

Contribuições da estatística circular para a obtenção de dados fenológicos reprodutivos em populações e comunidades vegetais florestais

Contributions of circular statistics to obtain reproductive phenological data in forest plant populations and communities

Aportes de la estadística circular para la obtención de datos fenológicos reproductivos en poblaciones y comunidades vegetales forestales

Recebido: 13/12/2022 | Revisado: 29/12/2022 | Aceitado: 04/01/2023 | Publicado: 06/01/2023

Lucas Silveira e Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4022-6269>
Universidade Estadual do Ceará, Brasil
E-mail: silveira.silva@aluno.uece.br

Eliseu Marlônio Pereira de Lucena

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8190-1702>
Universidade Estadual do Ceará, Brasil
E-mail: eliseu.lucena@uece.br

Resumo

A fenologia botânica visa à observação de fenofases reprodutivas e vegetativas, e suas relações de causalidade com eventos abióticos e bióticos, e desta forma compreender, por exemplo, como ocorrem estas interações ao nível de espécie e quais variáveis ambientais preponderantes para o desencadear de cada fenofase. Nos trópicos são recorrentes estudos que utilizem estatísticas circulares para analisar as datas médias de ocorrência dos eventos, bem como, a concentração destes eventos fenológicos. O presente trabalho objetivou realizar uma revisão bibliográfica acerca das contribuições da estatística circular para a obtenção de dados fenológicos reprodutivos em populações e comunidades vegetais florestais. Para a construção da presente pesquisa, foi adotado como protocolo de seleção a inclusão de artigos de periódicos publicados entre 2012 e 2022, em inglês ou português, disponibilizados nas plataformas, Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), SciELO e Google Acadêmico, o que culminou com a incorporação de 13 artigos neste estudo. Os resultados encontrados evidenciaram a relevância da estatística circular para a detecção, ao nível de população e de comunidade, da sazonalidade dos eventos reprodutivos (em geral, botão floral, antese, frutos maduros e imaturos), data média de ocorrência de tais episódios e o seu período de concentração. Também possibilitou avaliar a interferência de fenômenos climáticos (El Niño) na época de ocorrência das fenofases. Conclui-se que, tais resultados podem ser aplicáveis para fins comerciais, compreensão de eventos climáticos e ações de recuperação de áreas degradadas.

Palavras-chave: Fenologia; Sazonalidade; Recursos naturais.

Abstract

Botanical phenology aims to observe reproductive and vegetative phenophases, and their causal relationships with abiotic and biotic events, and thus understand, for example, how these occur at the species level and which environmental variables are predominant to achieve each phenophase. In the tropics, there are recurrent studies that use circular statistics to analyze the average data on the occurrence of events, as well as the concentration of these phenological events. The present work aimed to carry out a bibliographic review about the contributions of circular statistics to obtain reproductive phenological data in populations and forest plant communities. For the construction of this research, the inclusion of articles from journals published between 2012 and 2022, in English or Portuguese, made available on the platforms, Portal de Periódicos of the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES), was adopted as a selection protocol, SciELO and Google Scholar, which culminated in the incorporation of 13 articles in this study. The results found showed the symbol of circular statistics for the detection, at the population and community level, of the seasonality of reproductive events (in general, flower bud, anthesis, mature and immature fruits), average data on the occurrence of such episodes and your period of concentration. It is also possible to evaluate the interference of climatic phenomena (El Niño) at the time of occurrence of the phenophases. It is concluded that such results can be improved for commercial purposes, understanding of weather events and actions to recover degraded areas.

Keywords: Phenology; Seasonality; Natural resources.

Resumen

La fenología botánica tiene como objetivo observar las fenofases reproductiva y vegetativa, y sus relaciones causales con los eventos abióticos y bióticos, y así entender, por ejemplo, cómo se dan estos a nivel de especie y qué variables ambientales son predominantes para lograr cada fenofase. En el trópico, existen estudios recurrentes que utilizan estadísticas circulares para analizar los datos promedio sobre la ocurrencia de eventos, así como la concentración de estos eventos fenológicos. El presente trabajo tuvo como objetivo realizar una revisión bibliográfica acerca de los aportes de la estadística circular para la obtención de datos fenológicos reproductivos en poblaciones y comunidades vegetales forestales. Para la construcción de la presente investigación, se adoptó como base la inclusión de artículos de revistas publicadas entre 2012 y 2022, en inglés o portugués, disponibles en las plataformas Portal de Periódicos de la Coordinación de Perfeccionamiento del Personal de Educación Superior (CAPES), un protocolo de selección, SciELO y Google Scholar, que culminó con la incorporación de 13 artículos en este estudio. Los resultados encontrados mostraron el símbolo de estadísticas circulares para la detección, a nivel poblacional y comunitario, de la estacionalidad de los eventos reproductivos (en general, botón floral, antesis, frutos maduros e inmaduros), datos promedio sobre la ocurrencia de dichos episodios y su período de concentración. También es posible evaluar la interferencia de fenómenos climáticos (El Niño) en el momento de ocurrencia de las fenofases. Se concluye que tales resultados pueden ser mejorados con fines comerciales, comprensión de eventos climáticos y acciones de recuperación de áreas degradadas.

Palabras clave: Fenología; Estacionalidad; Recursos naturales.

1. Introdução

Desde tempos longínquos os seres humanos registraram dados fenológicos. Pelo menos desde o século IX, há registros de floração plena de cerejeiras no Japão, quando eram realizadas festas, promovidas pelos seus governantes, em alusão a este acontecimento, sendo a época de floração um indicador de primaveras frias ou quentes. Tais registros realizados ao longo de mais de 10 séculos permitem, atualmente, inferências em relação às mudanças climáticas, devido à correlação entre temperatura e floração (Arakawa, 1957).

Atualmente, a fenologia botânica visa a observação da ocorrência de episódios biológicos repetitivos, ou seja, fenofases reprodutivas e vegetativas, e suas relações de causalidade com eventos abióticos, especialmente fatores climáticos sazonais, e bióticos ao nível de espécie ou de comunidade (Lieth, 1974). Trata-se de um conceito originalmente introduzido por Charles Morren, em 1850, ainda que esta possua como precursor, Carl Linnaeus, quando em 1700 investigou as relações causais entre floração e clima, cunhando o termo “Floral Clock” e subdividindo as plantas em três categorias distintas: de acordo com a influência exercida pelo clima, fotoperíodo ou aquelas que abriam suas flores, ciclicamente, em determinados momentos do dia (Jones & Daehler, 2018; Müller & Schmitt, 2019).

A temporalidade dos fatores reprodutivos dos vegetais é imprescindível para a conservação de populações e comunidades florestais. Tais fatores devem-se não somente a aspectos intrínsecos de cada espécie, mas são fortemente influenciados por variações climáticas, que “coordenam” aspectos dos eventos fenológicos, tais como, a periodicidade, intensidade e duração (Ferraz et al., 1999).

Nos trópicos são recorrentes estudos que utilizem estatísticas circulares para analisar fenologia reprodutiva de comunidades vegetais e de populações de espécies em relação a variações climáticas, intra e interanuais, de curto a médio prazo, geralmente por meio de histogramas. Aplicações comuns são, o cálculo de variáveis fenológicas (data média, concentração, distribuição e duração), a estimativa de sincronia ou agregação e a testagem de hipóteses (Exemplo: a verificação se padrões fenológicos diferem entre indivíduos, espécies ou comunidades ou ainda verificação da distribuição de uma fenofase) (Morellato et al., 2010).

Em florestas tropicais, foi possível detectar, por exemplo, a predominância da perda de folhas de indivíduos arbóreos na estação mais seca, assim como, maior incidência de floração nos períodos de menor precipitação ou início da estação chuvosa. A frutificação, por sua vez, costuma se manifestar na estação chuvosa. Por meio da obtenção de variáveis comuns há anos consecutivos, é possível identificar estatisticamente se estes padrões sazonais possuem variação entre os anos avaliados e

desta forma compreender, por exemplo, como ocorrem estas variações ao nível de espécie, quais as variáveis ambientais preponderantes para cada fenofase ou se há correlação entre os padrões interanuais (Rubim et al., 2010).

Portanto, as diferentes metodologias disponíveis podem ser úteis não apenas para a obtenção de dados sobre variações de padrões fenológicos e sua relação com anomalias climáticas em ambientes, a longo prazo, mas também apontar indícios precoces sobre tais alterações e demais influências (variações de temperatura, pluviometria e fenômenos anuais, como El Niño), a curto prazo (Rubim et al., 2010).

Considerando o exposto acima, o presente trabalho objetivou realizar uma revisão bibliográfica em base de dados acerca das contribuições da aplicação de métodos de estatística circular para a obtenção de informações a respeito dos padrões fenológicos. Procura-se desta forma, responder a seguinte questão: “Quais as contribuições de pesquisas que utilizam estatística circular para compreensão dos fenômenos fenológicos reprodutivos ao nível de populações e comunidades vegetais florestais?”.

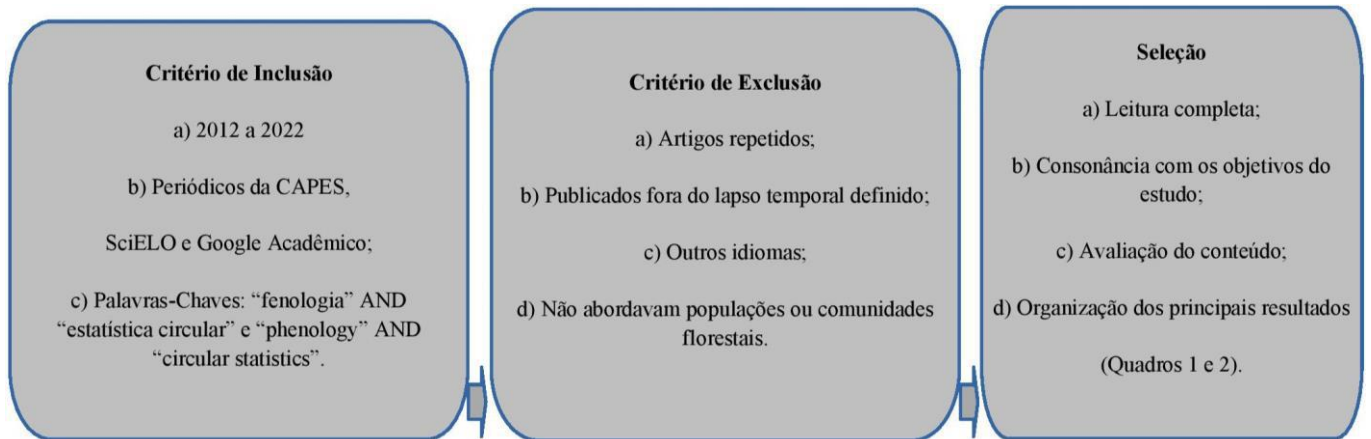
2. Metodologia

Para o desenvolvimento desta pesquisa, realizou-se uma revisão integrativa da literatura, com uma abordagem qualitativa, identificando, sintetizando e analisando estudos que aplicaram métodos de estatística circular para a compreensão de fenômenos fenológicos reprodutivos (Garuzi et al., 2014). As etapas metodológicas adotadas foram, identificação do problema, que está associado à pergunta chave desta pesquisa, a pesquisa de literatura em bancos de dados online, coleta de dados, análise crítica dos estudos incluídos (incluindo critérios de seleção e exclusão), discussão dos resultados e apresentação da revisão integrativa, em formato de quadros (Souza et al., 2010).

Foi adotado como protocolo de seleção (Figura 1, Figura 2 e Tabela 1) a inclusão de artigos de periódicos publicados entre 2012 e 2022, em inglês ou português, disponibilizados nas plataformas Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), SciELO e Google Acadêmico, por meio de consultas realizadas entre março e agosto de 2022, através de formulários avançados de busca, onde foram utilizadas as palavras-chave “fenologia” and “estatística circular” e “phenology” and “circular statistics”, respectivamente, para cada idioma desejado e selecionados aqueles trabalhos que continham tais termos no título, resumo ou palavras-chave. Foram excluídos os artigos repetidos, em idiomas diferentes dos inicialmente previstos e aqueles que publicados fora do lapso temporal estabelecido. Também não foram incluídos artigos que não abordavam populações ou comunidades vegetais florestais. Os protocolos de exclusão e inclusão da bibliografia, foram incluídos em formato de fluxogramas, apresentados nas Figuras 1 e 2, adaptados de Lima et al. (2022) e Page et al. (2021), respectivamente.

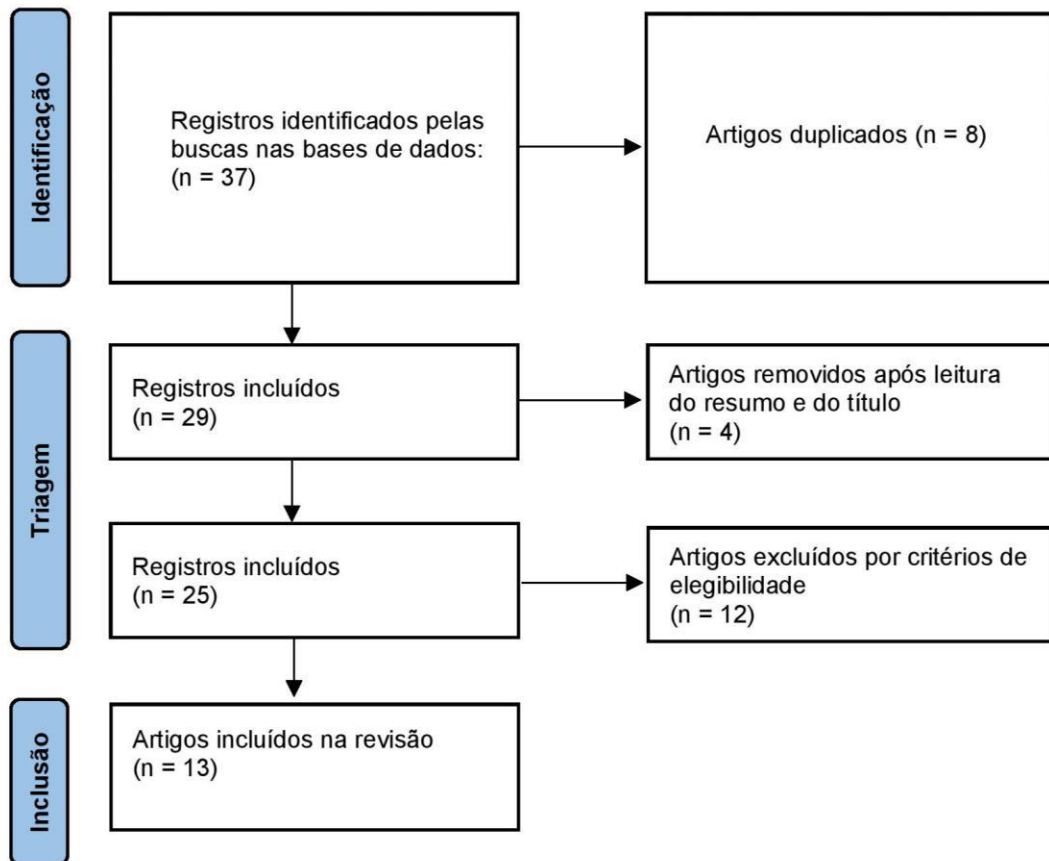
Após a seleção e análise, por meio da leitura integral dos artigos de interesse, as informações foram compiladas em dois quadros, onde foram realizadas sínteses dos estudos, contendo a data de realização destes, país de origem, populações ou comunidades avaliadas, metodologia empregada e desfechos encontrados.

Figura 1 - Fluxograma das etapas do levantamento bibliográfico.



Fonte: Adaptado de Lima et al. (2022).

Figura 2 - Fluxograma da seleção de artigos.



Fonte: Adaptado de Lima et al. (2022).

Tabela 1 - Triagem de artigos por plataforma de busca.

Base de dados	Nº total de artigos	Nº de artigos excluídos	Nº de artigos incluídos
SciELO	13	4	9
CAPES	24	20	4
Total	37	24	13

Fonte: Autores.

3. Resultados e Discussão

3.1 Estatística circular

A estatística circular parte do princípio que medidas de tempo (X) podem ser representadas por um ângulo (a), em escala circular, mais adequada para representar eventos cíclicos do que a estatística linear tradicional. Desta forma, em estudos de fenologia vegetal, as unidades de tempo podem ser convertidas em ângulos e estes associados à frequência de fenofases observadas (Morellato et al., 2010).

A partir desta premissa, algumas observações estatísticas, conforme indicado nos estudos apresentados nos quadros acima, podem ser obtidas, como o ângulo médio (μ), que indica a tendência central dos eventos, o comprimento do vetor (r), medida que não possui unidades, mas que expressa a concentração dos resultados obtidos, em uma escala de zero, quando há total dispersão dos dados ao longo do período avaliados, inexistindo um ângulo médio, a um, quando os episódios estudados estão totalmente concentrados no ângulo médio (convertível para data média, no caso de estudos fenológicos, neste último caso, apontando uma elevada sazonalidade) (Morellato et al., 2010).

Em geral, para verificar significância estatística destas medidas é aferida por meio do Teste de Rayleigh (Z), aplicável a dados unimodais (há apenas um pico de eventos no período observado) e influenciável pela amostragem dos dados, este teste possibilita verificar a probabilidade de ocorrência do evento de interesse no ângulo ou data média calculada ou ainda atestar a real sazonalidade da fenofase avaliada (Hipótese Alternativa, H_1) em detrimento de uma possível casualidade dos dados obtidos (Hipótese Nula, H_0) (Morellato et al., 2000; Zar, 2010).

Em estudos fenológicos, usualmente, associados as análises de estatística circular, as metodologias preveem a utilização do coeficiente de correlação de Spearman (r_s), para avaliar a interação entre a ocorrência das fenofases, sendo a classificação mais habitual, botões florais, antese, frutos imaturos e frutos maduros, podendo estas serem mais ou menos descritivas, de acordo com o objetivo do estudo, e os parâmetros temperatura, pluviosidade e comprimento do dia médios mensais. Esta avaliação poderá ser realizada em subgrupos das populações avaliadas, por meio de recortes ecológicos destas, como análises para cada fitofisionomia incidente, síndrome de dispersão, polinização, classes de hábito e habitat (como, interior ou borda de florestas). Também podem estar associados a estes dados a frequência de cada espécie em determinada fenofase, em cada mês, ao longo do período estudado, em geral, com inferências sobre a sincronicidade dos eventos avaliados (Ferraz et al., 1999; Fortunato & Quirino, 2016; Marchioretto et al., 2007; Tannus et al., 2006).

3.2 Relevância da aplicação de métodos estatísticos a dados fenológicos

Estudos estatísticos aplicados a dados fenológicos fornecem informações primordiais, nos âmbitos ecológicos, econômicos, climáticos, controle de espécies vegetais exóticas invasoras, bem como, no planejamento de recuperação de áreas degradadas, auxiliando na tomada de decisões de gestores de áreas protegidas, como Unidades de Conservação e demais áreas de interesse ambiental.

Na fruticultura, o conhecimento do comportamento fenológico dos vegetais, em relação às variáveis climáticas, podem auxiliar na previsão de como determinadas espécies irão se comportar em regiões em que estas ainda não foram cultivadas, uma vez que tais parâmetros influenciam na fisiologia e conseqüentemente, na fenologia do cultivar (Busato et al., 2013).

Além disto, tais informações podem auxiliar no planejamento de cruzamentos dirigidos (técnicas de melhoramento genético) e possibilitar que o empreendedor avalie os períodos em que será necessário um maior esforço em relação aos seus tratamentos culturais, como raleio, adubação, irrigação e colheita. Tais informações, ainda que incipientes, também são relevantes para a exploração econômica de espécies vegetais nativas, uma vez que, muitas destas possuem potencial para uso comercial,

seja *in natura* ou por meio de seus subprodutos alimentícios ou farmacêuticos, possibilitando-o, por exemplo, a definir uma lista de espécies a serem cultivadas, considerando os padrões anuais de colheita para cada uma destas (Danner et al., 2010).

Em virtude do prognóstico alarmante em relação às mudanças climáticas e suas consequências, esforços coletivos de redes internacionais de fenologia se utilizaram de dados fenológicos objetivando compreender os impactos das mudanças climáticas sob as estruturas de comunidades vegetais e nas funções dos ecossistemas. Tais alterações climáticas podem alterar a época de ocorrência de algumas fenofases, acarretando prejuízos ao desenvolvimento e propagação de espécies, considerando a relação intimamente correlacionada destas com os fenômenos climáticos, como a alteração de processos metabólicos e produção de sementes em períodos inadequados. Desta forma, conhecer os fatores-chaves de interação entre estes é essencial para modelarmos cenários futuros de como os ecossistemas se comportarão em diversos cenários de mudanças climáticas (Piao et al., 2019).

Ainda em busca de compreender os impactos ecológicos das mudanças climáticas, diversos estudos se utilizaram de dados de herbário. Primack et al. (2004), através da consulta de 372 exsicatas depositadas entre 1885 e 2002 no Arnold Arboretum da Universidade de Harvard, constatou, por meio de regressão linear múltipla, que houve uma resposta significativa da floração das espécies avaliadas em relação às alterações de temperatura na primavera, durante o período avaliado, uma vez que estas estão adiantando esta fenofase devido às primaveras mais quentes. Este estudo pioneiro demonstrou que outras coleções de herbários poderiam ser utilizadas para a compreensão dos efeitos das mudanças climáticas nos eventos fenológicos.

Espécies exóticas invasoras são a segunda maior causa de perda de biodiversidade do planeta. Estas invadem biologicamente ecossistemas, competindo com espécies nativas por espaço e recursos, ocasionando impactos ambientais, sociais e econômicos. O conhecimento de padrões fenológicos pode auxiliar na compreensão de processos de hibridização destas com espécies nativas (o que acarretaria a perda de biodiversidade), bem como entender a competição destas por polinizadores, dispersores e recursos ambientais (Morellato et al., 2016). Tais informações podem ser essenciais para a priorização de recursos em ações de controle e erradicação de espécies vegetais exóticas invasoras-chaves.

O fogo pode ser um agente natural no desencadeamento de processos fenológicos. Não obstante, quando este se apresenta como fator de degradação ambiental o conhecimento da resposta fenológica de espécies nativas em relação aos incêndios florestais pode ser de extrema relevância, possibilitando aos propositores de ações de recuperação selecionarem as principais estratégias de recuperação, em consonância com a dinâmica da comunidade atingida ou ainda optar pela utilização de espécies que apresentaram maior resistência, ou seja, mantiveram seus padrões fenológicos após os incidentes de queimadas (Morellato et al., 2016).

Ainda no que concerne a utilização de dados fenológicos em ações de recuperação de áreas degradadas, os diversos estudos que se utilizam da estatística circular para a obtenção de datas médias de eventos de frutificação, incluindo os que compuseram a presente revisão, podem subsidiar a elaboração de calendários de coleta de sementes de espécies nativas, auxiliando gestores de viveiros na identificação do momento mais adequado para a realização de campanhas de colheita de frutos, em relação à abundância e fitossanidade destes, propiciando a otimização e redução de custos logísticos nesta etapa preliminar de ações de florestamento e reflorestamento.

3.3 Estudos ao nível de população

No Quadro 1, referente aos estudos realizados ao nível de população, foram sintetizados os nove estudos selecionados. Foram destacados os itens, população, fitofisionomia, localidade, período, fenofases observadas, análises estatísticas, principais resultados e por fim, os autores da pesquisa. A apresentação dos dados evidencia que é possível efetuar a aplicação dos métodos de estatística circular para a verificação da sazonalidade dos eventos reprodutivos, classificados de acordo com

cada metodologia adotada e a concentração de ocorrência dos mesmos. Um estudo em particular, ressalta a interferência do El Niño nos ciclos reprodutivos dos vegetais.

Quadro 1 - Aplicações de estatística circular ao nível de populações florestais.

População	Fitofisionomia	Localidade	Período	Fenofases observadas	Análises estatísticas	Principais resultados	Autores
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	Cerrado.	Rio Verde, Goiás, Brasil.	Jul/16-jul/18.	Botões florais, antese, frutos imaturos e maduros.	Ângulo médio, comprimento do vetor r e teste de Rayleigh.	Botões florais: concentração em nov., com sazonalidade. Antese: concentração em dez., com alta sazonalidade. Frutos imaturos: concentração em abr., com sazonalidade moderada. Frutos maduros: concentração em jun., com sazonalidade moderada.	Almeida et al. (2021).
<i>Ocotea pulchella</i> (Nees) Mez, <i>Myrcia brasiliensis</i> Kiaersk e <i>Psidium cattleyanum</i> Sabine.	Campo, Áreas úmidas e floresta secundária (Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas).	Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul, Brasil.	Jul/08-jun/10.	Botões florais, antese, frutos imaturos e frutos maduros.	Ângulo médio, comprimento do vetor r (concentração) e teste de Rayleigh (sazonalidade).	<i>O. pulchella</i> -Botões florais: alta concentração de indivíduos, de fev.-mar. Antese: alta concentração de indivíduos em mar. Frutos imaturos: baixa concentração de indivíduos em ago. Frutos maduros: alta concentração de indivíduos de out.-nov. <i>M. brasiliensis</i> -Botões florais: alta concentração de indivíduos em nov. Antese: alta concentração de indivíduos de nov.-dez. Frutos imaturos: alta concentração de indivíduos de dez.-abr. Frutos maduros: alta concentração de indivíduos de fev.-mai. <i>P. cattleyanum</i> -Botões florais: alta concentração de indivíduos em out. Antese: alta concentração de indivíduos em nov. Frutos imaturos: alta concentração de indivíduos em dez. Frutos maduros: alta concentração de indivíduos em fev.	Bauer et al. (2014).
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Floresta Estacional Decidual.	Vitória da Conquista, Bahia, Brasil.	Set/10-dez/14.	Floração e frutificação.	Ângulo médio, comprimento do vetor r (concentração) e teste de Rayleigh (sazonalidade).	Floração: altamente estacional, com data média em out/10 e set/12 e 14. Frutificação: altamente estacional, com data média em nov/10 e 12, e jan/13.	Brito Neto et al. (2018).
<i>Emmotum nitens</i> (Benth.) Miers.	Cerradão.	Rio Verde, Goiás, Brasil.	Ago/13-jul/15.	Botão, antese, fruto imaturo e maduro.	Ângulo médio, comprimento do vetor r e teste de Rayleigh.	Botões florais: data média em nov., não apresentando sazonalidade. Antese: data média em fev., não apresentando sazonalidade. Frutos imaturos: data média em jan., não apresentando sazonalidade. Frutos maduros: data média em mar., apresentando sazonalidade.	Silva (2018).
<i>Croton heliotropiifolius</i> Kunth.	Caatinga, transição Cerrado/Caatinga e Cerrado.	Chapada Diamantina, Bahia, Brasil.	Jul/17-jun/18.	Gemas masculinas, gemas femininas, flores masculinas, flores femininas, frutos imaturos e frutos maduros.	Ângulo médio, comprimento do vetor r e teste de Rayleigh.	Floração: baixa concentração na data média (nov.), com marcada sazonalidade na transição Savana/Caatinga e Caatinga. Frutificação: baixa concentração na data média (dez.-mar.), com marcada sazonalidade na Savana.	Costa et al. (2021).

<i>Oreopanax fulvum</i> Marchal.	Floresta com Araucária.	Curitiba e Fernandes Pinheiro Paraná, Brasil.	Jan/14-dez/15.	Produção de botões, floração, frutos imaturos e maduros.	Ângulo médio, comprimento do vetor r e teste de Rayleigh.	Todas as fenofases: padrão sazonal em ambas as áreas estudadas. Botões florais: sazonalidade parcial em ambas as áreas, com datas médias ocorrendo em mar. (Fernandes Pinheiro) e fev. (Curitiba). Floração: alta sazonalidade em ambas as áreas, com datas médias ocorrendo em abr. Frutos imaturos: sazonalidade significativa em ambas as áreas, com datas médias ocorrendo em jun. e jul. Frutos maduros: alta sazonalidade em ambas as áreas, com datas médias ocorrendo em out. e jul.	Pinto et al. (2021).
<i>Guarea macrophylla</i> Vahl.	Mata Ciliar.	Campo Bom, Rio Grande do Sul, Brasil.	Jun/13-nov/14.	Botões florais, antese, frutos verdes, frutos maturando e frutos maduros.	Ângulo médio, comprimento do vetor r e teste de Rayleigh.	Botões florais: alta sazonalidade, com data média ocorrendo em out. Antese: alta sazonalidade, com data média ocorrendo em dez. Frutos verdes: baixa sazonalidade, com data média ocorrendo em mai. e jul. Frutos maduros: alta sazonalidade, com data média ocorrendo em out.	Müller & Schmitt (2018).
<i>Avicennia germinans</i> (L.) L. e <i>Laguncularia racemosa</i> L.	Manguezal.	Litoral Norte, Paraíba, Brasil.	Jul/16-jun/17.	Botões florais, antese e frutos (imaturos e maduros).	Ângulo médio, comprimento do vetor r e teste de Rayleigh.	<i>Avicennia germinans</i> -Botões florais: apresentou sazonalidade com data média em nov. Antese: apresentou sazonalidade com data média em nov. Frutificação: Apresentou sazonalidade com data média em mar. <i>Laguncularia racemosa</i> -Fenofases reprodutivas não apresentaram sazonalidade. Floração e frutificação apresentaram distribuição não uniforme ao longo do ano.	Lage-Pinto et al. (2021).
<i>Eschweilera tetrapetala</i> S.A.Mori.	Floresta Estacional Submontana.	Lençóis, Bahia, Brasil.	Jan/11-set/16.	Botões florais, flores abertas e frutos imaturos e maduros.	Ângulo médio, comprimento do vetor r e teste de Rayleigh.	Todas as fenofases apresentaram sazonalidade, com baixas intensidades. El Niño deslocou o período de ocorrência da floração desta espécie, da estação chuvosa (dez.-jan.) para o período de transição entre a estação seca e chuvosa (abr.-jul.) e também influenciou nas datas médias de brotação floral e frutificação (tanto para frutos maduros como imaturos).	Menezes, Couto-Santos e Funch (2018).

Fonte: Autores.

Almeida et al. (2021), ao avaliar padrões fenológicos de *Qualea grandiflora* em uma área de Cerradão localizada em Rio Verde, Goiás, Brasil, verificou que as fenofases, botão floral e antese, foram influenciadas negativamente pela temperatura e positivamente pela pluviometria (para que desta forma, seus frutos amadureçam no período seco, quando há o dessecamento do pericarpo e há condições ideais para a dispersão de suas sementes). Esta correlação denota o comportamento sazonal destas fenofases. Além disto, os dados obtidos através da estatística circular permitirão aos coletores de semente definirem o momento mais adequado para expedições de coleta (maior quantidade e homogeneidade).

Em estudos realizados no Cerrado, na mesma localidade supracitada, para a espécie *Emmotum nitens*, Silva (2018) detectou baixa sazonalidade nos eventos reprodutivos, bem como, correlação entre a elevação da temperatura e as fenofases botão floral, e antese. A frutificação foi contínua, com maturação ocorrendo na estação seca, garantindo a maturidade fisiológica das sementes, pelo reduzido teor de água e fornecendo alimentos à fauna no período crítico, consequentemente ampliando suas possibilidades de interação com os animais dispersores.

Em pesquisa realizada em área de Caatinga e de transição Cerrado/Caatinga, Costa et al. (2021) encontraram sazonalidade nas fenofases de *Croton heliotropiifolius*, com a produção de flores durante a estação chuvosa. Foram detectadas

pequenas variações na data de início, pico e intensidade das fenofases nas populações avaliadas, o que foi interpretado pelos autores como “pequenas adaptações e ajustes as condições do habitat”.

Brito Neto et al. (2018) não detectaram níveis fortes de correlação entre variáveis climáticas e a fenologia de *Astronium graveolens* em avaliações realizadas em Vitória da Conquista-BA. A umidade relativa, em especial, demonstrou pouca influência sobre as fenofases.

Em regiões de clima temperado, podemos destacar o estudo realizado por Bauer et al. (2014), que detectou um padrão sazonal nas fenofases de *Ocotea pulchella*, *Myrcia brasiliensis* e *Psidium cattleianum*, em formação secundária de Floresta Semidecídua no município de Novo Hamburgo-RS, estando a época de floração destas influenciadas pelo comprimento do dia (fator predominante para a regulação das fenofases em áreas distantes da região equatorial), temperatura e pela ação de agentes polinizadores. Neste estudo, a precipitação não foi um fator preponderante.

Pinto et al. (2021), ao observar os eventos reprodutivos de *Oreopanax fulvum*, em dois remanescentes de Floresta com Araucária no Paraná, observou que, apesar destas possuírem características ambientais semelhantes, os padrões de floração foram distintos para as populações observadas, possivelmente por variações microambientais, disponibilidade hídrica e interações entre polinizadores e dispersores de sementes. Tais achados corroboram com as conclusões de Costa et al. (2021) sobre a hipótese de influência do habitat para explicar as diferenças de padrões reprodutivos entre populações. Através de métodos de estatística circular, foi possível detectar a sazonalidade dos eventos.

Conforme Pinto et al. (2021), a temperatura e o fotoperíodo foram os gatilhos para desencadear as fenofases reprodutivas, o que é corroborado por Bauer et al. (2014). Os dados fornecidos por esta pesquisa também poderão auxiliar na elaboração de calendários de coleta de sementes, auxiliando na conservação desta espécie, especialmente porque foram detectados períodos de escassez dos frutos, devido a interações com a fauna (Pinto et al., 2021).

Resultados semelhantes foram encontrados por Müller e Schmitt (2018) para a espécie *Guarea macrophylla* em área de Mata Ciliar no município de Campo Bom-RS. As flores dos indivíduos avaliados floresceram mais cedo, após um período de inverno ameno. A exemplo dos demais estudos realizados na região sul do Brasil, os eventos reprodutivos também apresentaram sazonalidade, com o surgimento de botões florais na primavera, antese no verão, frutos verdes no outono e maduros no inverno, esta última, conforme levantado pelos autores, apresenta variações latitudinais de períodos de ocorrência.

Estudos fenológicos também foram desenvolvidos em áreas de Manguezais, contribuindo com dados para subsidiar iniciativas de restauração destes ambientes, que envolvam a coleta de propágulos. Lage-Pinto et al. (2021), ao avaliarem os padrões fenológicos das espécies *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa*, no litoral Norte do estado da Paraíba, verificaram uma sincronia intraespecífica na ocorrência das fenofases de ambas as espécies, que é um fator relevante para a atração de polinizadores e a intensificação da polinização cruzada. *A. germinans* apresentou um padrão anual e sazonal de eventos reprodutivos, enquanto *L. racemosa*, padrões anuais e subanuais, não apresentando sazonalidade. Tais episódios foram desencadeados pela radiação solar, temperatura e um período de dois meses de defasagem hídrica. Este último fator, influenciou a regulação hormonal dos vegetais, proporcionando a floração destes, segundo os autores.

As peculiaridades do referido estudo em relação às demais pesquisas foi a conclusão que a floração da população avaliada de *L. racemosa* não foi influenciada pela temperatura, com esta ocorrendo durante o período de chuvas. Esta fenofase para *A. germinans* está correlacionada com a deficiência hídrica do meio, intensificando-se na estação seca, coincidindo com o período em que há redução da salinidade intersticial. A intensificação da frutificação de *A. germinans* ocorreu na transição entre as estações seca e chuvosa, já para *L. racemosa*, durante a estação chuvosa, quando há favorecimento da dispersão de seus frutos, em razão de sua hidrocoria (Lage-Pinto et al., 2021).

A obtenção e interpretação de dados fenológicos também podem demonstrar influências de eventos atmosférico-oceânicos na floração e frutificação dos vegetais. Menezes, et al., (2018) ao investigarem os padrões fenológicos de

Eschweilera tetrapetala, na borda e no interior de uma Floresta Estacional SubMontana em Lençóis-BA, constataram que alterações interanuais ocasionadas pelo fenômeno El Niño influenciaram nos eventos reprodutivos desta espécie (retardando sua floração). Verificaram ainda a correlação da produção de flores com o aumento da radiação solar, temperatura e fotoperíodo, em consonância com a maioria dos estudos com plantas tropicais.

As ocorrências das fenofases apresentaram sazonalidade e os contextos de borda-interior da floresta, também influenciaram no desencadeamento destes e na visitação de polinizadores. O estudo destacou ainda a importância do monitoramento dos aspectos reprodutivos da flora para a compreensão de como as variações climáticas influenciam estes. Este conhecimento é relevante ecologicamente, considerando que alterações nos padrões de floração e frutificação podem afetar as interações entre plantas e animais, reduzindo o potencial reprodutivo e a oferta de recursos, respectivamente (Menezes et al., 2018).

3.4 Estudos ao nível de comunidades florestais

No Quadro 2, referente aos estudos realizados à nível de comunidade (fitofisionomia), foram sintetizados os quatro estudos selecionados. Foram destacados os itens, população, fitofisionomia, localidade, período, fenofases observadas, análises estatísticas, principais resultados e por fim, os autores da pesquisa. Este elemento nos permite verificar a aplicabilidade dos métodos de estatística circular para grupos de populações de uma determinada fitofisionomia, para a verificação da sazonalidade e os picos de ocorrência das fenofases reprodutivas.

Quadro 2 - Aplicações de estatística circular ao nível de comunidades florestais.

Fitofisionomia	Localidade	Período	Fenofases observadas	Análises Estatísticas	Principais Resultados	Autores
Floresta Estacional Semidecídua.	Machado, Minas Gerais, Brasil.	Set/13-ago/15.	Botões florais, flores em antese, frutos imaturos e maduros.	Ângulo médio, comprimento do vetor r e teste de Rayleigh.	Baixa sazonalidade nas fenofases avaliadas.	Lima et al. (2019).
Floresta Tropical (Epífitas).	Monteverde, Costa Rica.	Out/00-set/01.	Frutificação e floração.	Ângulo médio, comprimento do vetor r e teste de Rayleigh.	Alta variabilidade para floração. Duas das sete espécies avaliadas apresentaram pico de floração durante a estação chuvosa, duas tiveram pico de floração na estação seca, uma espécie apresentou pico de floração durante a estação de transição e uma não apresentou pico significativo no tempo de floração. Três das sete espécies rastreadas apresentaram a produção de frutos durante cada estação, com picos, em sua maioria, durante a estação chuvosa. Uma espécie apresentou pico de frutificação durante a estação seca. Espécies polinizadas por insetos tiveram pico de floração durante a estação seca e espécies polinizadas por pássaros tiveram pico de floração no final da estação chuvosa.	Sheldon & Nadkarni (2015).
Floresta Tropical Seca.	Veracruz, México.	Nov/07-set/10.	Floração e frutificação.	Ângulo médio, comprimento do vetor r e teste de Rayleigh.	A floração da comunidade avaliada não foi cíclica, destoando entre os distintos grupos ecológicos. Espécies de sucessão tardia e zoocóricas apresentaram um pico de floração durante a estação chuvosa. Espécies pioneiras, anemocóricas e autocóricas apresentaram um pico de floração durante a estação seca. A frutificação apresentou um padrão cíclico. As espécies não pioneiras e as zoocóricas frutificaram durante a estação seca. Espécies não pioneiras e autocóricas apresentaram pico de frutificação no meio da estação seca e as anemocóricas no final desta.	Williams-Linera & Alvarez-Aquino (2016).
Cerrado.	Mogi Guaçu, São Paulo, Brasil.	Set/09-mai/13.	Floração e frutificação.	Ângulo médio, comprimento do vetor r e teste de Rayleigh.	A floração correu por curtos períodos (entre um e dois meses) para 18 espécies avaliadas e longos períodos (quatro ou mais meses) para as demais três espécies. A frutificação ocorreu por curtos períodos para quatro espécies e longos períodos para 14 espécies. As demais não frutificaram. Espécies zoocóricas apresentaram picos de frutificação em períodos quentes e úmidos. Espécies anemocóricas tenderam a frutificar ao longo do ano. Nos dois primeiros períodos do estudo, a floração apresentou baixa concentração (r), ao contrário do terceiro e quarto período. O ângulo médio calculado indicou uma data média para a fenofase "floração" ocorrendo em out. ou nov. (início do período quente e chuvoso). De set/09 a ago/10, a frutificação apresentou um baixo valor de r (ou seja, distribuída ao longo do ano). Este padrão não ocorre no recorte anemocóricas, que apresentou uma concentração de ocorrência desta fenofase entre jan. e fev. Nos dois períodos seguintes (set/10 a ago/12), a concentração baixa para a fenofase frutificação permanece com uma concentração ligeiramente maior para as espécies zoocóricas. No último período de observação a frutificação se intensificou em dez.	Fidalgo (2019).

Fonte: Autores.

As avaliações de sazonalidade de eventos reprodutivos, e suas interações com fatores bióticos (polinizadores/dispersores) e abióticos, também podem ser aplicados ao nível de comunidades vegetais. Lima et al. (2019), através de análise estatística circular (vetor r , indicador de concentração dos dados), constataram que a comunidade vegetal de um fragmento de Floresta Estacional Semidecídua, localizada em Machado-MG, interage com fatores ambientais (temperatura e precipitação), no entanto, com baixa sazonalidade ao longo do período avaliado, o que levou aos autores a inferirem que aspectos endógenos e as interações bióticas com herbívoros, competidores, polinizadores e dispersores foram os fatores preponderantes para a eclosão da floração e frutificação. As informações obtidas por meio desta pesquisa também podem subsidiar o planejamento de coletas de sementes, para ações de recuperação de áreas degradadas.

Williams-Linera e Alvarez-Aquino (2016), investigaram se os indivíduos arbóreos, de uma Floresta Tropical Seca, em Veracruz, México, variavam seus padrões fenológicos de acordo com seu grupo sucessional e síndrome de dispersão de sementes. Constataram que a floração não foi significativamente cíclica, uma vez que espécies tardias e zoocóricas apresentavam pico na estação chuvosa e para as espécies precoces, anemocóricas e autocóricas, este ocorria na estação seca. A frutificação ocorreu por longos períodos, mas com picos na estação seca. No início da estação seca se destacaram as espécies tardias e zoocóricas, no meio, aquelas espécies pioneiras e autocóricas e no final desta estação, espécies anemocóricas.

Destacam ainda que a floração não apresentou sazonalidade, pois as espécies que compunham a comunidade apresentaram picos em épocas distintas. As espécies sucessionais não pioneiras e zoocóricas apresentaram pico de floração na estação chuvosa, período de maior ocorrência de polinizadores destas e as espécies pioneiras, anemocóricas e autocóricas, durante a estação seca, coincidindo com períodos de menor preponderância de herbivoria e com maior irradiação solar. A frutificação em geral ocorreu na estação seca e inversamente proporcional à precipitação. Espécies de sucessões não pioneiras e zoocóricas obtiveram seu pico de frutificação na estação seca e aquelas espécies pioneiras, anemocóricas e autocóricas, obtiveram seu pico no final da estação seca. Portanto, a fenologia das espécies divergiu de acordo com cada grupo ecológico (Williams-Linera & Alvarez-Aquino, 2016).

A estatística circular e avaliações de correlações podem igualmente, serem aplicadas em recortes de comunidades, a exemplo de pesquisa desenvolvida por Sheldon e Nadkarni (2015) com os padrões fenológicos de epífitas em Floresta Tropical localizada em Monte Verde, Costa Rica. Os pesquisadores identificaram que as espécies floresceram e frutificaram continuamente ao longo dos anos observados, com a maioria das espécies apresentando uma significativa sazonalidade em suas fenofases, no entanto, com assincronia entre estas, o que segundo os autores, também se repetiu em estudos com comunidades arbóreas.

A floração apresentou maior atividade durante a estação seca, maximizando a interação dos vegetais com polinizadores, tal qual ocorre com comunidades arbóreas. Quanto à frutificação, esta foi maior durante a estação seca, início da estação chuvosa ou final da estação chuvosa, diferentemente do que ocorre com as árvores na localidade. Este estudo também salientou a importância da interação dos eventos reprodutivos pela presença de polinizadores e dispersores de sementes (por exemplo, comunidades polinizadas por pássaros, apresentaram pico de floração no final da estação chuvosa, período reprodutivo das aves) e o risco de alterações climáticas acarretarem incompatibilidades entre os períodos de oferta de recursos aos polinizadores/dispersores (Sheldon & Nadkarni, 2015).

Fidalgo (2019) também se utilizou dos recortes de síndrome de dispersão para avaliar a fenologia do estrato arbustivo e arbóreo em área de Cerrado, localizado em uma reserva biológica, no município de Mogi Guaçu-SP. A pesquisa detectou que, tanto o estrato arbustivo, quanto o arbóreo apresentou baixa sazonalidade em sua fenologia reprodutiva, especialmente na frutificação, com maior concentração dos eventos nos meses quentes e úmidos, com a maioria das espécies apresentando padrão anual de frutificação e floração, esta última, variando sua intensidade anualmente. Este autor verificou ainda que a umidade dos solos pode não ser um fator limitante para os eventos reprodutivos de espécies do Cerrado, uma vez que

ocorreram episódios de floração e frutificação em períodos secos, a primeira ocorrendo ao longo de todo o ano, com picos entre outubro e novembro e a segunda, com picos nos meses mais quentes e úmidos. Ao verificar a fenologia ao nível de síndrome de dispersão, a pesquisa identificou que espécies anemocóricas apresentaram pico de frutificação nos períodos mais secos ou no final da estação chuvosa, por disporem de condições ambientais mais adequadas a sua dispersão. As espécies zoocóricas frutificaram nos períodos chuvosos, quando há otimização dos processos de dispersão e germinação das sementes (Fidalgo, 2019).

4. Considerações Finais

Ao longo do desenvolvimento desta revisão, ficou evidenciado que os estudos de estatística circular aplicados à populações e comunidades florestais, ainda que desenvolvidos em diversas regiões brasileiras, ainda são escassos frente a diversidade de fitofisionomias e complexidade biológica, especialmente nos trópicos.

A presente revisão avaliou quais as contribuições de pesquisas que utilizam estatística circular para a compreensão dos fenômenos fenológicos reprodutivos. Compreendemos que ao responder esta pergunta, evidenciamos as possibilidades de abordagem desta ferramenta para a aplicação em ecossistemas em que estas informações são incipientes.

Os artigos que compõem o estudo indicaram a importância dos parâmetros ângulo médio e comprimento do vetor r para um panorama de como a frutificação e floração é distribuída anualmente, associado ao uso do Teste de Rayleigh para verificar sua significância estatística, auxiliando assim, na obtenção de dados de interação destes eventos com variáveis climáticas.

Tais informações podem ser aplicáveis no planejamento de colheita para fins comerciais, como, por exemplo, qual o período ideal de coleta dos frutos ou qual período deve o produtor investir mais recursos em tratamentos culturais, bem como para entendermos a magnitude dos efeitos das mudanças climáticas.

São dados relevantes para a recuperação de áreas degradadas, auxiliando os gestores de projetos na seleção de espécies resistentes ao fogo, em áreas impactadas por incêndios florestais, na compreensão das interações entre espécies vegetais exóticas invasoras e na elaboração de calendários de produção de mudas nativas a serem utilizadas em ações de florestamento e reflorestamento. A maioria dos autores consultados sugeriu que fossem desenvolvidos estudos com maiores lapsos temporais de observações, especialmente para a compreensão das interações dos eventos reprodutivos dos vegetais em relação aos demais fatores bióticos, como animais herbívoros, dispersores e polinizadores.

Sugerimos que trabalhos futuros sejam realizados em regiões suscetíveis a desertificação, considerando a importância de tais dados para a gestão de áreas protegidas e monitoramento de impactos advindos das mudanças climáticas, especialmente em Unidades de Conservação, inclusive por meio de dados de herbários, fontes históricas relevantes de registro desses fenômenos.

Agradecimentos

Ao Laboratório de Ecofisiologia Vegetal–ECOFISIO, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais–PPGCN e à Universidade Estadual do Ceará–UECE, pelo suporte no desenvolvimento desta pesquisa.

Referências

- Almeida, S. E. da S., Silva, P. O. da, Oliveira, T. C. S. de, Alves, R. D. F. B., & Menino, G. C. de O. (2021). Aspectos fenológicos reprodutivos de *Qualea grandiflora* Mart. em Cerrado. *Ciencia Florestal*, 31(2), 920–934.
- Arakawa, H. (1957). Climatic change as revealed by the data from the Far East. *Weather*, 12(2), 46–51.

- Brito Neto, R. L., Araújo, E. I. de P., Maciel, C. M. S., Paula, A., & Tagliaferre, C. (2018). Fenologia de *Astronium graveolens* Jacq. em Floresta Estacional Decidual em Vitória da Conquista, Bahia. *Ciência Florestal*, 28(2), 641–650.
- Busato, C. C. M., Soares, A. A., Motoike, S. Y., & Busato, C. (2013). Fenologia e exigência térmica da videira ‘Niágara Rosada’ cultivada no Noroeste do Espírito Santo. *Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas*, 7(2), 135–148.
- Costa, T. M., dos Santos, M. G. M., Neves, S. P. S., de Miranda, L. d. A. P., & Funch, L. S. (2021). Phenological dynamics of *Croton heliotropiifolius* populations in a Savanna/Caatinga gradient, Chapada Diamantina, Brazil. *Rodriguesia*, 72.
- Danner, M. A., Citadin, I., Sasso, S. A. Z., Sachet, M. R., & Ambrósio, R. (2010). Fenologia da floração e frutificação de mirtáceas nativas da Floresta com Araucária. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32(1), 291–295.
- Ferraz, D. K., Artes, R., Mantovani, W., & Magalhães, L. M. (1999). Fenologia de árvores em fragmento de mata em São Paulo, SP. *Revista Brasileira de Biologia*, 59(2), 305–317.
- Fidalgo, A. D. O. (2019). Reproductive phenology of shrubs and trees in a Cerrado area of Mogi Guaçu, SP, Brazil. *Biotemas*, 32(3), 1–9.
- Fortunato, M. E. M., & Quirino, Z. G. M. (2016). Efeitos da fragmentação na fenologia reprodutiva de espécies arbóreas presentes em borda e interior de Mata Atlântica Paraibana. *Rodriguesia*, 67(3), 603–614.
- Garuzi, M., Achitti, M. C. D. O., Sato, C. A., Rocha, S. A., & Spagnuolo, R. S. (2014). Acolhimento na Estratégia Saúde da Família: revisão integrativa. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 35(2), 144–149.
- Lage-pinto, F., Fernando, P. S., Felix, A., Carletto, M., & Bernini, E. (2021). Reproductive phenology and influence of abiotic variables for two mangrove species in northeastern Brazil. *Rodriguesia*, 72, e00392020/1-11.
- Lieth, H. (1974). Purposes of a phenology book. In *Phenology and seasonality modeling* (pp. 3-19). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Lima, Y. C., Bonilla, O. H., & Lucena, E. M. P. de. (2022). Uso da quitosana na agricultura: uma revisão com ênfase na aplicação em sementes. *Research, Society and Development*, 11(2), e39911225782.
- Marchioretto, M. S., Mauhs, J., & Budke, J. C. (2007). Fenologia de espécies arbóreas zoocóricas em uma floresta psamófila no sul do Brasil. *Acta Botanica Brasílica*, 21(1), 193–201.
- Menezes, I. S., do Couto-Santos, A. P. L., & Funch, L. S. (2018). The influence of El Niño and edge effects on the reproductive phenology and floral visitors of *Eschweilera tetrapetala* Mori (Lecythidaceae), an endemic species of the Atlantic forest of northeastern Brazil. *Acta Botanica Brasílica*, 32(1), 1–11.
- Morellato, L. P. C., Alberti, L. F., & Hudson, I. L. (2010). Applications of circular statistics in plant phenology: a case studies approach. In *Phenological Research* (pp. 339–359). Springer Netherlands.
- Morellato, L. P. C., Alberton, B., Alvarado, S. T., Borges, B., Buisson, E., Camargo, M. G. G., & Peres, C. A. (2016). Linking plant phenology to conservation biology. *Biological conservation*, 195, 60-72.
- Morellato, L. P. C., Talora, D. C., Takahasi, A., Bencke, C. C., Romera, E. C., & Zipparro, V. B. (2000). Phenology of Atlantic rain forest trees: A comparative study. *Biotropica*, 32(4 B), 811–823.
- Müller, A., & Schmitt, J. L. (2019). Fenologia de samambaias e licófitas no Brasil: uma abordagem metodológica e ecológica. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 12(4), 1197.
- Müller, A., & Schmitt, J. L. (2018). Phenology of *Guarea macrophylla* Vahl (Meliaceae) in subtropical riparian forest in southern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 78(2), 187–194.
- de Castro Lima, D. O., Júnior, W. G. F., & Júnior, W. D. C. (2019). Fenologia de espécies arbóreas visando à recuperação de áreas degradadas no município de Machado (MG). *Revista Agroecológica*, 11(1).
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lahu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, n71.
- Piao, S., Liu, Q., Chen, A., Janssens, I. A., Fu, Y., Dai, J., Liu, L., Lian, X., Shen, M., & Zhu, X. (2019). Plant phenology and global climate change: current progresses and challenges. *Global Change Biology*, 25(6), 1922–1940.
- Pinto, M. B., José, S., Velazco, E., Barbosa, F. M., Chagas, K. P. T., & Blum, C. T. (2021). Phenological patterns of *Oreopanax fulvum* (Araliaceae) in remnants of Araucaria Rainforest in Paraná, Brazil. *Rodriguesia*, 72, e01092020.
- Primack, D., Imbres, C., Primack, R. B., Miller-Rushing, A. J., & Del Tredici, P. (2004). Herbarium specimens demonstrate earlier flowering times in response to warming in Boston. *American Journal of Botany*, 91(8), 1260–1264.
- Rubim, P., Nascimento, H. E. M., & Morellato, L. P. C. (2010). Interannual variation in the phenology of a tree community in a semideciduous seasonal forest in southeast Brazil. *Acta Botanica Brasílica*, 24(3), 756–764.
- Sheldon, K. S., & Nadkarni, N. M. (2015). Reproductive phenology of epiphytes in Monteverde, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 63(4), 1119. <https://doi.org/10.15517/rbt.v63i4.16583>
- Silva, P. O. da. (2018). Comportamento fenológico de *Emmotum nitens* (Benth.) Miers (Metteniusaceae) em fragmento de Cerradão. *Nativa*, 6(1), 33. <https://doi.org/10.31413/nativa.v6i1.4667>

Souza, M. T. D., Silva, M. D. D., & Carvalho, R. D. (2010). Revisão integrativa: o que é e como fazer. *Einstein* (São Paulo), 8, 102-106.

Tannus, J. L. S., Assis, M. A., & Morellato, L. P. C. (2006). Fenologia reprodutiva em Campo Sujo e Campo Úmido numa área de Cerrado no Sudeste do Brasil, Itirapina-SP. *Biota Neotropica*, 6(3).

Williams-Linera, G., & Alvarez-Aquino, C. (2016). Vegetative and reproductive tree phenology of ecological groups in a tropical dry forest in central Veracruz, Mexico. *Botanical Sciences*, 94(4), 745-756.

Zar, J. H. (2010) *Biostatistical analysis*. New Jersey: Pearson.