



COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA, ESTRUTURA POPULACIONAL E DINÂMICA DE UM FRAGMENTO DE FLORESTA SECUNDÁRIA NA AMAZÔNIA ORIENTAL, PARÁ, BRASIL

Jesomi Jonatan da Costa Abreu¹
Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo²
Helaine Cristine Gonçalves Pires³

RESUMO

Objetivo: O objetivo deste estudo é analisar a composição florística, a estrutura populacional e a dinâmica temporal de um fragmento de floresta secundária em São João de Pirabas, Pará, buscando compreender seu estágio sucessional e os fatores que influenciam sua regeneração.

Referencial Teórico: A pesquisa fundamenta-se em estudos sobre sucessão ecológica, dinâmica de florestas secundárias e sensoriamento remoto. Destacam-se contribuições de Chazdon, Laurance, Poorter e Almeida, que discutem regeneração natural, padrões florísticos e uso de índices de vegetação como o NDVI para avaliação temporal.

Método: A investigação combinou inventário florestal, análise fitossociológica, distribuição diamétrica e processamento de imagens Landsat (2004, 2015, 2024). Foram calculados NDVI, parâmetros estruturais, índice de Shannon e equabilidade de Pielou para caracterização ecológica do fragmento.

Resultados e Discussão: Observou-se dominância de *Manilkara bidentata*, *Tapirira guianensis* e *Symphonia globulifera*, padrão típico de florestas secundárias intermediárias. A distribuição diamétrica em “J” invertido indica forte recrutamento. O NDVI revelou queda após 2004, sugerindo perturbações recentes. A diversidade moderada reflete transição entre estágios sucessionais.

Implicações da Pesquisa: Os resultados auxiliam na compreensão da regeneração florestal na Amazônia Oriental, contribuindo para estratégias de manejo, conservação e restauração ecológica regional.

Originalidade/Valor: O estudo integra florística, estrutura e dinâmica temporal em área pouco investigada, oferecendo diagnóstico robusto de um fragmento secundário e ampliando o conhecimento sobre sucessão na paisagem amazônica.

Palavras-chave: Floresta Secundária, Fitossociologia, NDVI, Amazônia Oriental, Sucessão Ecológica.

FLORISTIC COMPOSITION, POPULATION STRUCTURE AND DYNAMICS OF A SECONDARY FOREST FRAGMENT IN THE EASTERN AMAZON, PARÁ, BRAZIL

ABSTRACT

Objective: This study aims to analyze the floristic composition, population structure, and temporal dynamics of a secondary forest fragment in São João de Pirabas, Pará, in order to understand its successional stage and the factors driving its regeneration.

Theoretical Framework: The research is grounded in studies on ecological succession, secondary forest dynamics, and remote sensing. Key contributions by Chazdon, Laurance, Poorter, and Almeida highlight natural regeneration patterns, floristic structure, and the use of NDVI for temporal assessment.

¹ Universidade Federal do Pará, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. E-mail: jonatanabreu1997@gmail.com

² Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, Pará, Brasil. E-mail: ruivo@museu-goeldi.br

³ Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pará, Brasil. E-mail: helaine.pires@ufra.edu.br



Method: The study combined forest inventory, phytosociological analysis, diameter distribution, and processing of Landsat images (2004, 2015, 2024). NDVI, structural parameters, Shannon diversity index, and Pielou's evenness were calculated to characterize the fragment.

Results and Discussion: The dominance of *Manilkara bidentata*, *Tapirira guianensis*, and *Symphonia globulifera* indicates an intermediate successional stage. The inverted "J" diameter distribution suggests active recruitment. NDVI declined after 2004, indicating recent disturbances. Moderate diversity reflects a transitional successional phase.

Research Implications: Findings support management, conservation, and ecological restoration strategies in Eastern Amazonia.

Originality/Value: The study integrates floristic, structural, and temporal analyses in an underexplored area, offering a robust diagnosis of secondary forest regeneration.

Keywords: Secondary Forest, Phytosociology, NDVI, Eastern Amazon, Ecological Succession.

COMPOSICIÓN FLORÍSTICA, ESTRUCTURA POBLACIONAL Y DINÁMICA DE UN FRAGMENTO DE BOSQUE SECUNDARIO EN LA AMAZONIA ORIENTAL, PARÁ, BRASIL

RESUMEN

Objetivo: Este estudio tiene como objetivo analizar la composición florística, la estructura poblacional y la dinámica temporal de un fragmento de bosque secundario en São João de Pirabas, Pará, para comprender su etapa sucesional y los factores que influyen en su regeneración.

Marco Teórico: La investigación se fundamenta en estudios sobre sucesión ecológica, dinámica de bosques secundarios y teledetección. Destacan las contribuciones de Chazdon, Laurance, Poorter y Almeida sobre regeneración natural, patrones florísticos y el uso del NDVI para evaluaciones temporales.

Método: El estudio combinó inventario forestal, análisis fitosociológico, distribución diamétrica y procesamiento de imágenes Landsat (2004, 2015, 2024). Se calcularon NDVI, parámetros estructurales, índice de Shannon y equidad de Pielou.

Resultados y Discusión: La dominancia de *Manilkara bidentata*, *Tapirira guianensis* y *Symphonia globulifera* indica una etapa sucesional intermedia. La distribución diamétrica en "J" invertida sugiere reclutamiento activo. El NDVI disminuyó después de 2004, señalando perturbaciones recientes. La diversidad moderada refleja una fase sucesional de transición.

Implicaciones de la investigación: Los resultados apoyan estrategias de manejo, conservación y restauración ecológica en la Amazonía Oriental.

Originalidad/Valor: El estudio integra análisis florísticos, estructurales y temporales en un área poco investigada, ofreciendo un diagnóstico sólido sobre la regeneración de bosques secundarios.

Palabras clave: Bosque Secundario, Fitosociología, NDVI, Amazonía Oriental, Sucesión Ecológica.

RGSA adota a Licença de Atribuição CC BY do Creative Commons (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).





1 INTRODUÇÃO

As florestas tropicais desempenham papel central na manutenção da biodiversidade global e no funcionamento dos ecossistemas terrestres, constituindo um dos ambientes mais complexos em termos de composição florística e interações ecológicas (Martins *et al.*, 2022; Faithfull *et al.*, 2023). A Amazônia, em particular, abriga uma elevada diversidade de espécies vegetais, cuja distribuição está relacionada a fatores ambientais, históricos e antrópicos (Ter Steege *et al.*, 2020). No entanto, processos intensos de desmatamento, fragmentação e exploração madeireira têm provocado substituição de florestas primárias por mosaicos de florestas secundárias em diferentes estágios sucessionais (Silva *et al.*, 2021; Almeida *et al.*, 2023).

O estudo de florestas secundárias é fundamental para compreender os processos de regeneração natural e para ampliar o conhecimento sobre a flora regional. Inventários florísticos e estruturais permitem identificar padrões de diversidade, dominância e distribuição diamétrica, além de fornecerem subsídios para análises comparativas em escala local e regional (Carvalho *et al.*, 2019; Nunes *et al.*, 2022). Esses levantamentos são especialmente relevantes em áreas pouco estudadas da Amazônia Oriental, onde fragmentos florestais secundários representam importante parcela da paisagem atual.

Diversos estudos na região amazônica têm evidenciado que a estrutura populacional de fragmentos em regeneração apresenta características típicas de comunidades em sucessão, como elevada densidade de indivíduos em classes diamétricas menores e participação significativa de espécies secundárias iniciais e tardias (Oliveira *et al.*, 2020; Castro *et al.*, 2021). Trabalhos realizados em municípios próximos, como Bragança (Moraes *et al.*, 2018), Castanhal (Santos *et al.*, 2020) e Capanema (Rodrigues *et al.*, 2022), demonstram que a composição florística desses remanescentes varia em função da história de uso da terra, da proximidade de áreas de floresta primária e da intensidade de perturbações antrópicas. Tais comparações permitem avaliar convergências e divergências florísticas entre localidades e auxiliam na caracterização da sucessão florestal em escala regional.

Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo analisar a composição florística, a estrutura populacional e a dinâmica temporal de um fragmento florestal em São João de Pirabas, nordeste do Pará. Busca-se responder às seguintes questões: (a) qual a composição e diversidade de espécies arbóreas presentes no fragmento? (b) como se organiza a estrutura populacional em termos de densidade, frequência, dominância e distribuição diamétrica? e (c) de que forma a dinâmica temporal, avaliada por meio de imagens de sensoriamento remoto,



reflete o estágio sucessional da área? A investigação desses aspectos contribui para o conhecimento da flora amazônica e para a compreensão dos processos de regeneração em florestas secundárias da região.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 FLORESTAS SECUNDÁRIAS NA AMAZÔNIA

Historicamente, a Amazônia Oriental, em especial o Estado do Pará, passou por processos intensos de ocupação humana desde a década de 1970, com programas de colonização, expansão agropecuária e abertura de rodovias, resultando em extensos mosaicos de paisagens degradadas e fragmentadas. Laurance *et al.*, (2018) destacam que a fragmentação promove “erosão ecológica”, comprometendo a estabilidade dos ecossistemas e alterando profundamente a dinâmica florestal regional. Nesse contexto, as florestas secundárias emergem como formações essenciais para tamponar os efeitos da degradação, reestabelecer processos ecológicos e contribuir para a recuperação estrutural da floresta.

Além de reocuparem áreas degradadas, as florestas secundárias desempenham papel central na mitigação das mudanças climáticas, pois acumulam carbono rapidamente em suas primeiras décadas de regeneração. Poorter *et al.*, (2021) demonstraram que florestas secundárias podem recuperar até 122 Mg C ha⁻¹ em aproximadamente 20 a 40 anos, variando conforme condições ambientais e intensidade da perturbação inicial. Assim, tais formações são consideradas “sumidouros naturais de carbono”, contribuindo de forma substancial para metas globais de redução das emissões atmosféricas.

Essas florestas são também fundamentais para manter a conectividade ecológica em áreas altamente fragmentadas. Ferreira, Venticinque e Almeida (2019) ressaltam que fragmentos secundários funcionam como corredores capazes de conectar áreas primárias, promovendo fluxo gênico, dispersão de sementes e circulação de fauna. A conectividade é particularmente importante na Amazônia Oriental, onde a paisagem encontra-se densamente fragmentada, elevando a necessidade de áreas intermediárias que sustentem a biodiversidade.

Do ponto de vista ecológico, florestas secundárias apresentam grande plasticidade estrutural e capacidade de resiliência. Estudos apontam que mesmo áreas fortemente degradadas podem se regenerar quando há disponibilidade de sementes, ausência de perturbações contínuas e condições ambientais favoráveis (Silva; Nelson; Mesquita, 2020).



Dessa forma, sua presença evidencia a capacidade do ecossistema amazônico de se recuperar, embora essa recuperação dependa diretamente de fatores antrópicos e ambientais.

Por fim, a relevância das florestas secundárias vai além da perspectiva ecológica: envolve dimensões socioeconômicas e culturais. Elas oferecem recursos madeireiros e não madeireiros, como frutas, fibras e plantas medicinais, sendo essenciais para comunidades tradicionais. Além disso, sua presença reduz a pressão sobre florestas primárias, permitindo que estas desempenhem suas funções ecológicas sem sofrer degradação adicional. Assim, o estudo de sua composição florística, estrutura populacional e dinâmica temporal é fundamental para compreender os caminhos possíveis da conservação amazônica.

2.2 COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA E ESTRUTURA POPULACIONAL

A composição florística de florestas secundárias amazônicas reflete não apenas a diversidade de espécies presentes, mas também o histórico de uso da terra e a intensidade dos distúrbios anteriores. Segundo Chazdon (2014), a diversidade florística é um dos indicadores centrais da trajetória sucessional, pois revela a complexidade ecológica que se estabelece após distúrbios. Em estágios iniciais, espera-se encontrar um conjunto restrito de espécies pioneiras, cuja função é estabilizar o ambiente e preparar o substrato para espécies mais exigentes. Contudo, à medida que o dossel se fecha e a competição por luz aumenta, surgem espécies de grupos ecológicos mais tardios, alterando significativamente a composição da comunidade.

A diversidade florística também é influenciada pela conectividade com florestas primárias. Estudos demonstram que fragmentos próximos a matas conservadas tendem a apresentar maior riqueza de espécies tardias e clímax devido à entrada constante de diásporos trazidos pela fauna (Laurance *et al.*, 2018). Assim, a matriz ao redor do fragmento desempenha papel decisivo na reposição de espécies e na manutenção da diversidade local. Por isso, fragmentos isolados frequentemente exibem menor diversidade e maior presença de espécies generalistas.

Outro ponto relevante na análise florística é a proporção de espécies raras ou pouco abundantes. Finegan (2018) enfatiza que espécies raras funcionam como indicadores sensíveis da integridade ecológica, pois muitas dependem de condições ambientais específicas e de baixa perturbação. Mesmo que sejam registradas em baixa densidade, sua presença sugere que o fragmento mantém capacidade de atrair diásporos de espécies estruturantes típicas de florestas mais maduras.



Além disso, a composição florística influencia diretamente a estrutura funcional da floresta. Espécies arbóreas de maior porte são responsáveis pelo incremento de biomassa e armazenamento de carbono, enquanto espécies menores contribuem para maior diversidade horizontal. Poorter *et al.*, (2021) demonstram que a diversidade florística está correlacionada à taxa de recuperação estrutural, uma vez que diferentes espécies ocupam nichos complementares, acelerando a sucessão e estabilizando o ecossistema.

A distribuição diamétrica em forma de “J invertido” é considerada o padrão clássico de florestas secundárias e de florestas tropicais em regeneração. Esse padrão, caracterizado por alto número de indivíduos em classes diamétricas menores e poucos indivíduos nas classes maiores, indica que há recrutamento efetivo e constante na comunidade (Almeida; Vieira, 2010). No entanto, a presença reduzida de indivíduos de grande porte sugere que o fragmento ainda está distante da maturidade estrutural típica de uma floresta primária.

Outro elemento estrutural relevante é a estratificação vertical. Florestas secundárias em estágios iniciais apresentam estratos pouco definidos, com predominância de indivíduos de altura semelhante. Conforme a floresta amadurece, o dossel superior torna-se mais complexo, surgem estratos intermediários e aumenta a diversidade funcional (Chazdon, 2014). A presença de árvores emergentes é um sinal importante de avanço estrutural, pois indica que alguns indivíduos conseguiram alcançar níveis superiores de competição.

O padrão de distribuição espacial das espécies também reflete processos ecológicos importantes. Em florestas secundárias, é comum observar agregação espacial de espécies pioneiras e distribuição aleatória de espécies tardias. Essa agregação é consequência do comportamento oportunista das pioneiras e da elevada luz incidente em clareiras recém-formadas (Vieira; Gardner; Ferreira, 2014).

Assim, a estrutura populacional é um eixo central para compreender a dinâmica da floresta. Suas métricas — densidade, área basal, distribuição diamétrica e IVI — são essenciais para interpretar a trajetória sucessional e avaliar a resiliência do ecossistema. Quando analisados em conjunto com a composição florística e a dinâmica temporal, esses indicadores fornecem um diagnóstico robusto do estado atual da floresta secundária.

2.3 DINÂMICA TEMPORAL

A dinâmica temporal de uma floresta pode ser compreendida por meio da observação de mudanças estruturais e funcionais ao longo dos anos. Nesse contexto, o sensoriamento remoto tem se consolidado como ferramenta indispensável para analisar grandes extensões



territoriais com alto nível de precisão temporal. Segundo Ferreira, Venticinqu e Almeida (2019), o uso de imagens de satélite é fundamental para monitorar fragmentos florestais em regiões de difícil acesso, como a Amazônia Oriental.

Dentre os índices derivados de satélites, o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) é amplamente utilizado para avaliar vigor vegetativo e densidade foliar. O NDVI varia entre -1 e 1, refletindo a diferença entre a absorção e a reflectância da radiação no espectro vermelho e infravermelho próximo. Em florestas secundárias, valores elevados indicam fechamento do dossel e acúmulo de biomassa (Almeida; Vieira, 2010).

A análise temporal do NDVI permite detectar tanto avanços quanto retrocessos na regeneração. De acordo com Silva, Nelson e Mesquita (2020), quedas abruptas no NDVI podem indicar perturbações recentes, como cortes seletivos, abertura de clareiras ou eventos climáticos severos. Por outro lado, aumento gradual do NDVI indica avanço estrutural e fechamento progressivo do dossel.

O NDVI também é sensível a fenômenos climáticos de grande escala, como secas extremas, El Niño e alterações sazonais de disponibilidade hídrica. Em anos de seca prolongada, é comum observar reduções temporárias no NDVI devido à perda de folhas e ao estresse hídrico. Ferreira, Venticinqu e Almeida (2019) destacam que florestas secundárias são mais vulneráveis a essas oscilações devido à maior proporção de espécies de rápido crescimento e menor profundidade do sistema radicular.

Outra aplicação relevante do NDVI é a identificação de padrões de degradação florestal não perceptíveis em levantamentos de campo. Em muitos casos, a estrutura florestal pode aparentar estabilidade, mas o NDVI revela perda gradual de densidade foliar associada a distúrbios recorrentes. Martins, Silva e Rodrigues (2020) demonstram que a análise temporal é essencial para diagnosticar fenômenos de “degradação silenciosa”, muito comuns na Amazônia Oriental.

O uso combinado de NDVI com inventários florísticos e estruturais fornece uma abordagem integrativa para compreender a trajetória sucessional. Segundo Poorter *et al.*, (2021), a sinergia entre métricas de campo e de sensoriamento remoto melhora a precisão do diagnóstico, especialmente em florestas secundárias com histórico complexo de perturbações.

Além disso, o NDVI auxilia na identificação de áreas prioritárias para restauração e manejo. Fragmentos com NDVI persistentemente baixo podem indicar degradação contínua, demandando ações de enriquecimento florestal ou contenção de impactos antrópicos. Por outro lado, fragmentos com NDVI crescente demonstram resiliência, podendo servir como áreas-fonte de sementes para regiões adjacentes (Brançalion; Nunes; Rodrigues, 2018).



Assim, a análise temporal baseada no NDVI é essencial para compreender a dinâmica das florestas secundárias na Amazônia Oriental. Quando integrada às informações florísticas e estruturais, ela fornece um panorama completo da saúde do fragmento, permitindo identificar tendências, perturbações e potenciais trajetórias futuras.

3 METODOLOGIA

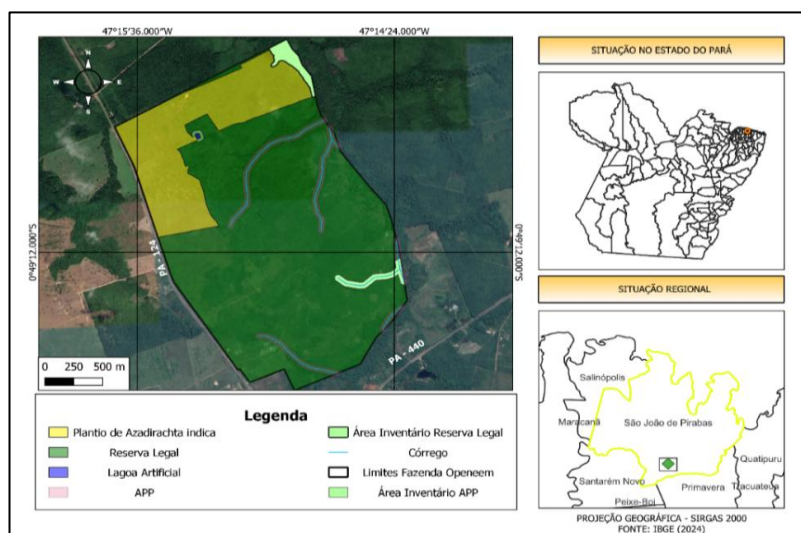
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo será realizado na área da Fazenda do Openeem, localizada nas margens das rodovias PA-124 e PA-324, no município de São João de Pirabas - PA.

O município de São João de Pirabas está localizado na região centro-nordeste do estado do Pará e na microrregião do Salgado (Figura 1). A região é afetada por um clima tropical quente e úmido. De acordo com a classificação de Köppen, possui clima do tipo Aw com amplitudes térmicas reduzidas e precipitação anual de cerca de 2.100 mm. Dessas chuvas, 90% foram distribuídas nos primeiros seis meses do ano.

Figura 1

Mapa de localização da Fazenda Openeem, situada no município de São João de Pirabas - PA.



3.2 CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES FLORESTAIS

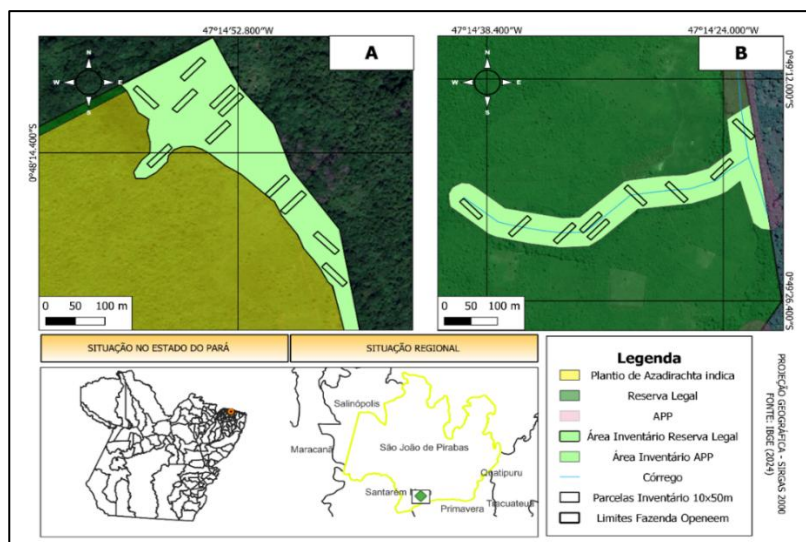
A determinação das principais espécies nativas da região deu-se por meio da realização de inventário florestal em parceria com taxonomos e identificadores botânicos do Museu



Paraense Emílio Goeldi. Foram alocadas 20 parcelas de 10×50 m (1 ha) distribuídas aleatoriamente (Figura 2). Em cada uma das parcelas, foram medidas a altura total (h) e o Diâmetro à Altura do Peito (DAP) das árvores com DAP > 10 cm.

Figura 2

Mapa de localização das parcelas inventariadas na reserva legal (A) e área de preservação permanente (B) em avançado estágio de sucessão ecológica no município de São João de Pirabas – PA.



Além das variáveis apresentadas acima, foi avaliada a composição florística da área inventariada, com ênfase na distribuição das árvores por família botânica, distribuição da área basal e distribuição diamétrica da população, de acordo com as equações da Tabela 1.

Tabela 1

Equações utilizadas para o cálculo dos parâmetros da estrutura horizontal.

Variáveis	Equação
DAP	$DAP = CAP / \pi$
Área Transversal	$g = \frac{DAP^2 \times \pi}{40000}$
Área Basal	$G = g / \text{Área}$

DAP= diâmetro à altura do peito.

As mesmas classes diamétricas foram utilizadas para analisar a distribuição da área basal e do volume com amplitude de classe de 10 cm, conforme observado (Tabela 2).



Tabela 2

Intervalo de classe diamétrica.

Intervalo de diâmetro (cm)	Classe
15 cm ≤ DAP < 24 cm	180
25 cm ≤ DAP < 34 cm	80
35 cm ≤ DAP < 44 cm	42
45 cm ≤ DAP < 54 cm	22
55 cm ≤ DAP < 64 cm	5
65 cm ≤ DAP < 74 cm	1
75 cm ≤ DAP ≤ 85 cm	1

DAP= diâmetro à altura do peito.

3.3 ANÁLISE TEMPORAL

A análise temporal realizada para os anos de 2004, 2015 e 2024 foi realizada através da obtenção das imagens do satélite Landsat 5 TM – para ano de 2004 – e Landsat 8 OLI/TIRS – para os anos de 2015 e 2024, adquiridas por meio da plataforma USGS Earth Explore.

As imagens foram escolhidas apresentando baixa cobertura de nuvens (< 10%) e coletadas no período seco (09/2004 – 08/2015 – 09/2024).

Utilizou-se do software Arcmap versão 10.8 (Esri, 2020) para realizar o pré-processamento e composição das bandas e o software Envi versão 5.1 (Harris Geospatial, 2019) para os cálculos do índice de vegetação.

O NDVI foi calculado para cada ano (2004, 2015, 2024) usando as bandas do infravermelho próximo (NIR) e vermelho (RED), conforme a fórmula (1) (Rouse et al., 1974):

$$NDVI = \left(\frac{NIR-RED}{NIR+RED} \right) \quad (1)$$

onde:

NDVI= índice de vegetação por diferença normalizada

NIR= bandas do infravermelho próximo

RED= bandas do vermelho.



Sendo que para as imagens do Landsat 5 TM: RED: Banda 3 (0,63–0,69 μm) e NIR: Banda 4 (0,76–0,90 μm); para o Landsat 8 OLI: RED: Banda 4 (0,64–0,67 μm) NIR: Banda 5 (0,85–0,88 μm).

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A caracterização estrutural do fragmento florestal foi realizada a partir da análise da distribuição diamétrica dos indivíduos, com a construção de histogramas em classes de diâmetro para verificar o padrão de distribuição em “J-invertido”, típico de florestas em regeneração. Foram calculadas estatísticas descritivas (média, desvio padrão e coeficiente de variação) para as variáveis dendrométricas diâmetro à altura do peito (DAP) e altura total (h), a fim de avaliar a heterogeneidade estrutural da população amostrada.

A estrutura fitossociológica foi determinada com base nos parâmetros clássicos de densidade absoluta e relativa, frequência absoluta e relativa, dominância absoluta e relativa e cálculo do Índice de Valor de Importância (IVI), possibilitando a identificação das espécies mais representativas no fragmento e a diversidade florística foi estimada por meio do índice de Shannon-Weaver (H'), amplamente utilizado em estudos de florestas tropicais, e da equabilidade de Pielou (J'), que quantifica a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies registradas, conforme Tabela 3 (Curtis e McIntosh, 1950; Lamprecht, 1964; Brower e Zar, 1984).

Tabela 3

Equações utilizadas para o cálculo dos parâmetros da estrutura horizontal e índice de diversidade.

Parâmetro	Fórmula	Descrição
Abundância Absoluta (aA)	$AA_i = N_i$	Número total de indivíduos da espécie i.
Abundância Relativa (AR)	$AR_i = (N_i / N_{\text{total}}) \times 100$	Proporção de indivíduos da espécie i em relação ao total de indivíduos.
Frequência Absoluta (FA)	$FA_i = P_i / P_{\text{total}}$	Razão entre o número de parcelas com ocorrência da espécie i e o número total de parcelas.
Frequência Relativa (FR)	$FR_i = (FA_i / \Sigma FA) \times 100$	Frequência da espécie i em relação à soma das frequências de todas as espécies.
Dominância Absoluta (DoA)	$DoA_i = \Sigma (\pi \cdot DAP_i^2 / 4)$	Área basal ocupada pelos indivíduos da espécie i (m^2/ha).
Dominância Relativa (DoR)	$DoR_i = (DoA_i / \Sigma DoA) \times 100$	Participação relativa da espécie i na dominância total da comunidade.
Índice de Valor de Cobertura (IVC)	$IVC_i = (AR_i + DoR_i) / 2$	Representatividade da espécie i considerando abundância e dominância.



Índice de Valor de Importância (IVI)	$IVI_i = (AR_i + FR_i + DoR_i)/3$	Importância ecológica da espécie i considerando abundância, frequência e dominância.
Riqueza de Espécies (S)	S = número total de espécies	Número de espécies registradas na comunidade.
Índice de Shannon-Weaver (H')	$H' = - \sum (p_i \ln p_i)$, com $p_i = N_i / N_{total}$	Diversidade considerando abundância e equitabilidade.
Equabilidade de Pielou (J')	$J' = H' / \ln(S)$	Uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies.

Além disso, as espécies foram agrupadas em grupos ecológicos (pioneiras, secundárias iniciais, secundárias tardias e clímax), permitindo avaliar a composição sucessionais dos indivíduos inventariados.

Por fim, foi realizada uma análise temporal do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), a partir de imagens orbitais referentes aos anos de 2004, 2015 e 2024. Essa abordagem permitiu identificar mudanças na densidade e vigor da vegetação, bem como inferir possíveis perturbações e tendências da sucessão florestal no fragmento estudado.

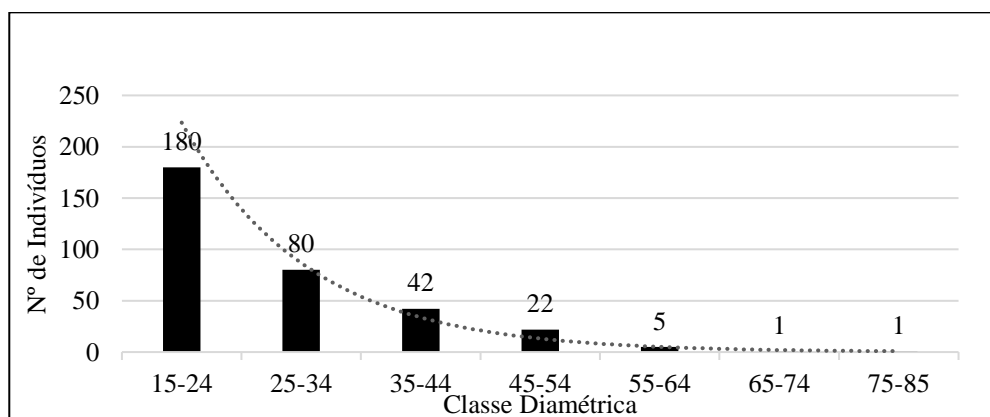
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA

A distribuição diamétrica da população amostrada possui característica de J-invertido, com grande número de indivíduos nas primeiras classes de diâmetro e decréscimo nas últimas classes (Figura 3).

Figura 3

Distribuição diamétrica dos indivíduos amostrados no fragmento florestal inventariado no município de São João de Pirabas – PA.





A distribuição diamétrica em forma de “J” invertido sugere uma dinâmica florestal ativa, com alta densidade de indivíduos jovens e poucos indivíduos em classes superiores de diâmetro, o que é típico de florestas secundárias (Lopes *et al.*, 2012). Isso indica que, apesar do bom recrutamento, ainda há uma lacuna na presença de árvores maduras, refletindo um tempo relativamente curto de recuperação ecológica.

Este padrão de distribuição é característico de vegetação em estado de sucessão, constituídas de indivíduos pertencentes a diferentes espécies, idades, classes de diâmetro, condições ecofisiológicas diversas e apresentam baixa biodiversidade; as árvores encontram-se em diversos estágios de regeneração (Lima e Leão, 2013).

Os indivíduos coletados nesse trabalho apresentaram maior dispersão no DAP (10,88 cm) quando comparado com a altura (3,64 m), com alto coeficiente de variação entre os dados, principalmente na variável DAP (Tabela 4).

A média de altura para os indivíduos inventariados é de aproximadamente 12 m. Tal valor pode sugerir que o fragmento florestal analisado apresenta uma convivência entre espécies de diferentes grupos ecológicos em estágio de sucessão florestal.

O coeficiente de variação dos dados encontrados nesse estudo para a variável DAP indica uma alta heterogeneidade estrutural, uma vez que houve representação de indivíduos em diversas classes diamétricas, concentrando a maior quantidade de indivíduos nas menores classes.

Tabela 4

Estatística descritiva das variáveis diâmetro à altura do peito (DAP) e altura (h) dos indivíduos amostrados no fragmento florestal inventariado no município de São João de Pirabas – PA.

Variável	Média	Mínimo	Máximo	Desvio padrão	CV (%)
DAP (cm)	22.49662	10.18592	89.12677	10.88783574	48.40
h (m)	11.99758	5	25	3.642608983	30.36

Fonte: Autores/as (2025).

4.2 ESTRUTURA FITOSSOCIOLÓGICA

A partir do inventário florestal realizado, foi possível contabilizar 32 espécies arbóreas, pertencentes a 32 gêneros e 25 famílias (Tabela 5). As famílias *Fabaceae* com 6 espécies, *Apocynaceae* e *Clusiaceae* ambas com 2 espécies cada foram as mais representativas com 31,25% do total das espécies amostradas.



A espécie mais dominante foi *Manilkara bidentata*, a qual apresentou um percentual de 29,04%, seguida das espécies *Tapirira guianensis* Aubl (14,66%) e *Symphonia globulifera* (13,11%). Em relação à distribuição do número de indivíduos por espécie, um total de 9 espécies apresentaram apenas 1 indivíduo cada.

Para a estrutura fitossociológica verifica-se que a espécie *Manilkara bidentata* foi a que inferiu maior importância de cobertura na estrutura florestal, apresentando IVI de (19,79%), seguida pelas espécies *Tapirira guianensis* Aubl (15,83%) e *Symphonia globulifera* (11,26 %).

A área basal (16,23 m²/ha) foi inferior à média reportada para florestas primárias na região 30 m²/ha (Almeida *et al.*, 2010), mas consistente com áreas em estágio intermediário de sucessão (20–40 anos), conforme observado em fragmentos similares no Pará (Carvalho *et al.*, 2013). Sendo assim, pode-se inferir que a variável AB analisada corrobora com os dados diamétricos, estruturais e ecológicos de um fragmento florestal em estágio de regeneração intermediário.

Tabela 5

Número de indivíduos, ocorrência em parcelas, frequência relativa, densidade relativa, dominância relativa, valor de importância, área basal e grupo ecológico das espécies inventariadas no município de São João de Pirabas – PA.

Nome científico	Família	AA	OP	FA	FRi	DRi	DoRi	IVI	IVC	AB	GE
<i>Aspidosperma desmanthum</i>	Apocynaceae	1	1	0,05	0,8	0,30	0,117	0,40	0,2099	0,02	C
<i>Bocageopsis multiflora</i> (Mart.)	Annonaceae	1	1	0,05	0,8	0,30	0,070	0,39	0,1864	0,01	C
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	Fabaceae	1	1	0,05	0,8	0,30	0,226	0,44	0,2644	0,04	P
<i>Buchenavia</i> sp	Combretaceae	8	6	0,3	4,8	2,41	2,077	3,09	2,2474	0,34	ST
<i>Calycophyllum spruceanum</i> .	Rubiaceae	2	1	0,05	0,8	0,60	2,020	1,14	1,3124	0,33	ST
<i>Carapa guianensis</i>	Meliaceae	3	2	0,1	1,6	0,90	1,260	1,25	1,0833	0,20	C
<i>Cecropia pachystachya</i>	Urticaceae	3	2	0,1	1,6	0,90	0,540	1,01	0,7232	0,09	P
<i>Croton matourensis</i>	Euphorbiaceae	13	3	0,15	2,4	3,92	1,518	2,61	2,7228	0,25	P
<i>Diospyros sericea</i> A.DC.	Ebenaceae	2	1	0,05	0,8	0,60	0,280	0,56	0,4422	0,05	C
<i>Emmotum fugifolium</i> Desv.	Icacinales	2	2	0,1	1,6	0,60	0,120	0,77	0,3621	0,02	SI
<i>Enterolobium schomburgkii</i>	Fabaceae	16	7	0,35	5,6	4,83	3,980	4,80	4,4071	0,65	SI
<i>Eschweilera juruensis</i> R. Knuth.	Lecythidaceae	1	1	0,05	0,8	0,30	0,290	0,46	0,2964	0,05	C



Composição Florística, Estrutura Populacional E Dinâmica de Um Fragmento de Floresta Secundária na Amazônia Oriental, Pará, Brasil

<i>Goupia glabra</i>	Goupiaceae	1	1	0,05	0,8	0,30	0,240	0,44	0,2711	0,04	SI
<i>Inga alba</i> (Sw.) Willd	Fabaceae	13	9	0,45	7,2	3,92	1,320	4,14	2,6240	0,21	SI
<i>Manilkara bidentata</i>	Sapotáceas	66	13	0,65	10,4	19,9	29,04	19,7	24,491	4,71	C
<i>Minquartia guianensis</i> Aubl	Olacaceae	3	1	0,05	0,8	0,90	0,540	0,74	0,7234	0,09	C
<i>Nectandra rubra</i> (Mez) C. K. Allen	Lauraceae	1	1	0,05	0,8	0,30	0,117	0,40	0,2099	0,02	C
<i>Ormosia coutinhoi</i>	Fabaceae	51	8	0,4	6,4	15,4	10,16	10,6	12,786	1,65	ST
<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	Bombacaceae	3	3	0,15	2,4	0,90	0,491	1,26	0,698	0,08	P
<i>Parahancornia amapa</i>	Apocynaceae	5	3	0,15	2,4	1,51	1,907	1,93	1,708	0,31	C
<i>Parkia platycephala</i> Benth	Mimosaceae	2	1	0,05	0,8	0,60	1,475	0,96	1,040	0,24	SI
<i>Platonia insignis</i>	Clusiaceae	1	1	0,05	0,8	0,30	0,063	0,38	0,1828	0,01	C
<i>Pterocarpus santalinoides</i> DC	Fabaceae	2	2	0,1	1,6	0,60	0,594	0,93	0,599	0,10	P
<i>Pterodon emarginatus</i>	Fabaceae	7	6	0,3	4,8	2,11	1,99	2,96	2,054	0,32	P
<i>Sacoglottis guianensis</i> Benth.	Humiriaceae	2	2	0,1	1,6	0,60	0,479	0,89	0,541	0,08	ST
<i>Schizolobium amazonicum</i>	Fabaceae	2	2	0,1	1,6	0,60	0,280	0,82	0,442	0,05	P
<i>Simarouba amara</i>	Simaroubaceae	2	2	0,1	1,6	0,60	0,376	0,86	0,490	0,06	P
<i>Spondias mombin</i>	Anacardiaceae	1	1	0,05	0,8	0,30	0,194	0,43	0,248	0,03	P
<i>Symphonia globulifera</i>	Clusiaceae	37	11	0,55	8,8	11,1	13,81	11,2	12,49	2,24	C
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl	Anacardiaceae	61	18	0,9	14,4	18,4	14,66	15,8	16,54	2,38	ST
<i>Virola surinamensis</i>	Myristicaceae	17	11	0,55	8,8	5,13	9,595	7,84	7,36	1,56	ST
<i>Vochysia spp.</i>	Vochysiaceae	1	1	0,05	0,8	0,30	0,132	0,41	0,21	0,02	P
Total		331		6,25	100	100	100	100	100	16,23	

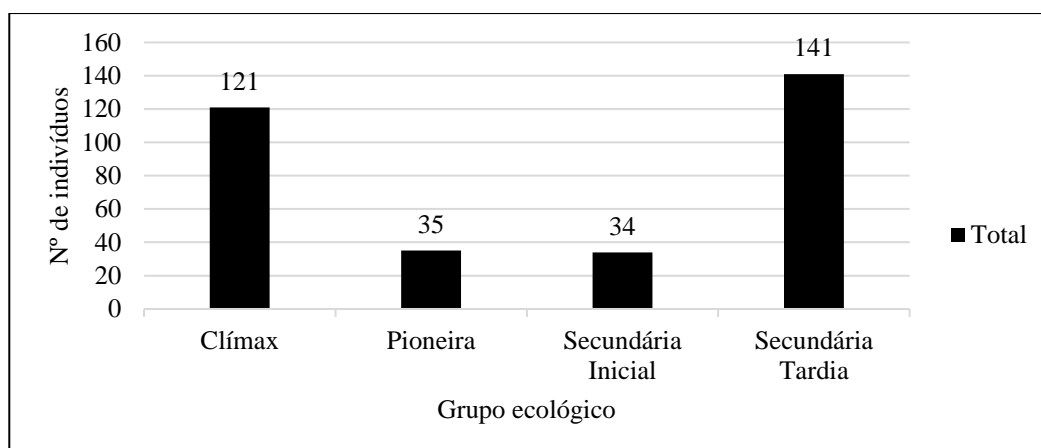
AA: Abundância absoluta; OP: Ocorrência nas parcelas; FA: Frequência absoluta; FRi: Frequência relativa; DRi: Densidade relativa; DoRi: Dominância relativa; IVI: Índice de valor de importância; IVC: Índice de valor de cobertura; AB: Área basal; GE: Grupo ecológico; C: Clímax; P: Pioneira; S.I: Secundária inicial; S.T: Secundária tardia.

A Figura 4 retrata a quantidade de indivíduos inventariados no presente fragmento florestal e sua respectiva classificação ecológica, demonstrando o amplo domínio das espécies secundárias tardia, com 141 indivíduos, e clímax com 121 indivíduos.



Figura 4

Número de indivíduos por grupo ecológico encontrados no fragmento florestal inventariado no município de São João de Pirabas – PA.



A composição florística observada no fragmento estudado reflete um padrão típico de florestas secundárias amazônicas em estágio intermediário de regeneração, com predomínio de espécies secundárias e clímax associadas à sucessão natural (Oliveira *et al.*, 2020; Castro *et al.*, 2021). A presença de *Manilkara bidentata*, *Symphonia globulifera* e *Tapirira guianensis* entre as espécies de maior importância estrutural confirma tendências já descritas em outros levantamentos da Amazônia Oriental, indicando que essas espécies desempenham papel funcional na reorganização da comunidade após perturbações (Nunes *et al.*, 2022; Rodrigues *et al.*, 2023).

A importância de espécies-chave como *Manilkara bidentata* com alto valor de cobertura (IVC=24,49%) destaca seu papel na estruturação da comunidade, fornecendo recursos para fauna e facilitando a regeneração natural (Chazdon *et al.*, 2009). Entretanto, a homogeneização florística, evidenciada pela dominância de três espécies, reduz o potencial do fragmento para abrigar biodiversidade rara (Martins *et al.*, 2020).

Nesse sentido, se tratando de estrutura fitossociológica, observou-se a dominância de poucas famílias nos resultados encontrados é característico de florestas secundárias tropicais (Souza *et al.*, 2013). Esse padrão corrobora com a literatura, em que espécies de crescimento rápido e tolerantes à luz estão presentes em ambientes que possuam solos em regeneração e maior luminosidade (Chazdon *et al.*, 2009).

Em estudos de fragmentos florestais realizado por Martins *et al.*, (2020) na cidade de Bragança – PA, identificou-se o predomínio de espécies pioneiras e secundárias iniciais, o que pode ser um indicativo de maior pressão das ações humanas no fragmento.



Já Carvalho *et al.*, (2016) estudando fragmentos florestais na cidade de Castanhal – PA, observou que o incremento de espécies clímax só foi predominante após 40 anos de regeneração. Nesse sentido, pode-se inferir que o fragmento florestal desse estudo está em estágio sucessional mais elevado do que o fragmento florestal estudado por Martins *et al.*, (2020), por apresentar mais indivíduos dos grupos ecológicos secundários tardio e clímax.

4.3 INDÍCE DE DIVERSIDADE

O índice de diversidade de Shannon-Weaver, muito utilizado para florestas tropicais amazônicas, considera o intervalo entre 3,83 a 5,85 valores altos para diversidade de qualquer tipo de vegetação (Knight, 1975, apud Dionísio *et al.*, 2016). No presente estudo, o valor encontrado para H' foi de 2,53 (Tabela 6).

Tabela 6

Número de indivíduos e diversidade das espécies inventariadas em fragmento florestal no município de São João de Pirabas – PA.

Nome Popular	Nome Científico	Ni	pi	ln pi	pi * ln pi
Amapá	<i>Parahancornia amapa</i>	5	0,015106	-4,19268	0,063334
Anani	<i>Symphonia globulifera</i>	37	0,111782	-2,1912	0,244938
Andiroba	<i>Carapa guianensis</i>	3	0,009063	-4,70351	0,04263
Aquariquara	<i>Minquartia guianensis</i> Aubl	3	0,009063	-4,70351	0,04263
Araracanga	<i>Aspidosperma desmanthum</i>	1	0,003021	-5,80212	0,017529
Bacuri	<i>Platonia insignis</i>	1	0,003021	-5,80212	0,017529
Buiúçu	<i>Ormosia coutinhoi</i>	51	0,154079	-1,87029	0,288172
Cupiúba	<i>Goupia glabra</i>	1	0,003021	-5,80212	0,017529
Embaúba	<i>Cecropia pachystachya</i>	3	0,009063	-4,70351	0,04263
Envira Preta	<i>Bocageopsis multiflora</i> (Mart.)	1	0,003021	-5,80212	0,017529
Escorrega Macaco	<i>Calycophyllum spruceanum</i> .	2	0,006042	-5,10897	0,03087
Fava	<i>Parkia platycephala</i> Benth	2	0,006042	-5,10897	0,03087
Ingá vermelha	<i>Inga alba</i> (Sw.) Willd	13	0,039275	-3,23717	0,12714
Louro Vermelho	<i>Nectandra rubra</i> (Mez) C. K. Allen	1	0,003021	-5,80212	0,017529
Macaqueira	<i>Diospyros sericea</i> A.DC.	2	0,006042	-5,10897	0,03087
Mamorana	<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	3	0,009063	-4,70351	0,04263
Maparajuba	<i>Manilkara bidentata</i>	66	0,199396	-1,61246	0,321518
Maravuvuia	<i>Croton matourensis</i>	13	0,039275	-3,23717	0,12714
Maraxibé	<i>Emmotum fugifolium</i> Desv.	2	0,006042	-5,10897	0,03087
Marupá	<i>Simarouba amara</i>	2	0,006042	-5,10897	0,03087
Matamata	<i>Eschweilera juruensis</i> R. Knuth.	1	0,003021	-5,80212	0,017529
Mututi	<i>Pterocarpus santalinoides</i> DC	2	0,006042	-5,10897	0,03087
Paricá Aranha	<i>Schizolobium amazonicum</i>	2	0,006042	-5,10897	0,03087
Paricarana	<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	1	0,003021	-5,80212	0,017529
Quaruba	<i>Vochysia</i> spp.	1	0,003021	-5,80212	0,017529
Sucupira	<i>Pterodon emarginatus</i>	7	0,021148	-3,85621	0,081551
Sucupira amarela	<i>Enterolobium schomburgkii</i>	16	0,048338	-3,02953	0,146443
Tanimbuca	<i>Buchenavia</i> sp	8	0,024169	-3,72268	0,089974



Taperebá	<i>Spondias mombin</i>	1	0,003021	-5,80212	0,017529
Tatapiririca	<i>Tapirira guianensis Aubl</i>	61	0,18429	-1,69124	0,31168
Ucuuba	<i>Virola surinamensis</i>	17	0,05136	-2,96891	0,152482
Uxirana	<i>Sacoglottis guianensis Benth.</i>	2	0,006042	-5,10897	0,03087
Total	33	331	1	-143,514	2,52961

NI= número de indivíduos; PI= frequência relativa das espécies; LN= logaritmo neperiano.

O índice de Pielou quantifica a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes, a uma amplitude de 0 (uniformidade mínima) a 1 (uniformidade máxima).

Sendo assim, os índices de diversidades encontrados nesse estudo, sendo 2,53 para Shannon-Weaver (H') e 0,73 para equabilidade de Pielou (J) apontam uma diversidade moderadamente alta em um nível razoável de equitabilidade (Tabela 7).

Tabela 7

Índice de diversidade florística considerando indivíduos com DAP > 10 cm das espécies inventariadas em fragmento florestal no município de São João de Pirabas – PA.

Parâmetro	Floresta
Riqueza de espécies (S)	33
Índice de Shannon-Weaver (H')	2,53
Índice de Equabilidade J de Pielou	0,73

Os índices de diversidade registrados neste estudo ($H'=2,53$) e equabilidade ($J=0,73$) encontram-se dentro da variação observada para florestas secundárias amazônicas (Carvalho *et al.*, 2019; Almeida *et al.*, 2023). A presença simultânea de espécies pioneiras e secundárias tardias indica uma transição entre fases sucessionais, o que reforça a importância de se considerar a história de uso da área e a conectividade com remanescentes florestais mais conservados. Essa heterogeneidade florística foi também evidenciada em Capanema (Rodrigues *et al.*, 2022), onde fragmentos próximos apresentaram composições distintas em função da intensidade de perturbações passadas.

Os valores encontrados para os índices de Shannon-Weaver e Pielou estão de acordo com os encontrados por Chaves *et al.*, (2014) e Silva *et al.*, (2018) para florestas secundárias na Amazônia em estágio intermediário de sucessão ecológica.

4.4 INDÍCE DE VEGETAÇÃO

A presença massiva de indivíduos secundários tardios e clímax levanta a discussão sobre a intensidade de ação antrópica no fragmento florestal estudado. Sendo assim, realizou-se uma análise temporal para estimativa de índice de vegetação do fragmento florestal.

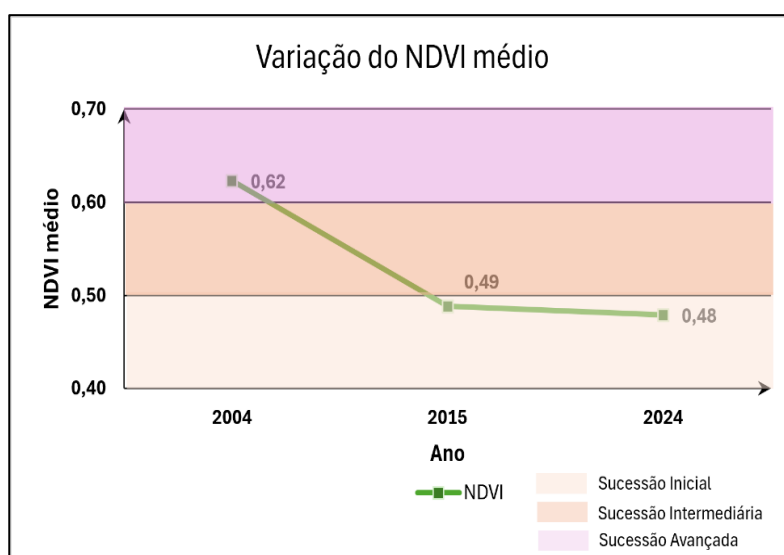


O NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) varia de -1 a 1 e indica vigor e densidade da vegetação: valores acima de $0,6$ geralmente representam vegetação saudável e densa; valores entre $0,5 - 0,6$ indicam vegetação mais esparsa em estágio de sucessão intermediário; valores abaixo de $0,5$ indicam vegetação com estágios iniciais de sucessão.

A Figura 5 demonstra o comparativo entre o NDVI médio calculado para os anos de 2004 ($0,62$), 2015 ($0,49$) e 2024 ($0,48$) do fragmento florestal estudo. Observa-se que no ano de 2004, a vegetação apresentava indícios de sucessão florestal avançado. Contudo, esse índice apresentou queda para os anos de 2015 e 2024, sugerindo a presença de perturbação na vegetação.

Figura 5

Avaliação temporal do NDVI médio para os anos de 2004, 2015 e 2024 do fragmento florestal inventariado no município de São João de Pirabas – PA.



NDVI= Normalized Difference Vegetation Index.

A análise temporal por meio do NDVI evidenciou flutuações na densidade da cobertura vegetal ao longo das duas décadas avaliadas, sinalizando perturbações recentes no fragmento. Esse comportamento reforça a necessidade de considerar variáveis ambientais e antrópicas no entendimento da dinâmica sucessional (Silva *et al.*, 2021). Estudos similares realizados na região Bragantina demonstraram que oscilações no NDVI podem estar associadas tanto a práticas agrícolas de subsistência quanto a eventos climáticos que afetam a regeneração natural (Ferreira *et al.*, 2022).

Ao comparar os resultados da análise temporal para os últimos 20 anos com os encontrados por Carvalho *et al.*, (2016), o NDVI médio para o ano de 2015 e 2024 atesta que o



fragmento florestal está enquadrado em uma sucessão florestal em estágio inicial, bem próximo do intermediário.

Outro fator que pode contribuir para a presença massiva de espécies secundárias tardia e clímax é o tamanho da área amostrada, proximidade com florestas preservadas e baixo isolamento ecológico (Viera *et al.*, 2013).

A comparação das variáveis mensuradas nesse estudo – composição florística, estrutura fitossociológica e diversidade – com os referidos autores certificam que a estrutura florística e funcional do fragmento objetivo desse estudo é característico de uma floresta secundária que possui um estágio sucessional próximo ao intermediário.

De forma geral, os resultados confirmam que florestas secundárias da Amazônia Oriental compartilham padrões estruturais e florísticos semelhantes, embora apresentem particularidades determinadas pela intensidade das perturbações locais e pela conectividade com áreas florestais adjacentes. Nesse sentido, o fragmento de São João de Pirabas amplia o conhecimento disponível para a região, fornecendo evidências da relevância ecológica de remanescentes secundários como componentes da paisagem atual.

5 CONCLUSÃO

O fragmento florestal analisado em São João de Pirabas apresenta composição florística e estrutura populacional compatíveis com florestas secundárias em estágio intermediário de sucessão na Amazônia Oriental. O predomínio de espécies secundárias e clímax, aliado ao padrão diamétrico em “J-invertido”, confirma a ocorrência de recrutamento contínuo e a manutenção de processos regenerativos.

As comparações regionais indicam que os padrões observados são consistentes com os descritos em outros municípios da região, como Bragança, Castanhal e Capanema, reforçando que fragmentos secundários, mesmo submetidos a diferentes históricos de uso, podem convergir em trajetórias florísticas e estruturais semelhantes.

A análise temporal via NDVI evidenciou oscilações na densidade da cobertura vegetal, sugerindo que a dinâmica sucessional é influenciada por perturbações recentes, mas que há tendência de reorganização e estabilização da comunidade.

Assim, este estudo amplia o conhecimento sobre a flora e a estrutura de florestas secundárias no nordeste do Pará, contribuindo para a caracterização da sucessão ecológica na região amazônica e destacando a importância de remanescentes secundários para a compreensão da diversidade e dinâmica florestal em escala regional.



AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia – BIONORTE em parceria com a Universidade Federal do Pará – UFPA, por meio das instituições de fomento CAPES e CNPQ pelo apoio financeiro e estrutural para o desenvolvimento do presente trabalho.

REFERÊNCIAS

- Almeida, A. S.; Vieira, I. C. G. (2010). Dynamics of secondary forests in the eastern Amazon. *Forest Ecology and Management*, v. 260, p. 1130–1140.
- Almeida, J. R. *et al.* (2023). Floristic structure and environmental drivers in Amazonian secondary forests. *Acta Amazonica*, v. 53, p. 45–58.
- Brancalion, P. H. S.; Nunes, Y. R. F.; Rodrigues, R. R. (2018). Recovering tropical forests: A global challenge. *Science Advances*, v. 4, eaat8558.
- Brower, J.; ZAR, J. (1984). **Field & Laboratory Methods for General Ecology**. Iowa: Wm. C. Brown Co.
- Carvalho, F. A.; Lopes, M. A.; Santos, B. A. (2019). Tree community structure in secondary forests of Eastern Amazonia. *Acta Amazonica*, v. 49, n. 3, p. 179–188.
- Carvalho, F. A. *et al.* (2013). Tree community structure and dynamics in eastern Amazon secondary forests. *Acta Amazonica*, v. 43, p. 57–68.
- Carvalho, F. A. *et al.* (2016). Long-term regeneration patterns in secondary forests of Castanhal, Pará. *Floresta*, v. 46, n. 1, p. 89–102.
- Castro, W. *et al.* (2021). Structural dynamics of regenerating Amazonian forests. *Brazilian Journal of Botany*, v. 44, p. 123–137.
- Chaves, A. D. *et al.* (2014). Estrutura e diversidade de fragmentos secundários na Amazônia. *Biodiversidade Brasileira*, v. 4, p. 55–68.
- Chazdon, R. L. (2014). **Second Growth: The Promise of Tropical Forest Regeneration in an Age of Deforestation**. Chicago: University of Chicago Press.
- Chazdon, R. L. *et al.* (2009). Beyond reserves: A research agenda for conserving biodiversity in human-modified tropical landscapes. *Biotropica*, v. 41, p. 142–153.
- Curtis, J. T.; McIntosh, R. P. (1950). The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters. *Ecology*, v. 31, p. 434–455.
- Dionísio, L. F. *et al.* (2016). Diversidade florística em florestas secundárias amazônicas. *Revista Árvore*, v. 40, n. 2, p. 321–332.
- ESRI. (2020). **ArcMap**: software. Versão 10.8. Redlands, Califórnia.



- Faithfull, N. *et al.* (2023). Global tropical forest biodiversity patterns. *Global Ecology and Biogeography*, v. 32, p. 901–914.
- Ferreira, L. V.; Venticinque, E.; Almeida, S. (2019). The role of secondary forests in Amazon conservation. *Biota Neotropica*, v. 19, e20180678.
- Ferreira, M. *et al.* (2022). Dinâmica vegetacional em florestas regenerantes da Amazônia Oriental. *Acta Amazonica*, v. 52, p. 112–125.
- Finegan, B. (2018). Forest succession and the role of species groups. *Journal of Tropical Ecology*, v. 34, p. 1–16.
- Harris Geospatial. (2019). **ENVI 5.1 User's Guide**. Boulder, CO: Harris Corporation.
- Knight, D. H. (1975). A phytosociological analysis of forest communities in the southern Blue Ridge Mountains. *Ecological Monographs*, v. 45, p. 229–255.
- Lamprecht, H. (1964). **Silvicultura nos Trópicos**. Eschborn: GTZ.
- Laurance, W. F. *et al.* (2018). Ecosystem decay in fragmented Amazonian forests. *Nature*, v. 536, p. 73–76.
- Lima, A. J. N.; Leão, N. V. M. (2013). Diâmetro e estrutura em florestas secundárias amazônicas. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 56, p. 45–56.
- Lopes, M. A. *et al.* (2012). Estrutura de florestas secundárias na região Bragantina. *Revista Árvore*, v. 36, p. 257–266.
- Martins, S. V.; Silva, K. E.; Rodrigues, A. C. (2020). Floristic and structural variation in eastern Amazonian secondary forests. *Floresta*, v. 50, n. 2, p. 289–300.
- Martins, P. *et al.* (2022). Tree diversity patterns in tropical forests. *Journal of Tropical Ecology*, v. 38, p. 12–25.
- Moraes, S. M. *et al.* (2018). Composição florística em fragmentos florestais da Amazônia Oriental. *Acta Amazonica*, v. 48, p. 201–214.
- Nunes, Y. R. F. *et al.* (2022). Floristic composition and structure in regenerating forests of Pará. *Scientia Forestalis*, v. 50, p. 366–380.
- Oliveira, A. N. *et al.* (2020). Estrutura de florestas secundárias na Amazônia setentrional. *Revista Árvore*, v. 44, e4435.
- Poorter, L. *et al.* (2021). Biomass recovery in secondary tropical forests. *Nature*, v. 590, p. 76–79.
- Rodrigues, A. C. *et al.* (2022). Floristic beta-diversity in northeastern Pará. *Acta Botanica Brasilica*, v. 36, p. 1–15.
- Rodrigues, A. C. *et al.* (2023). Successional trajectories in Amazonian secondary forests. *Forest Ecology and Management*, v. 523, p. 120–133.



- Rouse, J. W. *et al.* (1974). **Monitoring vegetation systems using multispectral scanners.** In: Third ERTS Symposium. NASA, Washington, D.C.
- Santos, B. A. *et al.* (2020). Floristic structure of secondary forests in Castanhal-PA. *Revista de Biologia Tropical*, v. 68, p. 119–131.
- Silva, C. A.; Nelson, B. W.; Mesquita, R. (2020). Amazonian secondary forest dynamics: A review. *Forest Ecology and Management*, v. 458, 117798.
- Silva, R. C. *et al.* (2018). Estrutura e diversidade de florestas secundárias na Amazônia Oriental. *Acta Amazonica*, v. 48, p. 221–232.
- Silva, J. *et al.* (2021). Deforestation and regeneration patterns in the Amazon. *Journal of Environmental Management*, v. 292, p. 112–125.
- Souza, A. L. *et al.* (2013). Fitossociologia de florestas secundárias brasileiras. *Revista Árvore*, v. 37, p. 215–229.
- Ter steege, H. *et al.* (2020). The floristic composition of the Amazon rainforest. *PNAS*, v. 117, p. 24645–24653.
- Vieira, I. C. G.; Gardner, T.; Ferreira, J. (2014). The value of secondary forests for biodiversity conservation. *Biological Conservation*, v. 174, p. 145–154.
- Vieira, I. C. G. *et al.* (2013). Forest regeneration and human pressure in Pará. *Acta Amazonica*, v. 43, p. 67–78.