

Avaliação do comportamento fenológico da *Copaifera martii* (Hayne) com dados climáticos em Floresta Secundária

Evaluation of the phenological behavior of *Copaifera martii* (Hayne) with climate data in a Secondary Forest

Evaluación del comportamiento fenológico de *Copaifera martii* (Hayne) com datos climáticos em um Bosque Secundario

Recebido: 06/07/2021 | Revisado: 15/07/2021 | Aceito: 21/07/2021 | Publicado: 29/07/2021

Anderson da Silva Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3955-1817>
Amazônia Legal-BIONORTE, Brasil
E-mail: anderson.costa@embrapa.br

Osmar Alves Lameira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8370-8562>
Embrapa Amazônia Oriental, Brasil
E-mail: osmar.lameira@embrapa.br

Resumo

A espécie *Copaifera martii* (Hayne) possui grande importância na medicina popular, visto que o óleo extraído da planta contém princípios ativos que servem de base para a produção de medicamentos. Neste sentido, o objetivo principal deste trabalho foi avaliar o comportamento fenológicos (floração, frutificação, queda foliar e brotamento) da espécie *Copaifera martii* (Hayne) em uma área de floresta secundária e correlacionar com os dados climáticos (precipitação, temperatura, insolação total e umidade relativa do ar) e analisar a significância desses eventos fenológicos através do Teste de Coeficiente de Correlação de Spearman (rs), Matriz de Correlação e análise de regressão linear múltipla, este monitoramento foi realizado semanalmente durante o período de três anos (2018 a 2020). Nesta pesquisa foi possível registrar que o desfolhamento ocorreu com maior força nos meses (junho a outubro) período de menor intensidade de chuvas na região. Nos aspectos dos dados de temperatura no mesmo período, constatou-se que altas temperaturas e insolação total apontam para maior desfolhamento nas árvores estudadas. No que diz a respeito à fenofase brotamento em relação ao agente abiótico precipitação, observa-se que o percentual de brotamento acompanhou o período de altas chuvas, nos três períodos que compreendem os meses de janeiro a maio (2018, 2019 e 2020). Em relação ao teste estatístico de correlação de Spearman (rs), revelou que não houve uma relação positiva da precipitação e da umidade relativa do ar no período avaliado para a fenofase “queda foliar”, uma vez que nenhum dos resultados com essa variável demonstrou-se significativo. Entretanto, essa fenofase foi positiva e significativa em relação ao fator abiótico temperatura e insolação total, registrando uma correlação de (rs)= 0,5860 e (rs)= 0,709 respectivamente. A variável “brotamento” demonstrou-se também positiva e bastante significativa para os fatores abióticos precipitação e umidade relativa do ar, registrando um coeficiente de correlação de (rs)=0,838 e (rs)=0,871 respectivamente. Através da análise da matriz de correlação no que se refere a fenologia da Queda foliar os dados apontaram uma correlação positiva de 0,762 em relação ao fator abiótico Insolação total e 0,657 para a variável temperatura. A fenofase brotamento teve uma alta correlação positiva com a precipitação e umidade relativa do ar, registrando o valor de 0,805 e 0,888 respectivamente.

Palavras-chave: Copaíba; Fenologia; Dados climáticos; Correlação.

Abstract

The species *Copaifera martii* (Hayne) is of great importance in folk medicine, since the oil extracted from the plant contains active principles that serve as a basis for the production of medicines. In this sense, the main objective of this work was to evaluate the phenological behavior (flowering, fruiting, leaf drop and budding) of *Copaifera martii* (Hayne) in a secondary forest area and to correlate with climatic data (precipitation, temperature, total insolation and relative humidity) and analyze the significance of these phenological events through the Spearman Correlation Coefficient Test (rs), Correlation Matrix and multiple linear regression analysis, this monitoring was carried out weekly during the period of three years (2018 to 2020). In this research, it was possible to register that defoliation occurred with greater force in the months (June to October), a period of lesser rainfall in the region. In the aspects of the temperature data in the same period, it was found that high temperatures and total insolation point to greater defoliation in the studied trees. With regard to the budding phenophase in relation to the abiotic precipitation agent, it is observed that the budding percentage

followed the period of high rainfall, in the three periods comprising the months of January to May (2018, 2019 and 2020). Regarding the statistical test of Spearman correlation (rs), it revealed that there was no positive relationship between precipitation and relative humidity in the period evaluated for the “leaf fall” phenophase, since none of the results with this variable showed if significant. However, this phenophase was positive and significant in relation to the abiotic factor temperature and total insolation, registering a correlation of (rs) = 0.5860 and (rs) = 0.709 respectively. The variable “budding” was also positive and highly significant for the abiotic factors precipitation and relative humidity, registering a correlation coefficient of (rs)=0.838 and (rs)=0.871 respectively. Through the analysis of the correlation matrix regarding the leaf fall phenology, the data showed a positive correlation of 0.762 in relation to the abiotic factor total insolation and 0.657 for the temperature variable. The budding phenophase had a high positive correlation with precipitation and relative humidity, recording the values of 0.805 and 0.888 respectively.

Keywords: Copaiba; Phenology; Climatic data; Correlation.

Resumen

La especie *Copaifera martii* (Hayne) es de gran importancia en la medicina popular, ya que el aceite extraído de la planta contiene principios activos que sirven de base para la producción de medicamentos. En este sentido, el objetivo principal de este trabajo fue evaluar el comportamiento fenológico (floración, fructificación, caída de hojas y brotación) de *Copaifera martii* (Hayne) en un área de bosque secundario y correlacionarlo con datos climáticos (precipitación, temperatura, insolación total y humedad relativa) y para analizar la significancia de estos eventos fenológicos mediante el Test de Coeficiente de Correlación de Spearman (rs), Matriz de Correlación y análisis de regresión lineal múltiple, este monitoreo se realizó semanalmente durante el período de tres años). En esta investigación se pudo registrar que la defoliación ocurrió con mayor fuerza en los meses (junio a octubre), período de menor precipitación en la región. En los aspectos de los datos de temperatura en el mismo período, se encontró que las altas temperaturas y la insolación total apuntan a una mayor defoliación en los árboles estudiados. Con respecto a la fenofase de brotación en relación al agente de precipitación abiótico, se observa que el porcentaje de brotación siguió al período de alta precipitación, en los tres períodos que comprenden los meses de enero a mayo (2018, 2019 y 2020). En cuanto a la prueba estadística de correlación de Spearman (rs), reveló que no hubo relación positiva entre precipitación y humedad relativa en el período evaluado para la fenofase de “caída de hojas”, ya que ninguno de los resultados con esta variable resultó significativo. Sin embargo, esta fenofase fue positiva y significativa en relación al factor abiótico temperatura e insolación total, registrándose una correlación de (rs) = 0.5860 y (rs) = 0.709 respectivamente. La variable “brotación” también fue positiva y altamente significativa para los factores abióticos precipitación y humedad relativa, registrándose un coeficiente de correlación de (rs) = 0.838 y (rs) = 0.871, respectivamente. Mediante el análisis de la matriz de correlación con respecto a la fenología de caída de hojas, los datos arrojaron una correlación positiva de 0,762 con relación al factor abiótico de insolación total y 0,657 para la variable temperatura. La fenofase de gemación tuvo una alta correlación positiva con la precipitación y la humedad relativa, registrando los valores de 0,805 y 0,888 respectivamente.

Palabras clave: Copaiba; Fenología; Datos climáticos; Correlación.

1. Introdução

Estudar os aspectos fenológicos das espécies é uma ótima ferramenta para a compreensão dos fatores que atuam na reprodução e sobrevivência das espécies vegetais. Além disso, o entendimento dos ciclos reprodutivos das plantas é de fundamental importância para a conservação e manejo de espécies nativas e ameaçadas. (Oliveira, 2008).

A fenologia estuda os eventos biológicos cíclicos, tais como: queda foliar, brotamento, floração e frutificação e sua correlação com os fatores ambientais (Williams-Linera & Meave, 2002). Em geral, os estudos fenológicos avaliam a influência de fatores abióticos (precipitação pluviométrica, umidade relativa do ar, temperatura, insolação e fotoperíodo) (Funch et al., 2002), fatores bióticos (relação com polinizadores, dispersores e herbívoros) (Bawa et al., 2003).

Os padrões fenológicos podem ser sazonais ou ocorrer em qualquer época do ano, podendo apresentar variações de acordo com o estresse hídrico da vegetação (Santos, 2007), com mudanças climáticas (Schwartz, 2003) e regimes de incêndios florestais (Lucena et al., 2015).

Diante disso, estudos sobre a influência dos fatores climáticos nas respostas fenológicas das espécies florestais tropicais são relevantes, pois através disso é possível prever consequências de perturbações no comportamento das plantas (Chapman et al. 1998; Ferraz et al., 1999).

Esses estudos são importantes, porque a partir deles, muitos outros estudos envolvendo biologia reprodutiva, coleta de frutos, sementes e dispersão podem ser desenvolvidos. A literatura sobre fenologia das espécies vegetais relacionada a este tema

vem aumentando de forma acelerada nos últimos tempos. Diversas publicações relatam como as fenofases das plantas (queda foliar, floração, frutificação e brotamento) respondem aos impactos sofridos pelas mudanças de temperaturas, precipitação, latitude ou altitude (Polgar; Primack, 2011; Rocha et al., 2016).

A importância do estudo fenológico está na compreensão da dinâmica dos ecossistemas florestais e nos mecanismos de reprodução das espécies (Talora; Morellato, 2000; Mantovani et al., 2003; Bauer et al., 2012).

Neste sentido, os ecossistemas florestais precisam ser preservados e pesquisados, um estudo produzido por Costa et al., (2021), aponta a necessidade da expansão de Unidades de Conservação a fim de mitigar os impactos nos ecossistemas amazônicos. Haja vista, que os padrões da biodiversidade requerem técnicas que capturem a complexidade e dinâmica das comunidades e ecossistemas (Magurran, 2013). Por isso, que esses ecossistemas precisam ser conservados e estudados com maior frequência.

Desta forma, o detalhamento dos aspectos fenológicos das espécies florestais é importante, uma vez que as espécies podem apresentar periodicidade e comportamentos diferentes, além das diferenças entre as espécies e dentro as espécies de acordo com o ecossistema em que ocorrem.

Segundo um estudo dirigido por Dwyer (1951), o gênero *Copaifera* L. apresenta 28 espécies, a maioria delas, cerca de 16 são endêmicas do Brasil. Na Amazônia as mais comuns são: *Copaifera multijuga* Hayne, *Copaifera reticulata* Duke, *Copaifera officinallis* L, *Copaifera glycarpa*, *Copaifera martii* Hayne, *Copaifera langsdorffii* Desf e a *Copaifera guianensis*.

Os nomes mais usados popularmente, para as espécies do gênero *Copaifera* são: árvore-milagrosa, árvore-do-óleo-diesel, bálsam-copaíba, copaíba, copaíba-mari-mari, copaíba-roxa, copaíva, pau-d'óleo e etc. Essas denominações populares encontram-se variando de uma região para outra e às vezes dentro da mesma região, dependendo de quem as utiliza.

A espécie *Copaifera martii* Hayne, assim como as outras espécies do gênero, possui grande importância na medicina popular, visto que o óleo extraído da planta contém princípios ativos que servem de base para a produção de medicamentos.

Apesar de existirem vários estudos associados a fenologia de algumas espécies de copaibeiras (*Copaifera langsdorffii* Desf, *Copaifera officinallis* L e *Copaifera multijuga* Hayne), poucas pesquisas estão associadas a fenologia da espécie *Copaifera martii* (Hayne). Nesse sentido, com o intuito de contribuir para o maior conhecimento do gênero *Copaifera*, este trabalho visa estudar a correlação de elementos climáticos com os eventos fenológicos da espécie *Copaifera martii* (Hayne).

Vale ressaltar que o estudo da fenologia da espécie *Copaifera Martii* Hayne correlacionada com dados de precipitação, insolação total, temperatura e umidade relativa do ar podem determinar ações estratégicas sustentáveis do seu uso.

Os estudos sobre fenologia reprodutiva de espécies arbóreas em áreas florestais são necessários para fornecer parâmetros com vistas à conservação e exploração racional, conciliando sustentabilidade com economicidade (Reis, 1996; Reis et al., 2000). Em face das exigências legais de planos de manejo no uso das formações florestais, é relevante conhecer a fenologia reprodutiva das espécies a serem manejadas.

A fenologia é um modo eficaz para monitorar as mudanças ambientais, pois consiste em um indicador simples e confiável dos efeitos das mudanças climáticas sobre as plantas (Torre et al., 2013; Faria et al., 2016). As respostas das plantas as variações climáticas podem ser melhor compreendidas por meio de estudos fenológicos, os quais normalmente requerem vários anos de observações (Ellison, 2012; Bernini, 2015).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar o comportamento fenológico de indivíduos da espécie *Copaifera Martii* Hayne em área de floresta secundária, correlacionando com elementos climáticos através do teste de correlação de Spearman (rs), Matriz de Correlação e Regressão linear múltipla com todos os dados abióticos e bióticos buscando entender a relação entre as informações.

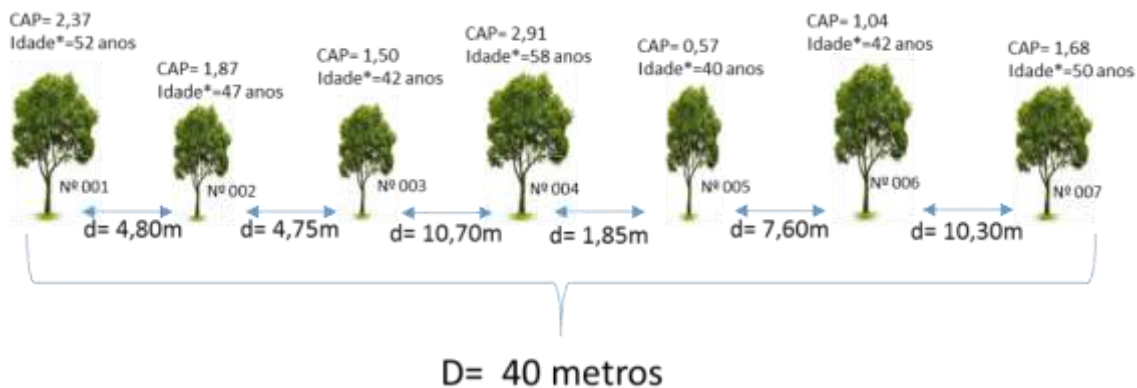
2. Metodologia

a) Localização da Área de estudo

Os dados foram coletados em sete árvores adultas da espécie da *Copaifera martii* (Hayne) com idade média estimada de 47 anos, cultivadas em uma área de 05 hectares de floresta secundária (Figura 1), estabelecidas no horto de plantas medicinais da Embrapa Amazônia Oriental, localizada a 1°26'30" S de latitude e 48°27'0" W de longitude, com altitude de 10 metros e temperatura média anual de 30°C.

O clima em Belém, segundo a classificação de Köppen (1900-1936) é do tipo Afi, ou seja, clima tropical chuvoso de monção. A pluviosidade média anual é de $2.858,7 \pm 76,6$ mm/ano com maior volume no período chuvoso (dezembro a maio), correspondendo a 71,2 % do total anual, enquanto que os 28,8 % restantes são distribuídos nos meses de junho a novembro (Silva Junior et al., 2012).

Figura 1. Distribuição dos setes indivíduos com idade média estimada 47 anos cultivadas na floresta secundária da Embrapa Amazônia Oriental.



Fonte: Autores (2021).

O monitoramento fenológico foi realizado semanalmente durante o período de três anos (2018 a 2020). Essa pesquisa é de natureza quantitativa, um estudo ligado à investigação empírico-descritiva, quando se procura descobrir a relação entre as variáveis, as relações de causa e efeito entre os diferentes fenômenos (Knechtel, 2014).

A metodologia empregada para o monitoramento fenológico foi baseada em Morellato et al., (1989), registrando as fenofases: floração (período em que as árvores apresentam flores em antese- abertas), frutificação (período em que os frutos estão maduros e prontos para serem dispersos) e mudança foliar (queda foliar e brotamento). Posteriormente, foi calculada a porcentagem dos indivíduos que apresentaram eventos fenológicos ao longo de cada mês.

Para verificar a correlação entre o desenvolvimento das fenofases e os fatores abióticos, foi utilizado o coeficiente de correlação de Spearman – ρ , que é recomendado para dados que não apresentam distribuição normal (Zar, 1999), sendo analisados os seguintes dados climáticos: precipitação (mm), temperatura (°C), insolação Total (h) umidade relativa do ar (%). E em seguida foi realizada a matriz de correlação que mostra os valores de correlação de Pearson, que medem o grau de relação entre as variáveis. A matriz de correlação é muito utilizado para avaliar a força e a direção da relação entre dois itens ou variáveis. Valores de correlação altos e positivos indicam que os itens medem a mesma habilidade ou característica.

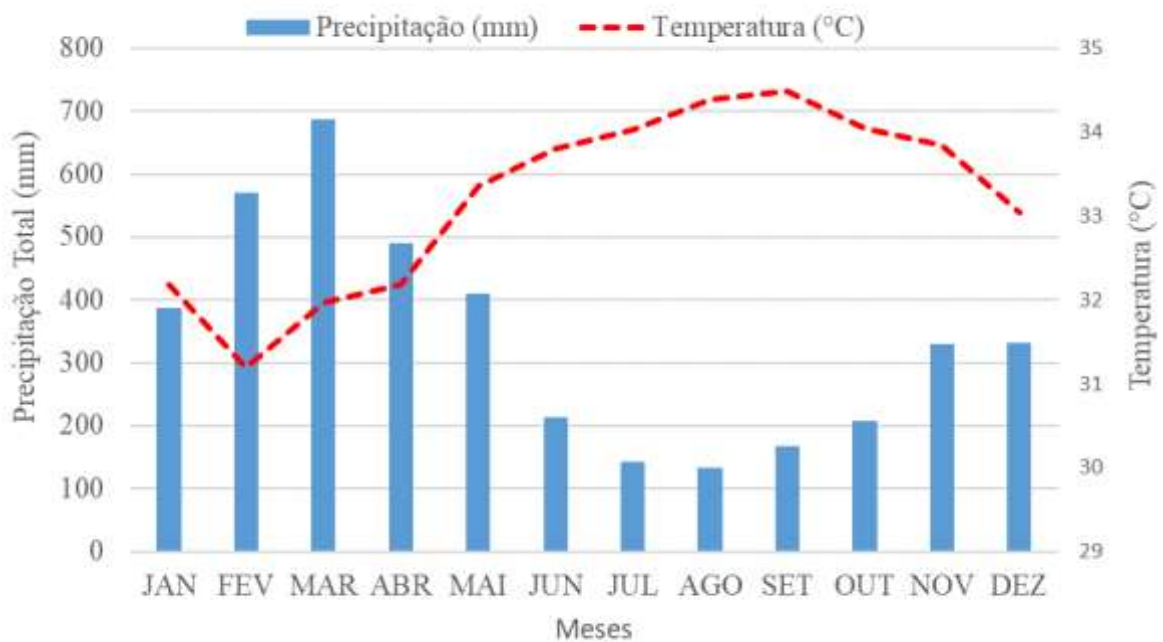
Por último, para analisar as várias variáveis deste trabalho utilizamos o modelo de Regressão linear múltipla que permite avaliar duas ou mais variáveis explicativas.

b) Dados climáticos

Os dados climáticos (precipitação, temperatura e umidade relativa do ar) foram obtidos na estação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) que fica situado na estrada da Ceasa próximo da localização da Embrapa Amazônia Oriental.

A partir dos valores médios mensais, foram elaborados gráficos mostrando a evolução de cada parâmetro (fases da fenofase), durante o período de observação. Os dados de precipitação (mm), temperatura (°C), insolação Total (h) e umidade relativa do ar (%) (Figura 2).

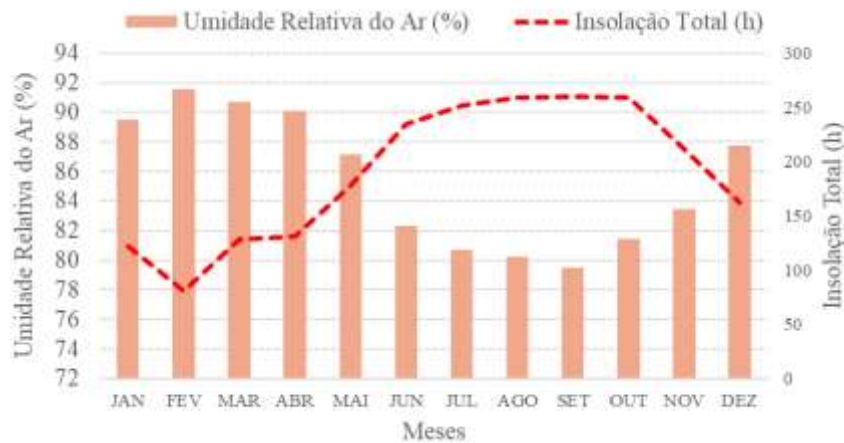
Figura 2. Média da distribuição mensal de precipitação total (mm) e temperatura (C°) no período de 2018 a 2020.



Fonte: Dados INMET.

Através das médias de três anos (2018 a 2020) foi possível identificar o padrão do comportamento das variáveis abióticas ao longo dos meses do ano. No caso da variável precipitação, os meses de janeiro a abril concentraram maiores níveis de chuvas na região, apontando uma média de aproximadamente 549 mm, juntamente com a variável umidade relativa do ar que representaram altos registros nesses quatro meses. As maiores temperaturas e insolação total corresponderam ao período de junho a outubro, com altas temperaturas nos meses de agosto e setembro (Figura 2 e 3).

Figura 3. Perfil da Umidade relativa do ar e a da insolação total no período de 2018 a 2020.



Fonte: Dados INMET.

c) Caracterização da Área de estudo

Nesta etapa de caracterização da área de estudo, foi realizado primeiramente a limpeza do local com a remoção das gramíneas e galhos podres com o objetivo de eliminar tudo que impeça o trânsito livre para coleta de dados e em seguida, foi realizado a identificação de todos os indivíduos amostrados através de plaquetas de alumínio fixados por pregos galvanizados.

As avaliações foram realizadas através de observações realizadas diariamente pela manhã durante o período de janeiro de 2018 a dezembro de 2020 com o auxílio de um binóculo de longo alcance (Breaker Cobra 80x90) e dados derivados de Drone (Drone Phantom 4 com Camera Ultra HD).

Foram coletados parâmetros agrônômicos específicos de frutificação, floração e mudança foliar (queda foliar e brotamento). Todos os dados coletados foram anotados em fichas de campo e tabulados em planilhas do Excel.

Após as avaliações foram construídos gráficos para a espécie em cada subfase, demonstrando o percentual de dias no mês de floração, frutificação, queda foliar e brotamento. Para verificar a relação dos fatores climáticos nos eventos fenológicos, foi realizada uma análise de Coeficiente de correlação de *Spearman* (r_s), correlação utilizada quando os dados não apresentam distribuição normal.

Foi utilizado para estimar as alturas das copaibeira um clinômetro profissional e um GPS (Sistema de Posicionamento Global) para extrair as coordenadas das árvores do local de estudo.

Foram caracterizada a composição florística-estrutural das espécies adjacentes que ficam ao redor das 7 (sete) copaibeiras, sendo um raio de 5 metros a direita e 5 metros a esquerda num espaço de 40 metros de comprimento, aonde registramos o nome científico das espécies predominantes acima 50 cm de comprimento (CAP- Circunferência a altura do peito) (Tabela 1).

Assim, a caracterização tanto do ambiente quanto da estrutura de populações de plantas é importante para fornecer informações sobre os fatores que influenciam os processos ecossistêmicos. Conhecer a flora e a estrutura comunitária da vegetação natural é importante para o desenvolvimento de modelos de conservação, manejo de áreas remanescentes e recuperação de áreas degradadas (Chaves et al., 2013).

Tabela 1. Nomes das espécies científicas adjacentes as copaibeiras.

NOME VULGAR	NOME CIENTÍFICO	QUANTIDADE
Lado Esquerdo		
Fava-bolota	<i>Parkia pendula</i> (Wilçld.) Benth. Ex Walp. (Fabaceae)	3
Pau-de-colher	<i>Lacmellea aculeata</i> (Dulke) Monach. (Apocynaceae)	2
Quaruba	<i>Vochysia inundata</i> Ducke (Vochysiaceae)	1
Capitiú	<i>Siparuna poeppigii</i> (Tul.) A. DC. (Siparunaceae)	4
Papo-de-mutum	<i>Quiina pteridophylla</i> (Radlk.) Pires (Quiinaceae)	4
Ingá	<i>Inga Alba</i> (Sw.) Will. (Leguminosae)	1
Ucuúba TF.	<i>Virola michelii</i> Heckel (Myristicaceae)	3
Imbaubarana	<i>Pourouma guianensis</i> Aubl. (Urticaceae)	4
Canela-de-velho	<i>Casearia javitensis</i> Kunth (Salicaceae)	3
João-mole	<i>Neea sp</i> (Nyctaginaceae)	1
Breu-branco	<i>Protium pallidum</i> Cuatrec. (Burseraceae)	1
Cumarú	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd. (Leguminosae)	2
Tucumã	<i>Astrocaryum vulgare</i> Mart. (Arecaceae)	1
Matamatá-branco	<i>Eschweilera coriácea</i> (DC.) S. A. Mori (Lecythidaceae)	1
Lado Direito		
Papo-de-mutum	<i>Quiina pteridophylla</i> (Radlk.) Pires (Quiinaceae)	4
Cumarú	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd. (Leguminosae)	2
Pajará-da-mata	<i>Couepia robusta</i> Huber (Chrysobalanaceae)	6
Saboeiro	<i>Abaremma jupunba</i> (Willd.) Britton & Killip (Fabaceae)	1
Fava-barriguda	<i>Parkia gigantocarpa</i> Ducke (Fabaceae)	1
Cacau-do-mato	<i>Theobroma speciosum</i> Willd. Ex Spreng. (Malvaceae)	1
Ucuúba TF.	<i>Virola michelii</i> Heckel (Myristicaceae)	1
Capitiú	<i>Siparuna poeppigii</i> (Tul.) A. DC. (Siparunaceae)	3
-	<i>Swartzia racemosa</i> Benth (Fabaceae)	1
Quaruba	<i>Vochysia inundata</i> Ducke (Vochysiaceae)	1
Imbaubarana	<i>Pourouma guianensis</i> Aubl. (Urticaceae)	1

Fonte: Autores (2021).

Os padrões fenológicos foram avaliados quanto ao método qualitativo de presença ou ausência de cada fenofase, com observação direta dos indivíduos (D'êça Neves; Morellato, 2004).

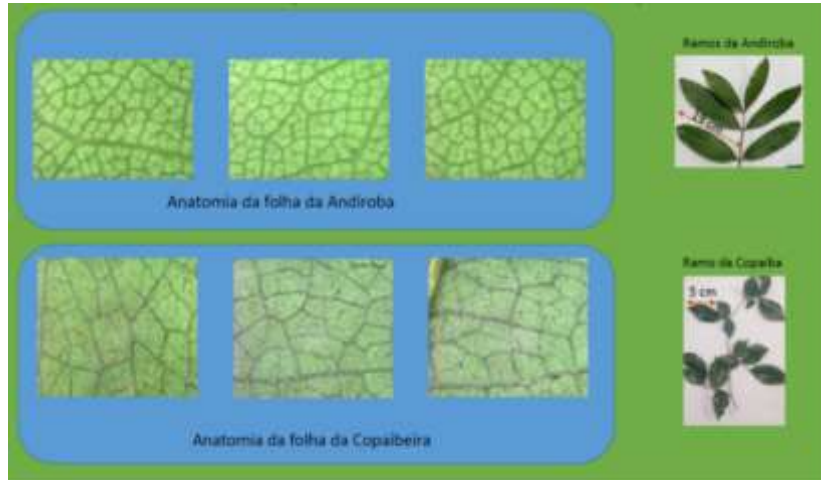
d) Caracterização da folha e caule

A epiderme vegetal, que é a camada de células mais externa do corpo primário da planta, recobre flores, frutos, sementes, folhas, caules e raízes. As faces são recobertas pela **epiderme**, a qual se caracteriza por ser contínua por toda a folha. Além desse tecido, podemos perceber claramente a presença de tecidos vasculares percorrendo toda a folha, formando as chamadas nervuras.

As folhas das árvores selecionadas são alternas. Na figura abaixo, podemos comparar a folha de copaibera com a folha da andiroba, percebe-se que a folha da copaíba tem uma média de tamanho em torno de 5cm e a folha de andiroba aproximadamente de 19cm (figura 4).

Os troncos das copaibeiras selecionadas são normalmente retos, podendo apresentar-se ramificados perto da base. A coloração é diversa, provavelmente, variáveis como idade, estado fisiológico e ambiente onde a planta está vivendo, principalmente luminosidade e umidade estão envolvidas nesse processo (Figura 5).

Figura 4. Caracterização das células do epiderme das folhas de copaíba comparada com a folha de Andiroba obtida através de um microscópio Digital zoom 1600x (Fonte: Autor, 2021).



Fonte: Autores (2021).

Figura 5. Caules das árvores selecionadas das copaibeiras localizadas na área de Floresta Secundária da Embrapa Amazônia Oriental.



Fonte: Autores (2021).

Constatou-se a presença de briófitas, trepadeiras do tipo cipós e líquens se desenvolvendo nos troncos das árvores das *Copaiferas*, esses organismos contribuem para alterar a coloração, pois em geral, estão formando pequenas ou grandes manchas, muitas das vezes recobrendo, praticamente todo o tronco.

3. Resultados e Discussão

a) Relação do comportamento da Queda foliar com dados de Precipitação, Insolação Total, Temperatura e Umidade Relativa do Ar

Analisando o comportamento do perfil da precipitação em relação a queda foliar, é possível identificar que os meses em que tiveram baixo índice pluviométrico, tende a ter maior porcentagem de queda foliar, ou seja, o desfolhamento ocorreu com maior força nos meses (junho a outubro) com menor volume de chuvas para os três anos estudados (Figura 6). Um estudo

conduzido por Pedroni et al., (2002), que estudou a fenologia das copaibeiras em uma floresta semidecídua no Sudeste do Brasil (Reserva de Santa Genebra), relacionando com dados de precipitação apontou também que a queda das folhas ocorreu na estação seca e o brotamento no início da estação chuvosa.

Figura 6. Dados de precipitação mensal nos últimos três anos (2018 a 2020) em relação a porcentagem de queda foliar.



Fonte: Autores (2021).

Nos aspectos dos dados de temperatura no mesmo período constatou-se que altas temperaturas apontam maior desfolhamento nas árvores estudadas (Figura 7). Os indivíduos perderam grande proporção de folhas, mas em nenhum momento as copas ficaram completamente desfolhadas. Este evento ocorreu no período da estação seca, basicamente nos meses compreendidos em junho a outubro (nos 3 anos consecutivos) que corresponde a época de maior estresse hídrico na região.

Nesse sentido, a maior queda das folhas para a espécie observada, ocorreu na estação seca, período com elevadas temperaturas. Um estudo produzido por Franco et al., (2005), esclarece que as plantas durante as fenofases apresentam variações que sugerem diferentes estratégias adaptativas aos fatores condicionantes do meio ambiente como, por exemplo, o estresse hídrico, o que dessa forma pode influenciar a queda de folhas das espécies arbóreas.

Figura 7. Dados de temperatura mensal nos últimos três anos (2018 a 2020) em relação a porcentagem de queda foliar.



Fonte: Autores (2021).

Vale ressaltar, que a curva de dados da insolação total acompanhou o comportamento da temperatura mensal, ou seja, altas taxas de insolação total maior porcentagem de desfolhamento (Figura 8). Um estudo conduzido por Morellato et al., (1990) conduzido em dois ecossistemas diferentes apontou também que a queda foliar foi a fenofase que esteve relacionada de forma mais evidente com a estação da seca, nas duas comunidades estudadas.

Figura 8. Dados mensais da insolação total nos últimos três anos (2018 a 2020) em relação a porcentagem de queda foliar.



Fonte: Autores (2021).

Analisando o perfil da umidade relativa do ar no período estudado, não identificamos nenhum comportamento padrão acentuado na porcentagem de queda foliar. Podemos afirmar que esse fator abiótico não interfere significativamente na queda foliar para as espécies estudadas (Figura 9).

Basicamente, podemos observar apenas uma ligeira queda da Umidade relativa do Ar em alguns meses que representou um ligeiro aumento na porcentagem de queda foliar.

Figura 9. Dados mensais de umidade relativa do ar nos últimos três anos (2018 a 2020) em relação a porcentagem de queda foliar.

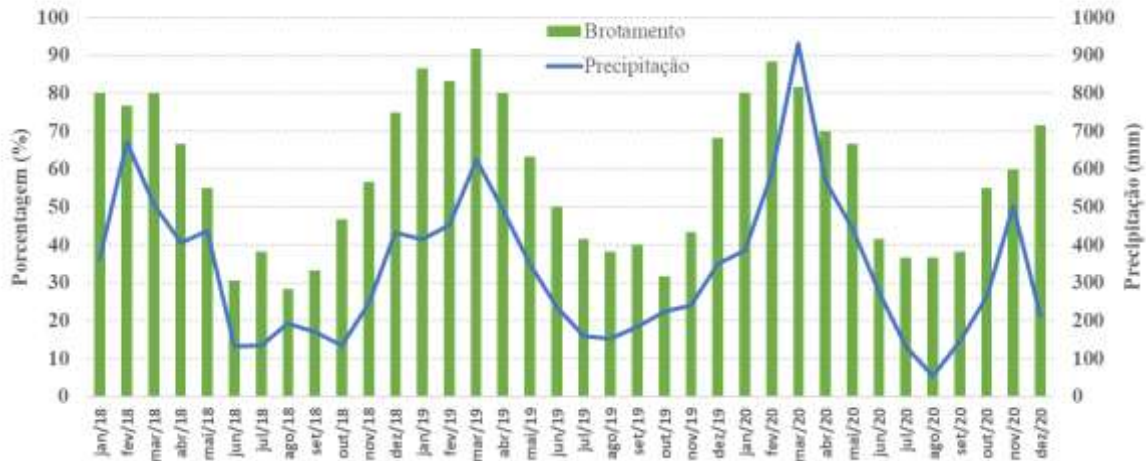


Fonte: Autores (2021).

b) Brotamento (emissão de folhas)

No que diz a respeito à variável brotamento em relação ao agente abiótico precipitação, observa-se que o percentual de brotamento acompanhou o período de altas precipitação, nos três períodos que compreendem os meses de janeiro a maio (nos anos de 2018, 2019 e 2020), a curva de precipitação acompanhou a porcentagem de chuvas (Figura 10). No final da estação seca e início da chuvosa (janeiro a maio), ocorreu o brotamento.

Figura 10. Dados de precipitação mensal nos últimos três anos (2018 a 2020) em relação a porcentagem de brotamento.

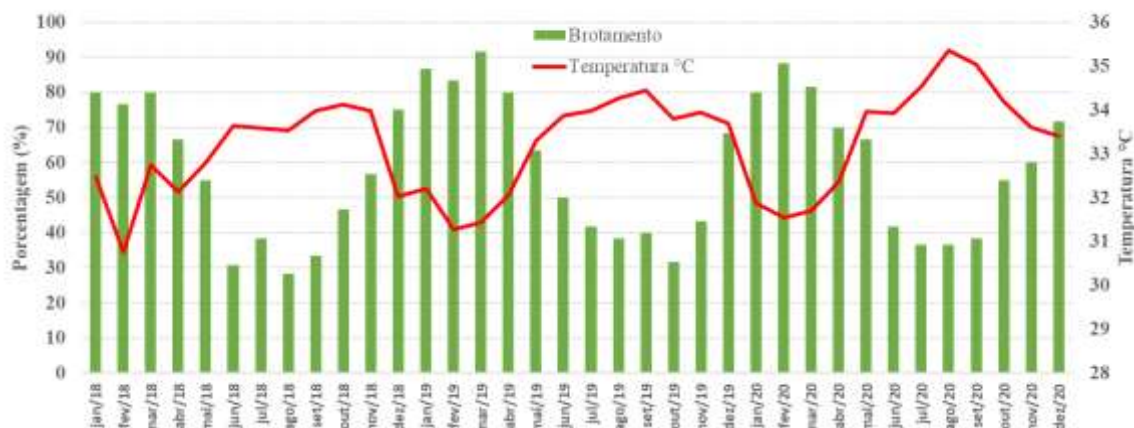


Fonte: Autores (2021).

Vale a pena ressaltar um estudo produzido por Morellato et al., (1990), que afirmaram que as fases vegetativas e reprodutivas estão ligadas aos fatores climáticos, como: temperatura, umidade relativa e precipitação e que a sazonalidade do clima, sobretudo as alterações na precipitação pluvial, influenciam o comportamento fenológico das espécies, uma vez que a mudança da precipitação pluvial ocasiona a periodicidade na ocorrência das fenofases, sendo este o fator fundamental.

No que diz a respeito ao fator abiótico temperatura mensal, os dados apontaram que nas altas temperaturas, teve menor nível de brotamento nas espécies estudadas, colaborando com a idéia que no verão, essas árvores tendem a ter menor fenologia de brotamento (Figura 11).

Figura 11. Dados de temperatura mensal nos últimos três anos (2018 a 2020) em relação a porcentagem de brotamento.



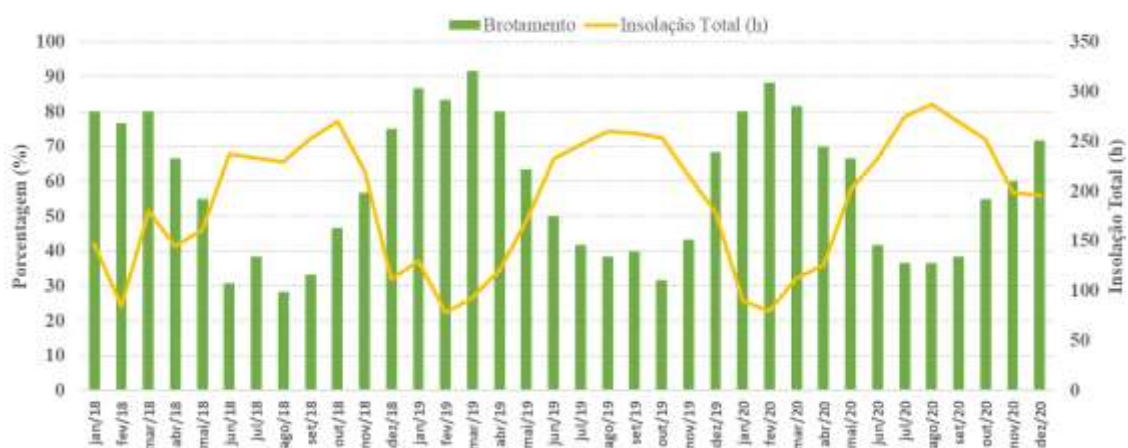
Fonte: Autores (2021).

Sabe-se que o início e a duração das distintas fases de desenvolvimento de uma planta variam de ano para ano, dependendo das condições climáticas (Larcher, 2000) e que essas condições climáticas, principalmente a quantidade de chuvas e a temperatura, influenciam significativamente o comportamento fenológico de uma espécie (Prause & Angeloni, 2000).

O estudo apontou que a curva de dados da insolação total acompanhou o comportamento da temperatura mensal, ou seja, onde ocorreram baixas taxas de insolação total maior foi a porcentagem de brotamento (figura 12).

Populações localizadas em tipos florestais diferentes, porém próximas entre si e sujeitas às mesmas condições climáticas, possuem, em geral, o mesmo comportamento fenológico (Benck & Morellato, 2002).

Figura 12. Dados de temperatura mensal nos últimos três anos (2018 a 2020) em relação a porcentagem de brotamento.

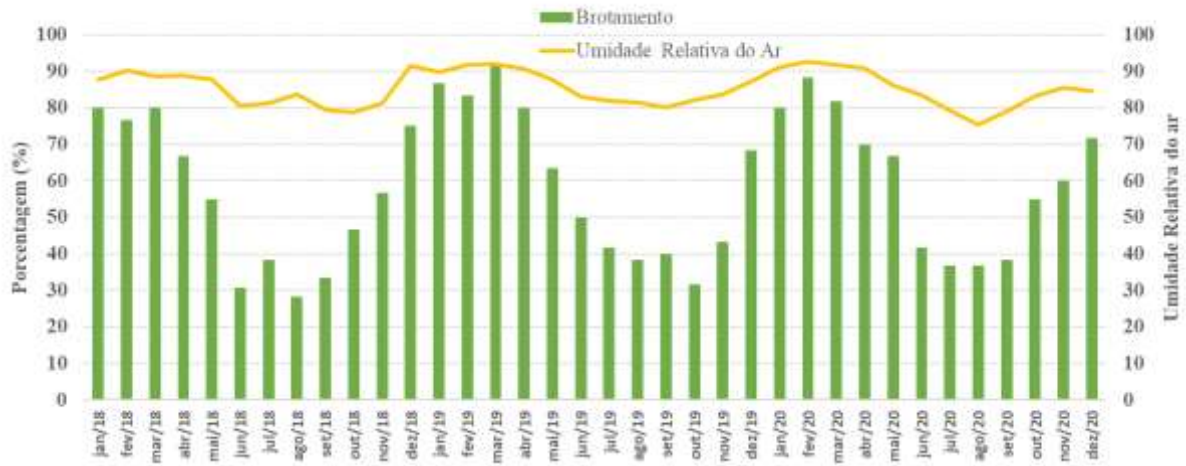


Fonte: Autores (2021).

As tendências fenológicas gerais têm sido descritas em estudos intensivos em vários ecossistemas em todo o mundo. Uma pesquisa conduzida por Morellato (2008), aponta que os estágios do ciclo de vida das plantas são regulados por mudanças periódicas no clima. Outro estudo conduzido pela mesma pesquisadora Morellato e Leitão Filho (1990) e por Morellato et al., (1989, 1990), sugerem que vegetações de climas mais sazonais apresentam maior periodicidade na produção de flores, folhas e

frutos, sendo a alternância de estações seca e úmida apontada como o principal fator envolvido no desencadeamento das fenofases.

Figura 13. Dados mensais de Umidade Relativa do ar nos últimos três anos (2018 a 2020) em relação a porcentagem de brotamento.



Fonte: Autores (2021).

Analisando o perfil da umidade relativa do ar no período estudado. Podemos afirmar que esse fator abiótico basicamente acompanha ligeiramente a porcentagem de brotamento, aonde teve altas porcentagem de brotamento teve aumento razoável na umidade relativa do ar (Figura 13).

c) Floração e frutificação.

Durante o período de avaliação não foi registrado a ocorrência de floração e nem de frutificação das árvores avaliadas. Entretanto, observamos que as copaibeiras estudadas também não produziram óleo-resina (Figura 14). Esse fato deve ser atribuído a não ocorrência dos eventos fenológicos (Floração e Frutificação) que são fundamentais para que ocorra a produção de óleo, levando a concluir que a partir de determinada idade as árvores de copaibeira da espécie *Copaifera martii* (Hayne) param de produzir o óleo-resina, bem como, a existência de árvores ocas e com incidência de pragas.

Figura 14. Perfuração das copaibeiras na Floresta Secundária da Embrapa Amazônia Oriental com o detalhe apontando a falta da ocorrência de óleo-resina.



Fonte: Autores (2021).

Embora já tenha sido observadas árvores de *Copaifera* spp produzindo com mais de 90 anos de idade ainda não foi comprovado uma relação direta existente entre idade e produção de óleo (Medeiros, 2016).

Estas condições ambientais atuam em diferentes escalas espaciais e temporais, funcionando como filtro ambiental para o estabelecimento da diversidade de estratégias de vida das plantas ali encontradas (Moore et al., 2015).

Os padrões fenológicos foram avaliados quanto ao método qualitativo de presença ou ausência de cada fenofase, com observação direta dos indivíduos. No período estudado houve ausência das fenofases Floração e Frutificação (Tabela 2).

Tabela 2. Método qualitativo de presença ou ausência de cada fenofase.

FENOFASES	PRESENÇA	AUSÊNCIA
Brotamento	*	
Queda Foliar	*	
Floração		*
Frutificação		*

Fonte: Autores.

Segundo Morellato et al., (2016) afirmam que a fenologia pode ser subdividida em vegetativa (estudo das folhas) e reprodutiva (composta pela floração e frutificação das plantas). A partir do conhecimento da fenologia da espécie, é possível fazer o uso racional dos recursos vegetais, uma vez que será observado qual o estágio adequado para realização de cada operação

que envolva o uso da planta, além de ser base para a compreensão dos fatores que estimulam a ocorrência do florescimento e frutificação, consequentemente para a sua produção.

Análise estatística

1. Correlação de Spearman (r_s)

Para avaliar o nível de correlação entre os fatores abióticos e as fenofases, foi aplicado o teste de correlação de Spearman com o auxílio do software *Bioestat versão 5.3*, onde este teste é não-paramétrico e possui a finalidade de determinar o grau de associação entre duas variáveis mensuradas, pelo menos, a nível ordinal e dispostas em postos (Ayres et al., 2007).

O coeficiente de correlação de Spearman (r_s), também conhecido como coeficiente de correlação ordinal de Spearman, pode variar entre -1 e +1 e não dependem das unidades de medida das variáveis, o que facilita a sua interpretação (Souza, 2019).

Para aplicação do teste de correlação de Spearman, foram utilizadas as seguintes variáveis:

Fatores Abióticos - Precipitação (mm); Temperatura (°C); Umidade do Ar (%) e Insolação Total (h).

Fenofases - Queda Foliar (%) e Brotamento (%).

O nível de significância adotado foi de 5% (p-valor < 0,05), e as hipóteses construídas foram:

H₀: Não há correlação entre as variáveis dos fatores abióticos em relação as variáveis das fenofases: $r_s = 0$;

H₁: Há correlação entre as variáveis dos fatores abióticos em relação as variáveis das fenofases: $r_s \neq 0$.

De acordo com os resultados da Tabela 3, verifica-se que houve correlação estatisticamente significativa (p-valor < 5%) entre os fatores abióticos e as fenofases das copaibeiras. Rejeita-se, portanto, a hipótese de nulidade (H₀), pois houve correlação entre as variáveis dos fatores abióticos em relação as variáveis das fenofases.

Em relação a Queda Foliar, as variáveis Precipitação ($r_s = -0,685$) e a Umidade do Ar ($r_s = -0,674$) apresentaram correlação negativa, ou seja, quanto menor a precipitação e a umidade do ar, maior é a Queda Foliar. Já em relação as variáveis Temperatura ($r_s = 0,586$) e Insolação Total ($r_s = 0,709$) com a Queda Foliar, houve correlação positiva, ou seja, quanto maior a temperatura e a Insolação Total, maior é o desfolhamento (Tabela 3).

Com relação a variável Brotamento houve correlação negativa com Temperatura ($r_s = -0,773$) e Insolação Total ($r_s = -0,871$), ou seja, quanto menor a temperatura e a insolação total, maior é o brotamento. Já com as variáveis Precipitação ($r_s = 0,838$) e a Umidade do Ar ($r_s = 0,871$) houve correlação positiva com Brotamento, ou seja, quanto maior a precipitação e a umidade do ar, maior é a ocorrência da emissão de folhas (Tabela 3).

Sendo assim, vale ressaltar o estudo produzido por Nunes et al., (2005), que observou que durante a estação seca, as condições para absorção de nutrientes no solo ficam prejudicadas (diminuição do potencial hídrico do solo) e as espécies tenderiam a perder suas folhas, diminuindo a evapotranspiração. Segundo Addicott (1978), dentre os benefícios da perda foliar está a manutenção da homeostase, que garante o balanço hídrico da planta com o meio em que ela se encontra.

Tabela 3. Resultado do coeficiente de correção de Spearman entre as variáveis das fenofases das copaibeiras e as variáveis dos fatores abióticos.

Fatores Abióticos	Fenofases das Coapaibeiras			
	Queda Foliar		Brotamento	
	r_s	p -valor	r_s	p -valor
Precipitação (mm)	-0,685*	< 0,001	0,838*	< 0,001
Temperatura (°C)	0,586*	< 0,001	-0,773*	< 0,001
Umidade do Ar (%)	-0,674*	< 0,001	0,871*	< 0,001
Insolação Total (h)	0,709*	< 0,001	-0,871*	< 0,001

r_s - Coeficiente de correção de Spearman;

p -valor – nível descritivo do teste;

* Valores significativos com nível de significância de 5%.

Fonte: Autores.

As outras fenofases (Floração e Frutificação) em virtude de não ocorrerem nas copaibeiras selecionadas, não foi realizado as análises do Coeficientes de Correlação de Spearman.

Dessa forma, pode ser observado que não é só a precipitação, mas alterações de outros fatores como por exemplo, insolação total, umidade relativa do ar e as variações de temperatura ao longo do ano, que também interferem na fenologia nestes ambientes como apontam outros estudos (Morellato et al., 2000; Marques; Oliveira, 2004).

2. Correlação Linear de Pearson

Após a aplicação do teste de correlação de Spearman, foi aplicado o teste de Correlação de Pearson (matriz de correlação) por meio do software *Bioestat versão 5.3*, para verificar possíveis associações entre todas as variáveis em estudo.

O teste de correlação de Pearson mede o grau da correlação linear entre duas variáveis quantitativas, gerando um coeficiente de Correlação Pearson (r) que pode variar de -1 a 1, e quanto mais próximos desses valores, mais forte é a associação entre as variáveis estudadas. Quando este coeficiente for igual a zero, indica-se a ausência de correlação. O sinal do coeficiente de Correlação Pearson indica direção positiva ou negativa da relação entre as variáveis, isto é, se o sinal for negativo então as variáveis possuem uma relação inversamente proporcional, e se o sinal for positivo então as variáveis possuem uma relação diretamente proporcional (Ayres et al., 2007).

O nível de significância adotado foi de 5% (p -valor < 0,05), e as hipóteses construídas foram:

H₀: Não há associação entre os fatores abióticos e fenofases;

H₁: Há associação entre os fatores abióticos e fenofases;

Por meio da análise da matriz de correlação de Pearson, foi gerado os coeficientes de correlação para todas as variáveis abióticas e bióticas (Tabela 4). No que se refere a fenologia da Queda foliar os dados também apontaram uma correlação positiva com Insolação Total ($r = 0,762$) e Temperatura ($r = 0,657$). E obteve-se uma correlação negativa da Queda Foliar com os fatores Precipitação ($r = -0,707$) e Umidade Relativa do Ar ($r = 0,760$).

Observa-se na Tabela 4, que a fenofase brotamento teve uma alta correlação positiva com a Precipitação ($r = 0,805$) e Umidade Relativa do Ar ($r = 0,888$), e obteve-se correlação negativa quando relacionada com Insolação total ($r = -0,895$) e Temperatura ($r = -0,820$).

Tabela 4. Matriz de Correlação de Pearson das variáveis utilizadas no estudo da fenologia.

Matriz de Correlação	Insolação Total	Precipitação	Temperatura	Umidade Relativa do Ar	Queda Foliar	Brotamento
Insolação Total	1,000	-	-	-	-	-
Precipitação	-0,836*	1,000	-	-	-	-
Temperatura	0,958*	-0,816*	1,000	-	-	-
Umidade R. do Ar	-0,964*	0,869*	-0,921*	1,000	-	-
Queda Foliar	0,762*	-0,707*	0,657*	-0,760*	1,000	-
Brotamento	-0,895*	0,805*	-0,820*	0,888*	-0,838*	1,000

* Coeficientes de Pearson (r) significativos com p-valor < 5%.

Fonte: Autores.

Na relação entre os fatores abióticos, houve correlação positiva entre Insolação Total e Temperatura ($r = 0,958$), e correlação positiva entre Precipitação e Umidade relativa do Ar ($r = 0,869$). Já nas comparações da variável Insolação Total com Precipitação ($r = -0,836$) e com Umidade Relativa do Ar ($r = -0,964$) houve correlação negativa (Tabela 4).

Nas comparações da variável Temperatura com Precipitação ($r = -0,816$) e com Umidade Relativa do Ar ($r = -0,921$) também houve correlação negativa (Tabela 4).

O conhecimento fenológico de uma determinada espécie não permite apenas explicar muitas das reações das plantas às condições climáticas e edáficas, mas também determina a melhor época de utilização dessas espécies (Pinto et al., 2008).

A fenologia vem se mostrando um importante indicador das respostas das plantas às mudanças climáticas globais, estimulando assim, o desenvolvimento de novas tecnologias para o monitoramento fenológico (Richardson et al., 2009; Rosenzweig et al., 2008).

Dessa forma, o monitoramento de padrões fenológicos tem se tornado uma atividade de pesquisa crescente, dado o acelerado nível de mudanças em virtude do desmatamento e a exploração madeireira (Buxton et al., 1996).

Um estudo produzido por Morelato et al., (2000), esclarecem que a relação entre o clima e a fenologia das plantas, e o conhecimento das interações entre as florestas e o ambiente, possibilitam fazer inferências sobre as mudanças que ocorrem nos ecossistemas durante o tempo, funcionando como indicador do impacto ambiental sobre a biodiversidade e fornecimento de serviços ecossistêmicos para a sociedade (e.g., produção de alimento, polinização).

3. Regressão Linear Múltipla

A análise de regressão consiste na realização de uma análise estatística com o objetivo de verificar a existência de uma relação funcional entre uma variável dependente com uma ou mais variáveis independentes, ou seja, a regressão consiste na obtenção de uma equação que tenta explicar a variação da variável dependente pela variação do(s) nível(is) da(s) variável(is) independente(s) (Paternelli, 2004).

A técnica estatística da Regressão Linear Múltipla é usada para estudar a relação entre uma variável dependente e várias variáveis independentes explicativas, no qual procura-se prever o valor de uma variável dependente (Y) a partir de uma variável independente (X) ou preditora, pressupondo que elas assumam modelo linear, e é possível verificar se o modelo proposto é adequado ou não para descrever o fenômeno por meio do Coeficiente de Determinação (R^2), pois ele fornece uma informação auxiliar ao resultado da análise de variância que indica a proporção da variação de Y que é “explicada” pela regressão, ou quanto da variação na variável dependente Y está sendo “explicada” pela variável independente X. (Paternelli, 2004).

Para a aplicação da regressão linear múltiplas, foram utilizadas como variáveis Independentes: Insolação Total (X_1); Precipitação (X_2); Temperatura (X_3) e Umidade Relativa do Ar (X_4). E foram utilizadas como variáveis Dependentes (Y): Queda Foliar e Brotamento.

O nível de significância adotado foi de 5% (p -valor $< 0,05$), e as hipóteses construídas foram:

- Fatores Abióticos x Queda Foliar

H_0 : A Queda Foliar (Y) não é dependente dos fatores abióticos (X_1 , X_2 , X_3 e X_4);

H_1 : A Queda Foliar (Y) é dependente dos fatores abióticos (X_1 , X_2 , X_3 e X_4);

- Fatores Abióticos x Brotamento

H_0 : O Brotamento (Y) não é dependente dos fatores abióticos (X_1 , X_2 , X_3 e X_4);

H_1 : O Brotamento (Y) é dependente dos fatores abióticos (X_1 , X_2 , X_3 e X_4);

Fatores Abióticos x Queda Foliar

Para testar a significância da regressão linear múltipla, foi aplicado o teste F da análise de variância. De acordo com os resultados da Tabela 5, verifica-se que o valor de F (15,64) é significativo ($p < 0,001$) rejeitando-se a hipótese de nulidade (H_0) e aceitando-se a alternativa de que pelo menos uma das variáveis independentes (insolação total; precipitação; temperatura; umidade relativa do ar) influencia na queda foliar.

Tabela 5. Resultado da Análise de Variância com as variáveis dos Fatores Abióticos e Queda Foliar.

Fontes de Variação	Grau de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	p-valor
Regressão	4	11525,00	2881,00	15,64	$< 0,001$
Resíduo	31	5711,93	184,26	-	-
Total	35	17236,63	-	-	-

Fonte: Autores.

Analisando a Tabela 6, pode-se afirmar que a correlação existente entre as variáveis é positiva moderada com coeficiente de determinação $R^2 = 0,626$, ou seja, a regressão explica cerca de 63% da variabilidade dos dados. Com os resultados da regressão linear múltipla, observa-se que dentre os coeficientes parciais de regressão as variáveis independentes que mais explicam a variabilidade da Queda foliar são Insolação total ($p = 0,017$) e Temperatura ($p = 0,016$), pois são estatisticamente significativos (Tabela 6).

Conclui-se que o percentual da variável Queda Foliar (Y) deve aumentar 0,455% para cada acréscimo de uma hora de Insolação Total (X_1). E conclui-se que o percentual da variável Queda Foliar (Y) deve diminuir 18,455% para cada acréscimo de 1°C de Temperatura (X_2).

Tabela 6. Resultado da Regressão Linear Múltipla com as variáveis dos Fatores Abióticos e Queda Foliar.

Variáveis Independentes	Coefficiente Parcial de Regressão	R ²	t	p-valor
Insolação Total	0,455	0,626	2,520	0,017*
Precipitação	-0,030		-1,223	0,231
Temperatura	-18,102		-2,557	0,016*
Umidade R. do Ar	-0,463		-0,230	0,820

Nota: t – Estatística de teste;
 R² - Coeficiente de Determinação.
 Fonte: Autores.

Fatores Abióticos x Brotamento

De acordo com os resultados da Tabela 7, verifica-se que o valor de F (38,57) é significativo ($p < 0,001$) rejeitando-se a hipótese de nulidade (H_0) e aceitando-se a alternativa de que pelo menos uma das variáveis independentes (insolação total; precipitação; temperatura; umidade relativa do ar) influencia no brotamento.

Tabela 7. Resultado da Análise de Variância com as variáveis dos Fatores Abióticos e Brotamento.

Fontes de Variação	Grau de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	p-valor
Regressão	4	11276,39	2819,10	38,57	< 0,001
Resíduo	31	2265,79	73,09	-	-
Total	35	13542,18	-	-	-

Fonte: Autores.

Analisando a Tabela 8, pode-se afirmar que a correlação existente entre as variáveis é positiva moderada com coeficiente de determinação $R^2 = 0,811$, ou seja, a regressão explica cerca de 81% da variabilidade dos dados.

Tabela 8. Resultado da Regressão Linear Múltipla com as variáveis dos Fatores Abióticos e Brotamento.

Variáveis Independentes	Coefficiente Parcial de Regressão	R ²	t	p-valor
Insolação Total	-0,306	0,811	-2,694	0,011*
Precipitação	0,017		1,129	0,267
Temperatura	8,190		1,837	0,076
Umidade R. do Ar	0,809		0,637	0,529

Nota: t – Estatística de teste;
 R² - Coeficiente de Determinação.
 Fonte: Autores.

Com os resultados da regressão linear múltipla, observa-se que dentre os coeficientes parciais de regressão a variável independente que mais explica a variabilidade do Brotamento é Insolação total ($p = 0,011$), pois é estatisticamente significativo (Tabela 8). Conclui-se que o percentual da variável Brotamento (Y) deve diminuir 0,306% para cada acréscimo de uma hora de Insolação Total (X_1).

4. Conclusão

Quando olhamos isoladamente a correlação existente entre os fatores abióticos (precipitação e umidade relativa do ar) com a variável brotamento demonstrou-se ser positiva e bastante significativa, isso aponta que essa variável é dependendo das chuvas para o desenvolvimento de eventos fenológicos vegetativos.

O coeficiente de correlação de Spearman demonstrou uma correlação positiva e significativa com a precipitação total e umidade relativa do ar na fenofase brotamento. Também houve uma correlação mostrou-se positiva para as variáveis insolação total e temperatura para a fenofase desfolhamento.

Em relação ao teste estatístico de correlação de Spearman (rs), revelou que não houve uma relação positiva da precipitação e da umidade relativa do ar no período avaliado para a fenofase “queda foliar”, uma vez que nenhum dos resultados com essa variável demonstrou-se significativo.

Entretanto, essa fenofase foi positiva e significativa em relação ao fator abiótico temperatura e insolação total, registrando uma correlação de (rs)= 0,5860 e (rs)= 0,709 respectivamente. A variável “brotamento” demonstrou-se também positiva e bastante significativa para os fatores abióticos precipitação e umidade relativa do ar, registrando um coeficiente de correlação de (rs)=0,838 e (rs)=0,871 respectivamente.

As outras fenofases (Floração e Frutificação) em virtude de não ocorrerem nas copaibeiras selecionadas, não houve as análises do Coeficientes de Correção de Spearman, Matriz de Correção e Análise de regressão múltipla. Árvores cultivadas de copaibeira da espécie *Copaifera martii* Hayne com idade superior a 47 anos e sob as condições climáticas avaliadas não apresentam floração e nem frutificação, conseqüentemente, não produzem o óleo-resina.

Através da análise da matriz de correlação no que se refere a fenologia da queda foliar os dados apontaram uma correlação positiva de 0,762 em relação ao fator abiótico Insolação total e 0,657 para a variável temperatura. A fenofase brotamento teve uma alta correlação positiva com a precipitação e umidade relativa do ar, registrando o valor de 0,805 e 0,888 respectivamente. Com os resultados da regressão linear múltipla, observa-se que dentre os coeficientes parciais de regressão as variáveis independentes que mais explicam a variabilidade da Queda foliar são Insolação total ($p = 0,017$) e Temperatura ($p = 0,016$), pois são estatisticamente significativos. Conclui-se que o percentual da variável Brotamento (Y) deve diminuir 0,306% para cada acréscimo de uma hora de Insolação Total (X_1).

Neste sentido, este estudo é de extrema relevância pois traz conhecimentos ecológicos ligados aos aspectos vegetativos da espécie, colaborando com a conservação e podem determinar ações estratégicas sustentáveis do seu uso. Haja vista que essas informações determinam a melhor época de utilização da espécie.

Entretanto, sugerimos para trabalhos futuros a continuidade nas observações associados aos eventos fenológicos, para que possa ser avaliado a maior ou menor interferência dos fatores bióticos e abióticos nos padrões fenológicos apresentados ao longo dos vários ciclos da espécie.

Referências

- Addicott, F. T. (1978). Abscission strategies in the behavior of tropical trees. In: Tomlinson, P. B. & Zimmerman, M. H. (Ed.). Tropical trees as living systems. Cambridge University Press, 381-398.
- Ayres, M., Ayres Júnior, M., Ayres, D. L., & Santos, A. S. (2007). BIOESTAT 5.0 – Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. (5a ed.), ONG Mamiraua: Belém.
- Bauer, D., Goez, M. N. B., Muller, A., & Schmitt, J. L. (2012). Fenologia de três espécies de Myrsine l. em floresta secundária semidecídua no Sul do Brasil. *Revista Árvore*, 36, 859-868.
- Bawa, K. S., Kang, H., & Grayum, M. H. (2003). Relationship among time, frequency, and duration of flowering in tropical rain forest. *American Journal of Botany*, 90, 877-887.
- Bencke, C. S. C., & Morellato, L. P. C. (2002). Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta atlântica no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 25(2), 237-48.

- Bernini, E. (2015). Monitoramento do ecossistema manguezal: fenologia reprodutiva. In: Turra, A., and Denadai, MR., orgs. Protocolos para o monitoramento de habitats bentônicos costeiros - Rede de Monitoramento de Habitat Bentônicos Costeiros- Rebentos [online]. São Paulo: Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 81-86.
- Buxton, D. R. (1996). Quality-related characteristics of forages as influenced by plant environment and agronomic factors. *Animal Feed Science and Technology*, 59 (1-3), 37–49, doi:10.1016/0377-8401(95)00885-3.
- Chapman, C.A, Wrangham, R.W., Chapman, L. J., Kennard, D.K., Zanne, Corlett, R. T., & Lafrankie, J. V. (1998). Potential impacts of climate change on tropical Asian forest through an influence on phenology. *Climatic Change*, 39, 439-453.
- Costa, A. S., Queiroz, J. C. B., Chermont, L. S., Lameira, O. A., Souza, E. B., Diniz, M. B., Moura, H. P., & Costa, D. L. C. (2021). Deforestation forecasts in the Legal Amazon using intervention models. *Research, Society and Development*, 10
- Chaves, A. D. C. G., Santos, R. M. D. S., Santos, J. O. D., Fernandes, A. D. A., & Maracajá, P. B. (2013). A importância dos levantamentos florístico e fitossociológico para a conservação e preservação das florestas. *Agropecuária Científica No Semiárido*, 9(2), 43-48.
- D’êça Neves, F.F & Morellato, P.L. (2004). Métodos de amostragem e avaliação utilizados em estudos fenológicos de florestas tropicais. *Acta bot. bras.* 18(1): 99-108.
- Dwyer, I. D. (1951). The Central American, West Indian and South American Species of Copaifera (Caesalpiniaceae). *Brittonia*, 7(3):143-172.
- Ellison, J. C. (2012). Climate Change Vulnerability Assessment and Adaptation Planning for Mangrove Systems. *World Wildlife Fund (WWF)*.
- Faria, F. A., Almeida, J., Alberton, B., Morellato, L.P.C., Rocha, A., & Torres, R.S. (2016). Time series-based classifier fusion for fine-grained plant species recognition, *Pattern Recognition Letters*, 81, 101-109.
- Ferraz, D. K., Artes, R., Mantonavi, W., & Magalhães, L. M. (1999). Fenologia de árvores em fragmento de mata em São Paulo, SP. *Revista Brasileira de Biologia*, 59, 305-317.
- Franco, A. C., Bustamante, M., Caldas, L. S.; Goldstein, G., Meinzer, F. C., Kozovits, A. R., Rundel, P., & Coradin, V. R. T. Leaf functional traits of Neotropical savanna trees in relation to seasonal water deficit. *Trees*, 19, 326-335, 2005.
- Funch, L.S., Funch, R., & Barroso, G.M. (2002). Phenology of gallery and montane forest in the Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. *Biotropica* 34, 40-50.
- Knechtel, M. R. (2014) Metodologia da pesquisa em educação: uma abordagem teórico-prática dialogada. Curitiba: Intersaberes.
- Larcher, W. (2000). Ecofisiologia vegetal. São Carlos: Rima – Artes e Textos. 531 p.
- Lucena, I. C., Leite, M. B., & Matos, D. M. S. (2015). A deciduidade foliar indica a vulnerabilidade de espécies lenhosas ao fogo. *Revista Árvore*, 39, 59-68.
- Magurran, A. E. (2013). *Measuring Biological Diversity*. John Wiley & Sons.
- Mantovanii, M., Ruschel, A. R., Reis, M. S., Puchalski, A., & Nodari, R. O. (2003). Fenologia reprodutiva de espécies arbóreas em uma formação secundária da Floresta Atlântica. *Revista Árvore*, 27, 451-458.
- Marques, M. C. M., & Oliveira, P. E. A. M. (2004). Fenologia de espécies do dossel e do sub-bosque de duas florestas de restinga na ilha do Mel, sul do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 27, 713-723.
- Medeiros, R. da S. (2016). Estudo da anatomia e dendrocronologia de árvores de *Copaifera multijuga* Hayne na Amazônia brasileira e sua relação com o manejo e extração de oleoresina. Tese de Doutorado. ESALQ, 189p.
- Moore, J. W. (2015). Life- History diversity and its importance to population stability and persistence of a migratory fish: Steelhead in two large North American watersheds. *Journal of Animal Ecology*, 83, 1035–1046.
- Morellato, L. P. C., & Leitão-Filho, H. F. (1990). Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta mesófila na Serra do Japi, Jundiá, SP. *Revista Brasileira de Biologia*, 50, 163-173.
- Morellato, L. P. C., & Leitão-Filho, H. F. (1996). Reproductive phenology of climbers in Southeastern Brazilian forest. *Biotropica*, v. 28(2), p.180-191.
- Morellato, L. P. C., Rodrigues, H. F., Leitão Filho, H. F. & Joly, C. A. (1990). Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta de altitude na Serra do Japi, Jundiá, São Paulo. *Revista Brasileira de Biologia*, 50, 149- 162.
- Morellato, L. P. C., Rodrigues, R. R., Leitão Filho, H. F., & Joly, C. A. (1989). Estudo Comparativo da fenologia de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta mesófila semidecídua na Serra do Japi, Jundiá, São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica*, 12, 85-9.
- 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, 811-823.
- Morellato, L.P.C. (2008). Fenologia de plantas e os efeitos das mudanças climáticas. pp. 181-191. In: Buckeridge, M.S. (Ed.) *Biologia & Mudanças Climáticas no Brasil*: Rima.
- 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.
- Nunes, Y. R. F., Fagundes, M., Santos, R. M., Domingues, E. B. S., Almeida, H. S., & Gonzaga, A. P. D. (2005). Atividades fenológicas de *Guazuma ulmifolia* Lam. (Malvaceae) em uma floresta estacional decidual no norte de Minas Gerais. *Lundiana*, 6, 99-105.

- Oliveira, P.E. (2008). Fenologia e biologia reprodutivas espécies de cerrado. In: Sano, S. M.; Almeida, S. P. & Ribeiro, J.F. (eds.). Cerrado: ecologia e flora. EMBRAPA, Planaltina, DF. 273-287.
- Pedroni, F., Sanchez, m., & Santos, F.A.M. (2002). Fenologia da copaíba (Copaifera langsdorffii Desf. – Leguminosae, Caesalpinioideae) em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. *Revista Brasil. Bot.*, 25, 183-194.
- Peternelli, L. A. (2004). Regressão linear e correlação. UFV, Cap. 9, p. 20.
- Pinto, A. M., Morellato, L. P. C., & Barbosa, A. P. (2008). Fenologia reprodutiva de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. Fabaceae em duas áreas de floresta amazônica. *Acta Amazônica*.
- Polgar, C. A., & Primack, R. B. (2011). Leaf-out phenology of temperate woody plants: from trees to ecosystems. *New Phytologist*, 191, 926-941.
- Prause, J., & Angeloni, P. (2000). Fenología de especies forestales nativas: abscisión de hojas. Chaco: Universidad Nacional del Nordeste: Comunicaciones Científicas y Tecnológicas, Sargento Cabral 2131 - (3400) Corrientes - Argentina.
- Reis, M. (1996). Dinâmica da movimentação dos alelos: subsídios para a conservação e manejo de populações naturais em plantas. *Revista Brasileira de Genética*, 19, 37-47.
- Reis, M. S. et al. (2000). Sustained yield management of *Euterpe edulis* Martius (Palmae): a tropical palm tree from the Atlantic Tropical Forest. *Journal of Sustainable Forestry*, 11, 1-17.
- Richardson, A. D., Braswell, B. H., Hollinger, D. Y., Jenkins, J. P., & Ollinger, S. V. (2009). Near-surface remote sensing of spatial and temporal variation in canopy phenology. *Ecological Applications*, 19, 1417-1428.
- Rocha, N. M. B., Carstensen, D. W., Fernandez, G. W., & Morellato, L. P.C. (2016). Phenology patterns across a rupestrian grassland altitudinal gradient. In: *Ecology and conservation of mountain-top grasslands in Brazil* (GW Fernandes Ed.), Springer, 275-286.
- Rosenzweig, C., Karoly, D., Vicarelli, M., Neofotis, P., Wu, Q., Casassa, G., Menzel, A., Root, T. L., Estrella, N., Seguin, B., Tryjanowski, P., LIU, C., Rawlins, S., & Imeson, A. (2008). Attributing physical and biological impacts to anthropogenic climate change. *Nature*, 453, 353-7.
- Santos, P. L. (2007). Fenologia de *tapirina guianensis* aubl. e *caesalpinia leiostachya* benth. em São Cristóvão-SE. 2007. 44f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Sergipe, Sergipe.
- Schwartz, M. D. (2003). Phenology: an integrative environmental science. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Silva Júnior, J. A., Costa, A. C. L., Pezzuti, J. C. B., Costa, R. F., & Galbraith, D. (2012). Análise da Distribuição Espacial do Conforto Térmico na Cidade de Belém, PA no Período Menos Chuvoso. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 2, 218-232.
- Souza, A. (2019). Coeficiente de Correlação de Pearson e Coeficiente de correlação de Spearman. O que medem e em que situações devem ser utilizados? *Correio dos Açores*, p. 19.
- Talora, D. C., & Morellato, L. P. C. (2000). Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 23, 13-26.
- Torres, R. S., Hasegawa, M., Tabbone, S., Almeida, J., Santos, J. A., Alberton, B., & Morellato, L. P. C. (2013). Shape-based time series analysis for remote phenology studies. *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, pp. 1-4.
- Williams-Linera, G., & Meave, J. (2002). Patrones fenológicos. In: *Ecología y conservación de bosques neotropicales* (M. R. Guariguata & G. H. Kattan, eds.). *Libro Universitario Regional*, p. 407-431.
- Zar, J. 1999. Biostatistical analysis. Prentice-Hall.