

## USO DE GEOTECNOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DA FENOLOGIA DE ESPÉCIES ARBÓREAS NA AMAZÔNIA SUL OCIDENTAL

ERICA KEROLAINE MENDONÇA DOS SANTOS<sup>1</sup>, SYMONE MARIA DE MELO FIGUEIREDO.<sup>2</sup> e EVANDRO ORFANÓ FIGUEIREDO<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Esp. Gestão Ambiental e Manejo Florestal, Analista de Geop. IMAC, Rio Branco, erica.kerolaine@ufac.br;

<sup>2</sup> Dra. em Ciência Florestal, Prof. Adj. CCBN, UFAC, Rio Branco-AC, symone.figueiredo@ufac.br;

<sup>3</sup> Dr. em Ciência Florestal, Pesquisador Embrapa- Acre, Rio Branco-AC, evandro.figueiredo@embrapa.br;

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
07 a 10 de outubro de 2024

**RESUMO:** O estudo analisou a fenologia de cinco espécies arbóreas (*Ceiba pentandra*, *Parkia nitida*, *Dipteryx odorata*, *Phyllocarpus riedelii* e *Schizolobium amazonicum*) em uma floresta ombrófila na Amazônia, utilizando *Unmanned Aircraft Systems* (UAS) e câmeras de alta resolução. A pesquisa foi conduzida na floresta experimental da Embrapa Acre, onde foram observados 50 indivíduos ao longo de dois anos. As ortoimagens capturadas com UAS permitiram o monitoramento detalhado das copas das árvores, revelando padrões fenológicos distintos para cada espécie. As observações incluíram ciclos de floração, frutificação e mudança foliar, os quais foram correlacionados com dados climáticos, principalmente a precipitação. Os resultados indicaram que *Ceiba pentandra* e *Schizolobium amazonicum* apresentaram floração e frutificação anuais, com perda foliar sincronizada com a estação seca. *Parkia nitida* demonstrou rápida renovação foliar, enquanto *Dipteryx odorata* exibiu um ciclo mais prolongado de renovação de folhas. *Phyllocarpus riedelii* perdeu suas folhas durante a estação seca, recompondo a copa com o aumento das chuvas. A utilização de geotecnologias, como UAS, mostrou-se eficaz para o monitoramento fenológico em áreas de difícil acesso, fornecendo subsídios importantes para o manejo sustentável e a conservação das florestas amazônicas, especialmente frente às mudanças climáticas e pressões humanas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Unmanned Aircraft Systems (UAS), ortoimagem, monitoramento.

### USE OF GEOTECHNOLOGY FOR PHENOLOGICAL ASSESSMENT OF TREE SPECIES IN THE SOUTHWESTERN AMAZON

**ABSTRACT** The study analyzed the phenology of five tree species (*Ceiba pentandra*, *Parkia nitida*, *Dipteryx odorata*, *Phyllocarpus riedelii*, and *Schizolobium amazonicum*) in an Amazonian ombrophilous forest, using Unmanned Aircraft Systems (UAS) and high-resolution cameras. The research was conducted in the experimental forest of Embrapa Acre, where 50 individuals were observed over two years. Orthoimages captured with UAS allowed detailed monitoring of tree canopies, revealing distinct phenological patterns for each species. The observations included flowering, fruiting, and leaf change cycles, which were correlated with climatic data, particularly precipitation. The results indicated that *Ceiba pentandra* and *Schizolobium amazonicum* exhibited annual flowering and fruiting, with leaf loss synchronized with the dry season. *Parkia nitida* demonstrated rapid leaf renewal, while *Dipteryx odorata* exhibited a more prolonged leaf renewal cycle. *Phyllocarpus riedelii* shed its leaves during the dry season, reestablishing its canopy as rainfall increased. The use of geotechnologies, such as UAS, proved effective for phenological monitoring in hard-to-reach areas, providing important insights for sustainable management and conservation of Amazonian forests, particularly in the face of climate change and human pressures.

**KEYWORDS:** Unmanned Aircraft Systems (UAS), orthoimage, monitoring.

### INTRODUÇÃO

A fenologia, ciência que estuda os fenômenos periódicos dos seres vivos e sua relação com as variações sazonais do ambiente, é uma ferramenta essencial para compreender a dinâmica das comunidades florestais, especialmente em ecossistemas complexos como as florestas tropicais. A

floresta amazônica, com sua rica diversidade de espécies arbóreas, apresentam padrões fenológicos complexos e variáveis, influenciados por fatores abióticos e bióticos, que demandam metodologias precisas para o seu estudo (Fournier 1974; Cardoso, 2007).

Nos últimos anos, o avanço das tecnologias de geoprocessamento e sensoriamento remoto tem proporcionado novas abordagens para o monitoramento fenológico. Entre essas, destaca-se o uso de *Unmanned Aircraft Systems* (UAS), que permitem a obtenção de ortoimagens de alta resolução em áreas de difícil acesso, como as florestas densas (Figueiredo *et al.*, 2018). Essas imagens, aliadas à análise fenológica, oferecem uma visão detalhada dos ciclos de vida das espécies arbóreas e suas respostas às variações ambientais (Santos, Figueiredo e Figueiredo, 2019).

Este estudo tem como objetivo analisar a fenologia de cinco espécies madeiráveis em uma área de floresta ombrófila, utilizando ortoimagens obtidas por UAS. A abordagem visa contribuir para o entendimento das interações entre as espécies arbóreas e os fatores ambientais, oferecendo subsídios para a conservação e manejo sustentável desses ecossistemas. A utilização de UAS nos estudos da fenologia florestal representa uma inovação metodológica que pode revolucionar o monitoramento das florestas tropicais, proporcionando dados mais precisos e abrangentes sobre a dinâmica fenológica das espécies arbóreas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na floresta experimental da Embrapa Acre, localizada nas proximidades de Rio Branco, Acre, Brasil, com coordenadas centrais UTM/WGS84 19L 643951E e 8890451N. A área de estudo, abrange aproximadamente 71,88 hectares de Área de Preservação Permanente (APP), é atravessada por pequenos canais de drenagem pertencentes às microbacias do Igarapé da Colônia e do Igarapé Forquilha. O reconhecimento em campo foi realizado através de trilhas florestais com escolha de árvores matrizes com copa perfeita.

Para a coleta de dados, foi utilizado um multirrotor, modelo DJI Phantom 4 Professional, equipado com sensores eletrônicos, bússola, acelerômetro, giroscópio de seis eixos, sistema GNSS (GPS e Glonass), e sensores ultrassônicos e infravermelhos de desvio de obstáculos. A aeronave possui uma câmera com sensor RGB de 1" CMOS de 20 megapixels, com lente de autofoco de 24 mm acoplada a um *gimbal* de três eixos para estabilização da imagem (DJI, 2018). A UAS possui capacidade máxima de voo de 30 minutos, entretanto os voos foram limitados a metade desse tempo por questões de segurança. A estação de solo utilizada era equipada com um dispositivo móvel Galaxy S9, com capacidade de armazenamento de 65 GB.

Foi utilizada a câmera Nikon COOLPIX B700, que possui lente objetiva com zoom óptico de 60x, cobrindo distâncias focais de 24 mm a 1440 mm (equivalente ao formato de 35 mm). Com 20,3 milhões de pixels efetivos (Nikon, 2018), o equipamento foi empregado para capturar imagens detalhadas das copas das árvores, complementando os dados obtidos com a UAS.

As espécies arbóreas de interesse foram selecionadas a partir de um inventário prévio realizado na área de estudo, que incluiu todas as espécies com DAP (Diâmetro à Altura do Peito) igual ou superior a 50 cm. Cinco espécies foram selecionadas, com dez indivíduos por espécie, totalizando 50 árvores observadas. As observações fenológicas foram realizadas mensalmente durante o primeiro ano, utilizando UAS, e quinzenalmente durante o segundo ano, utilizando tanto UAS quanto a câmera de superzoom. As imagens capturadas por UAS foram processadas para gerar ortofotos, que permitiram a análise das copas das árvores ao longo do tempo e comparadas com as imagens da câmera de alta resolução capturadas em solo.

Os dados climáticos diários foram coletados na estação meteorológica da Embrapa Acre, localizada a menos de 3 km da área de estudo. Os dados de precipitação foram obtidos para o período de janeiro de 2017 a fevereiro de 2019, com o objetivo de correlacioná-los com os eventos fenológicos observados.

A avaliação fenológica seguiu a metodologia proposta por Araújo (1970), com a observação das fenofases de floração, frutificação e mudança foliar. As fenofases foram registradas durante as coletas de campo e comparadas com as ortofotos geradas. A classificação dos padrões fenológicos

seguiu o modelo de Newstrom *et al.* (1994), categorizando os eventos em termos de época, duração e frequência.

A síndrome de dispersão das espécies estudadas foi determinada com base em referências bibliográficas, e os padrões fenológicos observados foram registrados em fichas de campo elaboradas especificamente para o estudo. As informações coletadas foram compiladas e analisadas para desenvolver um calendário fenológico das espécies, correlacionando os eventos fenológicos com os dados climáticos obtidos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo fenológico das cinco espécies arbóreas mencionadas revelou comportamentos distintos ao longo das estações do ano, capturados por meio de ortoimagens obtidas com o uso de UAS (*Unmanned Aircraft Systems*) e câmera de alta resolução em solo, o que condiz com a heterogeneidade existente na floresta amazônica e com os padrões de distribuição de precipitação pluviométrica (Santos, Figueiredo e Figueiredo, 2020).

*Ceiba pentandra* demonstrou um padrão de ciclo anual, com a perda de folhas ocorrendo principalmente entre maio e novembro (figura 01- *Ceiba pentandra*). A floração foi observada entre junho e julho, e a frutificação entre janeiro e abril. No Brasil, há variações com a floração ocorrendo de maio a fevereiro e frutificação de março a novembro, refletindo a ampla distribuição geográfica da espécie (Lorenzi, 2002). Em setembro de 2018 observado o ataque de lagarta (não identificada) à espécie, exceto nos indivíduos que encontravam-se com os frutos abertos em processo de dispersão de sementes. Todos os frutos possuíam plúmula abundante. Tais resultados diferem dos constatados por UFAM (2016), realizado na região norte da Amazônia Ocidental, o qual relata que a frutificação ocorre entre novembro-dezembro. Porém estão em concordância com Lorenzi (2002) que relata em seus estudos, om área de observação ao longo a Amazônia, que os frutos amadurecem de setembro a novembro.

*Parkia nitida* apresentou mudanças foliares rápidas, com a senescência (figura 01- *Parkia nitida*) iniciando em agosto e as copas já compostas por folhas novas em outubro. Este rápido ciclo de renovação foi constatado em ambos os anos analisados, indicando uma adaptação eficiente às condições ambientais. A irregularidade na produção de flores e frutos pode ser explicada o grande pico de produção em safra anterior, comprovado por fruto ainda persistente em maio de 2018. Segundo Pinã- Rodrigues Figliosa e Silva (2015) anos em que ocorre picos de produção podem ser seguidos de períodos de produção irregular. De modo geral quando há picos estes afetarão a quantidade e a qualidade dos próximos ciclos.

No que se refere a *Dipteryx odorata*, a espécie manteve suas folhas jovens por um período prolongado, superior a um mês, devido à estrutura foliar densa e ao tamanho dos folíolos, que requerem mais tempo para produção e crescimento. As copas apresentaram um tom acinzentado, possivelmente devido à presença de cera na folhagem (figura 01 - *Dipteryx odorata*). A espécie permanece renovando suas folhagens por um período superior a um mês (setembro-novembro), isso se deve a estrutura foliar ser mais densa e ao tamanho do folíolo ser grande, o que demanda mais tempo para a sua produção e crescimento (Lorenzi, 2002).

*Phyllocarpus riedelii* manteve sua copa repleta de folhas velhas durante os meses de abril e maio e também de outubro a dezembro, em ambos os anos. O período de senescência foi menor no ano de 2017, durando apenas o mês de junho, mês com menor precipitação e alongando-se até agosto no ano de 2018, meses com baixa precipitação (figura 01 - *Phyllocarpus riedelii*). À medida que a precipitação diminui esta espécie perde suas folhas e ao passo que a quantidade de chuva aumente a mesma recompõe copa.

**Figura 01:** Recorte de ortofoto das espécies objeto de estudo (*C. pentandra* em agosto; *P. nitida* em outubro; *D. odorata* em outubro; *P. riedelii* em julho; *S. amazonicum* em julho. Em A ( 2017) em B (2018).



*Schizolobium amazonicum* apresentou floração em julho do ano de 2017 e a ausência da mesma no ano de 2018 (figura 01- *Schizolobium amazonicum*). No mês de agosto a espécie estava desfolhada em ambos os anos. A mesma obteve copa completamente reestabelecida no mês de outubro nos períodos avaliados. Segundo Pereira *et al.*(1982), a floração da espécie acontece entre maio e julho, com perda parcial ou total das folhas o que está em conforme com o observado em campo e a frutificação é anual e ocorre entre os meses de agosto e setembro, a disseminação ocorre nos meses de agosto a novembro de acordo com a distribuição das chuvas (Souza *et al.*, 2003; AMATA, 2009).

#### CONCLUSÃO

O estudo realizado utilizando imagens obtidas por UAS em conjunto com câmeras de alta resolução demonstrou ser eficaz para a análise fenológica de espécies arbóreas em floresta ombrófila.

Espécies como *Ceiba pentandra*, *Parkia nitida*, *Dipteryx odorata*, *Phyllocarpus riedelii*, e *Schizolobium amazonicum* apresentaram padrões fenológicos distintos que puderam ser documentados e correlacionados com variações sazonais e ambientais. Esses resultados ressaltam a importância das geotecnologias para o monitoramento preciso e contínuo de espécies florestais, contribuindo para a conservação e manejo sustentável das florestas amazônicas. A análise fenológica detalhada permite uma melhor compreensão dos ciclos de vida dessas espécies, essencial para o planejamento de estratégias de conservação em cenários de mudanças climáticas e pressões antrópicas.

#### AGRADECIMENTOS

Ao Capes/UFAC pela concessão de bolsa de pesquisa ao primeiro autor, Embrapa-Acre por todo apoio logístico e operacional.

#### REFERÊNCIAS

- AMATA. Revisão sobre o paricá: *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke. São Paulo: AMATA, 2009. 106 p.
- Araujo, C. V. Fenologia de essências florestais amazônicas. *Boletim do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia*, v. 4, n. 1, p. 1-25, 1970.
- Cardoso, G. L. Composição florística e fenologia de quatro áreas de floresta de terra firme com diferentes históricos de alteração antrópica no município de Manaus. 2007. 294 f. Tese (Doutorado em Diversidade Biológica, área de concentração em Caracterização da Biota Amazônica) – Universidade Federal do Amazonas, Colombo.
- Figueiredo, E. O.; Figueiredo, S. M. M.; D’Oliveira, M. V. N.; Santos, E. K. M. Manejo florestal 4.0: calendário preliminar de inventário florestal com aeronaves remotamente pilotadas. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2018.
- DJI. hantom 4 Pro Disponível em <<https://www.dji.com/br/phantom-4-pro-v2>>; acesso em 06 de maio de 2018.
- Fournier, L. A. Um método cuantitativo para la medición de características fenológicas em árboles. *Turrialba*, v. 24, n. 4, p. 422-423, 1974.
- Lorenzi, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 4. ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002. v. 1. 384 p.
- Newstron, L. E.; Frankie, G. W.; Baker, H. G. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica*, v. 26, p. 141-159, 1994.
- NIKON. Objetiva Nikkor com zoom ótico de 60x. Disponível em: [https://www.nikon.pt/pt\\_PT/product/digital-cameras/coolpix/bridge/coolpix-b700#tech\\_specs](https://www.nikon.pt/pt_PT/product/digital-cameras/coolpix/bridge/coolpix-b700#tech_specs). Acesso em: 02 fev. 2019.
- Piña-Rodrigues, F. C. M.; Figliosa, M. B.; Silva, A. da. Sementes florestais tropicais: da ecologia à produção. Londrina: ABRATES, 2015.
- Pereira, A. P.; Melo, C. F. M.; Alves, S. de M. O paricá (*Schizolobium amazonicum*): características gerais da espécie e suas possibilidades na indústria de celulose e papel. 1982.
- Santos, E. K. M.; Santos, M. S.; Ferreira, E. J. L.; Lima, P. R. F.; Pinheiro, R. M.; Dias, M. S. S. Aspectos fenológicos da produção de frutos da palmeira *Attalea phalerata* Mart. ex Spreng., uma espécie promissora para a produção de biodiesel no leste do Acre. *II Congresso Regional de Pesquisa do Estado do Acre e XXV Seminário de Iniciação Científica da Universidade Federal do Acre – UFAC*, Rio Branco, AC, 2016.
- Santos, E. K. M.; Santos, M. S.; Ferreira, E. J. L.; Lima, P. R. F.; Pinheiro, R. M.; Dias, M. S. S. Comportamento Fenológico de Espécies Florestais Detectado por Sistemas Aéreos não Tripulados. Biodiversidade e biotecnologia no Brasil 1, Capítulo 17 ISBN: 978-65-86283-28-0. 2020.
- Souza, C. R.; Rossi, L. M. B.; Azevedo, C. P.; Vieira, A. H. Paricá: *Schizolobium parayiba* var. *amazonicum* (Huber x Ducke) Barneby. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2003.
- UFAM. Manejo de sementes para o cultivo de espécies florestais da Amazônia. Manaus: Ed. Brasil Seikyo, 2016.