOCHMER, JP; HANDEL, SN. Constraints and competition in the evolution of flowering phenology. *Ecological Monographs* 56:303-325, 1986.

LEYSER, G; VINISKI, M; DONIDA, AL; ZANIN, EM; BUDKE, JC. Espectro de dispersão em um fragmento de transição entre Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional na região do Alto Uruguai, Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisas, série botânica*, 60, 355-366, 2009.

MANTOVANI, W; MARTINS, FR. Variações fenológicas das espécies do cerrado da Reserva Biológica de Moji Guaçu. *Revta. Brasi l. Bot*, 11, 101-112, 1988.

MARIANO, GC; MORELLATO, LPC; ALMEIDA, J; ALBERTON, B; CAMARGO, MGG; TORRES, RDS. Modeling plant phenology database: Blending near-surface remote phenology with on-the-ground observations. *Ecological engineering*, 91, 396-408, 2016.

MORELLATO, LPC; ALBERTI, LF; HUDSON, IL. Applications of circular statistics in plant phenology: a case studies approach. In: *Hudson IL, Keatley MR (eds) Phenological Research. Springer Netherlands*, pp 339-359, 2010.

MORELLATO, LPC; CAMARGO, MGG; D'EÇA-NEVES, FF; LUIZE, BG; MANTOVANI, A; HUDSON, IL. The influence of sampling method, sample size, and frequency of observations on plant phenological patterns and interpretation in tropical forest trees. In: *Hudson IL, Keatley MR (eds) Phenological Research. Springer Netherlands*, pp 99-121, 2010.

MORELLATO, LPC; TALORA, DC; TAKAHASI, A; BENCKE, CC; ROMERA, EC; ZIPPARRO, VB. Phenology of Atlantic rain forest trees: a comparative study. *Biotropica* 32:811-823. doi: 10.1111/j.1744-7429.2000.tb00620.x, 2000.

MORELLATO, LPC; RODRIGUES, RR; LEITÃO-FILHO, HD; JOLY, CA. Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta mesófila semidecídua na Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo. *Revista brasileira de Botânica*, 12(1), 85-98, 1989.

OLIVEIRA, PEAM, MOREIRA, AG. Anemocoria em espécies de cerrado e mata de galeria de Brasília, DF. *Revta Brasil. Bot*, 15.2: 163-174, 1992.

NEWSTROM, LE; FRANKIE, GW; BAKER, HG. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica*, 141-159, 1994.

PRIMACK, RB. Relationships among Flowers, Fruits, and Seeds. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18:409-430, 1987.

REYS, P; DE CAMARGO, MGG; GROMBONE-GUARATINI, MT; DE PÁDUA, TEIXEIRA ; ASSIS, MA; MORELLATO, LPC. Estrutura e composição florística de um cerrado sensu stricto e sua importância para propostas de restauração ecológica. *Hoehnea*:449-464, 2013.

REYS, P; GALETTI, M; MORELLATO, LPC; SABINO, J. Fenologia reprodutiva e disponibilidade de frutos de espécies arbóreas em mata ciliar no rio Formoso, Mato Grosso do Sul. *Biota Neotropica*, 5(2), 309-318, 2005.

SILVA, MCNA; RODAL, MJN. Padrões das síndromes de dispersão de plantas em áreas com diferentes graus de pluviosidade, PE, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 23(4), 1040-1047, 2009.

SOUZA, IM; FUNCH, LS. Fenologia e modos de polinização e dispersão de Fabaceae em floresta ciliar, Chapada Diamantina, Nordeste do Brasil. *Sitientibus série Ciências Biológicas*. doi, 10, 2015.

STAGGEMEIER, VG; DINIZ, JAF; MORELLATO, LPC. The shared influence of phylogeny and ecology on the reproductive patterns of Myrteae (Myrtaceae). *Journal of Ecology* 98:1409-1421. doi: 10.1111/j.1365-2745.2010.01717.x, 2010.

VAN DER PIJL, L. Principles of dispersal. *Springer*, 1982.

VAN SCHAIK, CP.; TERBORGH, JW.; WRIGHT, SJ. The phenology of tropical forests: adaptive significance and consequences for primary consumers. *Annual Review of ecology and Systematics*, 24.1: 353-377, 1993.

WILLIS, CG; RUHFEL, B; PRIMACK, RB; MILLER-RUSHING, AJ; DAVIS, CC. Phylogenetic patterns of species loss in Thoreau's woods are driven by climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105:17029-17033, 2008.

ZAR, JH. Biostatistical analysis. *Prentice-Hall International, Upper Saddle River, New Jersey, USA*, 2010.

APÊNDICE

Roteiro analítico redigido em R para o cálculo de sobreposição fenológica entre fenofases no nível individual. Aqui são apresentadas as funções **overlap_queda_fruto** e **overlap_broto_fruto**.

Autores: Vanessa Graziele Staggemeier & Pedro Mattos (3 Março 2019)

Ajustando o diretório de trabalho

setwd("C:/Pedro")

Carregando o arquivo de dados

feno<-read.delim("Queda_Mad_R_feb2019.txt") # lendo a planilha de dados brutos

head(feno) # visualização resumida dos dados, primeiras seis linhas e todas as colunas

summary(feno[,9])

feno_ind<-split(feno, feno[,10]) #dividindo o arquivo grande em um novo objeto, do tipo lista, para cada indivíduo

head(feno_ind)

class(feno_ind)

feno_ind[1] # informação contida no indivíduo 1, observe que a maior variação é 4, ou seja, os dados analisado aqui representam as 5 categorias de Fournier para a atividade da copa: 0, 1, 2, 3 e 4

#####

Função para calcular a sobreposição entre fenofases de queda foliar e

fruto maduro no nível do indivíduo

#####

overlap_queda_fruto<-function(feno){

mes_queda<-which(feno[,11:22]>2) #identifica a posição dos meses com atividade de queda foliar

mes_queda<-ifelse(mes_queda==0, length(mes_queda), which(feno[,11:22]>2)) # identifica a posição dos meses com queda foliar superior a dois na escala Fournier. Isso indica que mais do que 25% da copa foi perdida nestes meses.

mes_mad<-which(feno[,2,11:22]>0) #identifica a posição dos meses com fruto maduro

mes_mad

mesmo_mes<-intersect(mes_queda, mes_mad) #verifica se o(s) mes(es) com fruto maduro estão dentro do conjunto de meses com queda foliar

mesmo_mes

dif_mad_queda<-setdiff(mes_mad, mes_queda) #retorna o(s) mes(es) que maduro não sobrepõe com queda foliar

dif_mad_queda<-length(dif_mad_queda)

```
dif_mad_queda
```

```
# Condições:
```

```
## (i) se existe sobreposição de qualquer intensidade entre fruto maduro e queda foliar
```

```
## (ii) não existe fruto maduro fora do período de queda foliar, o valor de sobreposição será 1,
```

```
## (iii) se existe fruto maduro fora do período de queda, o valor de sobreposição será a proporção de meses com sobreposição
```

```
# em relação ao total de meses com fruto maduro disponível
```

```
overlap<-round(ifelse(length(mesmo_mes)==0, 0, (ifelse(mesmo_mes>0 & dif_mad_queda==0, 1,length(mesmo_mes)/length(mes_mad)))),3)
```

```
overlap
```

```
return(overlap)
```

```
}
```

```
### exemplo para um indivíduo sem sobreposição entre as fenofases
```

```
overlap_queda_fruto(feno_ind$Aegiphila_verticillata_268)
```

```
### exemplo para um indivíduo com sobreposição entre as fenofases
```

```
overlap_queda_fruto(feno_ind$Anadenanthera_peregrina_var_falcata_1002)
```

```
#####
```

```
### Aplicando a função para todas as espécies na comunidade #####
```

```
res <- lapply(feno_ind, overlap_queda_fruto)
```

```
res2<-t(res)
```

```
res2<-t(as.matrix(res2))
```

```
# escrevendo uma tabela com os resultados de cada indivíduo
```

```
write.table(res2, file = "resu_Queda_Mad.txt", append = FALSE, quote = TRUE, sep = " ",
```

```
  eol = "\n", na = "NA", dec = ".", row.names = TRUE,
```

```
  col.names = TRUE, qmethod = c("escape", "double"),
```

```
  fileEncoding = "")
```

```
#####
```

```
##### Função para calcular a sobreposição entre fenofases de brotamento foliar e #####
```

```
##### fruto maduro no nível do indivíduo #####
```

```
#####
```

```

feno<-read.delim("BrotoLag_Mad_R_feb2019.txt") # carregando a planilha de dados brutos
head(feno) # visualização resumida dos dados, primeiras seis linhas e todas as colunas
feno_ind<-split(feno, feno[,10])

overlap_broto_fruto<-function(feno){
  mes_broto.lag<-which(feno[1,11:22]>0) #identifica a posição dos meses com atividade de brotamento foliar
  mes_broto.lag<-ifelse(mes_broto.lag==0, length(mes_broto.lag), which(feno[1,11:22]>0)) # identifica a posição dos meses com brotamento foliar.
  mes_mad<-which(feno[2,11:22]>0) #identifica a posição dos meses com fruto maduro
  mes_mad

  mesmo_mes<-intersect(mes_broto.lag, mes_mad) #verifica se o(s) mes(es) com fruto maduro estão dentro do conjunto de meses com broto foliar
  mesmo_mes
  dif_mad_broto<-setdiff(mes_mad, mes_broto.lag) #retorna o(s) mes(es) que maduro não sobrepõe com broto foliar
  dif_mad_broto<-length(dif_mad_broto)
  dif_mad_broto

  # Condições:
  ## (i) se existe sobreposição de qualquer intensidade entre fruto maduro e broto foliar
  ## (ii) não existe fruto maduro fora do período de broto foliar, o valor de sobreposição será 1,
  ## (iii) se existe fruto maduro fora do período de broto, o valor de sobreposição será a proporção de meses com sobreposição
  # em relação ao total de meses com fruto maduro disponível
  overlap<-round(ifelse(length(mesmo_mes)==0, 0, (ifelse(mesmo_mes>0 & dif_mad_broto==0, 1,length(mesmo_mes)/length(mes_mad)))),3)
  overlap
  return(overlap)
}

res <- lapply(feno_ind, overlap_broto_fruto)
res2<-t(res)
res2<-t(as.matrix(res2))
# escrevendo uma tabela com os resultados de cada indivíduo
write.table(res2, file = "resu_BrotoLag_Mad.txt", append = FALSE, quote = TRUE, sep = " ",

```

```
eol = "\n", na = "NA", dec = ".", row.names = TRUE,
col.names = TRUE, qmethod = c("escape", "double"),
fileEncoding = "")
```

```
#####
```

Até aqui criamos duas matrizes com valores de sobreposição fenológica para cada indivíduo: entre brotamento e fruto maduro (resu_BrotoLag_Mad.txt) & entre queda e fruto maduro (resu_Queda_Mad.txt)

Precisamos agora sintetizar esses valores individuais em uma nova planilha por espécie, criei um arquivo no Excel com os valores de sobreposição reunidos em uma só planilha (poderia ser feito no R usando o comando cbind)

```
all_individuals<-read.table("C:/Pedro/ov_all_inds.txt", head=T, dec=".")
```

```
head(all_individuals)
```

#calcula o valor médio de sobreposição entre brotamento foliar e fruto maduro para cada espécie

```
all_spp_mean_OV_Broto.Mad<-aggregate(formula =
```

```
all_individuals$BrotoLag_Mad~all_individuals$Gen_sp, data = all_individuals, FUN = mean)
```

```
head(all_spp_mean_OV_Broto.Mad)
```

```
write.table(all_spp_mean_OV_Broto.Mad, file = "all_spp_mean_OV_Broto.Mad.txt", append = FALSE,
quote = TRUE, sep = " ", eol = "\n", na = "NA", dec = ".", row.names = TRUE,
```

```
col.names = TRUE, qmethod = c("escape", "double"), fileEncoding = "")
```

#calcula o valor médio de sobreposição entre queda foliar e frutificação para cada espécie

```
all_spp_mean_OV_Queda.Mad<-aggregate(formula =
```

```
all_individuals$Queda_Mad~all_individuals$Gen_sp, data = all_individuals, FUN = mean)
```

```
head(all_spp_mean_OV_Queda.Mad)
```

```
write.table(all_spp_mean_OV_Queda.Mad, file = "all_spp_mean_OV_Queda.Mad.txt", append = FALSE,
quote = TRUE, sep = " ", eol = "\n", na = "NA", dec = ".", row.names = TRUE,
```

```
col.names = TRUE, qmethod = c("escape", "double"), fileEncoding = "")
```

No próximo passo vamos combinar os resultados acima em uma planilha do Excel e excluir aquelas espécies que possuem menos de 4 indivíduos em fruto e aquelas que são autocóricas.

Na sequencia voltamos com essa nova planilha ao R para calcular o valor médio de sobreposição por síndrome de dispersão de diásporos (essa é nossa variável resposta).

A unidade amostral dessa comparação será a espécie ;)

abrindo o arquivo de dados com os valores de sobreposição para espécies que foram incluídas nas análises finais (> 4 inds em fruto maduro; autocóricas foram excluídas, exceto Bauhinia e Anadenanthera, ver Material e Métodos para maiores explicações)

```
Overlap<-read.table("ov_Included_Species.txt", h=T, sep = "")
summary(Overlap) # para ver parâmetros descritivos gerais
head(Overlap)
```

Teste de normalidade da distribuição dos dados

Brotamento e fruto maduro os dados apresentaram distribuição normal

```
shapiro.test(list_by_sindrom$Anemocoria$ov_BrotoLag_Mad)
```

```
shapiro.test(list_by_sindrom$Zoocoria$ov_BrotoLag_Mad)
```

Queda e fruto maduro os dados apresentaram distribuição não normal para espécies zoocóricas

```
shapiro.test(list_by_sindrom$Anemocoria$ov_Queda_Mad)
```

```
shapiro.test(list_by_sindrom$Zoocoria$ov_Queda_Mad)
```

teste de homogeneidade de variância

```
var.test(list_by_sindrom$Anemocoria[,3],list_by_sindrom$Zoocoria[,3])
```

```
var.test(list_by_sindrom$Anemocoria[,4],list_by_sindrom$Zoocoria[,4])
```

Comparação de médias para os dados que apresentaram distribuição normal

```
t.test(Overlap$ov_BrotoLag_Mad~Overlap$Síndrome, var.equal=FALSE,alternative="two.sided")
```

Teste não paramétrico de diferença de médias entre grupos para os dados sem distribuição normal

```
kruskal.test(Overlap$ov_Queda_Mad, Overlap$Síndrome)
```

kruskal.test(Overlap\$ov_BrotoLag_Mad, Overlap\$Síndrome) # se for rodar o Kruskal para os dados com distribuição normal rode essa linha sem o hashtag

Estatísticas descritivas

```
summary(Overlap$ov_BrotoLag_Mad)
```

```
sd(Overlap$ov_BrotoLag_Mad)
```

```
summary(Overlap$ov_Queda_Mad)
```

```
sd(Overlap$ov_Queda_Mad)
```

```
summary(list_by_sindrom$Anemocoria$ov_BrotoLag_Mad)
```

```
sd(list_by_sindrom$Anemocoria$ov_BrotoLag_Mad)
```

```
summary(list_by_sindrom$Zoocoria$ov_BrotoLag_Mad)
```

```
sd(list_by_sindrom$Zoocoria$ov_BrotoLag_Mad)
```

```
summary(list_by_sindrom$Anemocoria$ov_Queda_Mad)
sd(list_by_sindrom$Anemocoria$ov_Queda_Mad)
summary(list_by_sindrom$Zoocoria$ov_Queda_Mad)
sd(list_by_sindrom$Zoocoria$ov_Queda_Mad)
```

```
#####
#####  OPÇÃO GRÁFICA PARA EXIBIÇÃO DOS RESULTADOS  #####
#####
```

Boxplot com os valores da comunidade para a sobreposição entre as duas fenofases

```
par(mfrow = c(1, 1))
# Plot dos valores de sobreposição sem separar por síndrome
boxplot(Overlap$ov_BrotoLag_Mad, Overlap$ov_Queda_Mad, col=c("#1b9e77", "#d95f02"),
ylab="Sobreposição fenológica", xlab="Fenofase sobreposta com fruto maduro",
names=c("Brotamento", "Queda foliar"), main="29 espécies da comunidade")
# Figura 5 A
boxplot(Overlap$ov_BrotoLag_Mad~Overlap$Síndrome, main="Brotamento foliar e fruto maduro",
ylab="Sobreposição entre fenofases", xlab="Síndrome de dispersão do diásporo",
col=c("#a6cee3", "#1f78b4"))
# Figura 5 B
boxplot(Overlap$ov_Queda_Mad~Overlap$Síndrome, main="Queda foliar e fruto maduro",
ylab="Sobreposição entre fenofases", xlab="Síndrome de dispersão do diásporo",
col=c("#a6cee3", "#1f78b4"))
```