



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAPÁ
CURSO SUPERIOR BACHARELADO EM ENGENHARIA FLORESTAL

RAFAELLA FERNANDES CARDOSO

**FRAÇÕES DA SERAPILHEIRA NO SÍTIO DAS ÁRVORES GIGANTES NO
PARQUE NACIONAL MONTANHAS DO TUMUCUMAQUE**

LARANJAL DO JARI

2025

RAFAELLA FERNANDES CARDOSO

**FRAÇÕES DA SERAPILHEIRA NO SÍTIO DAS ÁRVORES GIGANTES NO
PARQUE NACIONAL MONTANHAS DO TUMUCUMAQUE**

Trabalho de conclusão do curso apresentado à coordenação do curso de Bacharelado em Engenharia Florestal, como requisito avaliativo para obtenção do título em Engenharia Florestal.

Orientador(a): Dra. Bruna Duque Guirardi.

Coorientador: Dr. Gustavo Mattos Abreu Abreu.

LARANJAL DO JARI

2025

Biblioteca Institucional - IFAP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C266f Cardoso, Rafaella Fernandes Cardoso
Frações da serapilheira no sítio das árvores gigantes no Parque Nacional
Montanhas do Tumucumaque / Rafaella Fernandes Cardoso Cardoso - Laranjal do
Jari, 2025.
35 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Amapá, Campus Laranjal do Jari, Bacharelado em
Engenharia Florestal, 2025.

Orientadora: Dr. Bruna Duque Guirardi Guirardi.
Coorientador: Dr. Gustavo Mattos Abreu Abreu.

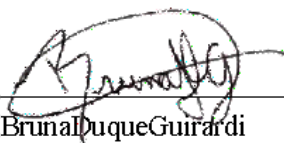
1. Ciclagem de Nutrientes . 2. Serapilheira . 3. Árvores Gigantes . I. Guirardi, Dr.
Bruna Duque Guirardi, orient. II. Abreu, Dr. Gustavo Mattos Abreu, coorient. III.
Título.

RAFAELLA FERNANDES CARDOSO

**FRAÇÕES DA SERAPILHEIRA NO SÍTIO DAS ÁRVORES GIGANTES
NO PARQUE NACIONAL MONTANHAS DO TUMUCUMAQUE**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado a coordenação do curso de
Bacharelado em engenharia florestal
como requisito avaliativo para obtenção
do título de Engenheira Florestal.

BANCA EXAMINADORA



Profª. Dra. Brunilda Guirardi (Orientador)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá

Diego Armando Silva da Silva
Prof. do Ensino Básico,
Técnico Tecnológico
Mat. Símbolo: 424702

Prof. Dr. Diego Armando Silva da Silva

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá

Documento assinado digitalmente

gov.br

GABRIEL SOARES LOPES GOMES

Data: 08/01/2026 11:41:09 0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Pesq. Dr. Gabriel Soares Lopes Gomes

Universidade Federal do Espírito Santo

Apresentado em: 18 / 12 / 2025.

Conceito/Nota: 9,0

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me concedido saúde, força e sabedoria ao longo de toda essa caminhada, permitindo que eu realizasse o sonho de me formar na área que sempre desejei. Sou grata por cada porta aberta, por cada desafio superado e por todas as oportunidades que contribuíram para o meu crescimento pessoal e acadêmico.

Aos meus orientadores, Bruna Duque Guirardi e Gustavo Mattos Abreu, por todo apoio, dedicação, paciência e confiança ao longo do desenvolvimento desta pesquisa. A orientação de vocês foi fundamental para a construção deste trabalho, tornando o processo mais leve, seguro e enriquecedor, especialmente nos momentos em que eu mesma duvidei da minha capacidade. Sou profundamente grata pela disponibilidade, sensibilidade e pelos valiosos ensinamentos compartilhados.

A Manuelle da Costa Pereira, minha companheira de classe, deixo um agradecimento especial pela parceria construída ao longo do curso. Trabalhamos juntas em atividades e trabalhos acadêmicos, compartilhando desafios, aprendizados e conquistas. Sua colaboração, apoio e companheirismo foram fundamentais durante essa trajetória.

Ao professor Diego Armando Silva da Silva, deixo meu sincero agradecimento por todos os anos de ensinamento, dedicação e contribuição para a minha formação acadêmica. Seus conhecimentos, orientações e compromisso com o ensino foram essenciais para o meu desenvolvimento profissional.

A todos os professores do curso, que ao longo da graduação contribuíram para minha formação científica, ética e profissional, compartilhando conhecimentos e experiências fundamentais para minha trajetória.

A minha família, pelo apoio incondicional, compreensão e incentivo constante, especialmente nos momentos mais difíceis. Vocês foram meu alicerce e minha maior motivação para seguir em frente.

Aos amigos e colegas de curso, agradeço pela convivência, pelas trocas de conhecimento, pelo companheirismo e pelos momentos compartilhados ao longo dessa jornada.

Por fim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho e para a conclusão de mais essa importante etapa da minha vida.

RESUMO

Nas últimas décadas, as ações antrópicas têm provocado alterações nos ecossistemas naturais, agravando as mudanças climáticas globais. A Amazônia, por sua extensão e biodiversidade, desempenha papel essencial no sequestro de carbono e equilíbrio climático global, sendo a serapilheira um importante componente atuante na relação entre solo e a vegetação, na ciclagem de nutrientes e armazenamento de carbono. Este estudo avaliou a composição e o acúmulo de serapilheira em áreas com *Dinizia excelsa* (angelim-vermelho), espécie emergente de grande porte e elevada densidade de madeira. A pesquisa foi realizada no Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque, localizado no Amapá. A coleta da serapilheira acumulada foi feita em 4 parcelas, utilizando-se moldes de 625 cm² (25×25 cm). O material coletado foi separado em 5 frações (folhas, galhos, cascas, material reprodutivo e miscelânea), posteriormente, seco em estufa a 65 °C por 96 h e pesado para determinação da biomassa nessas frações. A *Dinizia excelsa*, uma das maiores árvores da Amazônia, destaca-se pelo grande porte e elevada densidade da madeira, características que podem influenciar diretamente no acúmulo e na qualidade na serapilheira, prolongando o tempo de retenção do carbono no solo. Parte da hipótese deste estudo consiste em que essa espécie contribui significativamente para o estoque de biomassa, superando outras espécies da mesma fitofisionomia. Os resultados mostraram predominância da fração foliar (38,16%– 43,95%), seguida por galhos (24,09% – 28,64%) e cascas (17,30% – 25,56%), padrão típico de florestas tropicais úmidas, como a estudada. A fração miscelânea variou de 8,03% a 10,10%, e o material reprodutivo apresentou menor participação (1,79%–4,63%). A quantidade de serapilheira acumulada entre as parcelas estudadas podem estar relacionadas ao microclima e à estrutura do dossel, influenciadas por indivíduos emergentes. A ordem de contribuição das frações: folhas > galhos > cascas > miscelânea > material reprodutivo. Conclui-se que *Dinizia excelsa* influencia o aporte e a qualidade da serapilheira acumulada, reforçando sua importância ecológica nas florestas amazônicas e evidência seu papel essencial no aporte de matéria orgânica e na ciclagem de nutrientes.

Palavras chave: Amazônia; *Dinizia excelsa*; serapilheira acumulada; mudanças climáticas.

ABSTRACT

In recent decades, anthropogenic activities have caused changes in natural ecosystems, intensifying global climate change. Due to its vast extent and biodiversity, the Amazon plays an essential role in carbon sequestration and global climate balance, with litter being an important component in the relationship between soil and vegetation, nutrient cycling, and carbon storage. This study evaluated the composition and accumulation of litter in areas containing *Dinizia excelsa* (angelim-vermelho), a large emergent species with high wood density. The research was conducted in the Montanhas do Tumucumaque National Park, located in the state of Amapá, Brazil. Accumulated litter was collected in four plots using 625 cm² (25 × 25 cm) frames. The collected material was separated into five fractions (leaves, branches, bark, reproductive material, and miscellaneous), then oven-dried at 65 °C for 96 h and weighed to determine the biomass of each fraction. *Dinizia excelsa*, one of the largest trees in the Amazon, stands out for its large size and high wood density characteristics that may directly influence both the accumulation and quality of litter, prolonging carbon retention in the soil. Part of the study's hypothesis is that this species contributes significantly to biomass stocks, surpassing other species within the same phytophysiognomy. The results showed a predominance of the leaf fraction (38.16%–43.95%), followed by branches (24.09%–28.64%) and bark (17.30%–25.56%), a pattern typical of humid tropical forests such as the one studied. The miscellaneous fraction ranged from 8.03% to 10.10%, while reproductive material showed the lowest contribution (1.79%–4.63%). Differences in the amount of accumulated litter among the studied plots may be related to microclimate and canopy structure, influenced by emergent individuals. The order of contribution of the fractions was: leaves > branches > bark > miscellaneous > reproductive material. It is concluded that *Dinizia excelsa* influences both the input and quality of accumulated litter, reinforcing its ecological importance in Amazonian forests and highlighting its essential role in organic matter input and nutrient cycling.

Keywords: Amazon; *Dinizia excelsa*; accumulated litter; climate change.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	JUSTIFICATIVA	9
3	OBJETIVOS	11
3.1	Geral	11
3.2	Específicos	11
4	REFERENCIAL TEÓRICO	12
4.1	A serapilheira como agente na ciclagem de nutrientes	13
4.2	Potencial acúmulo de serapilheira na região	14
4.3	Árvores emergentes e o papel da <i>Dinizia excelsa</i> (angelim-vermelho)	16
4.4	Aplicações Ecológicas e Relevância para Políticas Públicas	18
5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	21
5.1	Local de coleta	21
5.2	Serapilheira	21
5.3	Análise de dados	22
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
7	CONCLUSÃO	28
	REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o avanço das ações antrópicas têm provocado profundas transformações nos ecossistemas naturais, contribuindo diretamente para o agravamento das mudanças climáticas globais. Entre os principais vetores dessas alterações estão o desmatamento ilegal, a expansão da pecuária, os incêndios florestais e as mudanças no uso e ocupação do solo, atividades que intensificam as emissões de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera (Hargrave; Kis-Katos, 2013; Correia *et al.*, 2016).

Essas ações exercem forte pressão sobre os ambientes naturais, tornando-os mais suscetíveis à degradação ambiental, à perda de biodiversidade e à alteração de processos ecológicos essenciais. Essas transformações afetam diretamente o equilíbrio funcional das florestas, comprometendo tanto os serviços ecossistêmicos por elas prestados quanto sua capacidade de atuar como sumidouros naturais de carbono. Um dos elementos centrais para a compreensão desse equilíbrio é o ciclo do material orgânico no solo, evidenciado principalmente no componente da serapilheira.

A serapilheira é composta por material vegetal recentemente depositado sobre o solo, como folhas, caules, cascas, ramos, flores, frutos, sementes e fragmentos vegetais não identificáveis (Cianciaruso *et al.*, 2006). A decomposição da serapilheira é fundamental para a ciclagem de nutrientes entre o solo e as plantas, sendo essencial à manutenção de ecossistemas tropicais, especialmente em solos pobres em nutrientes (Schumacher; Brun; König *et al.*, 2004).

A serapilheira pode contribuir com o aumento da fertilidade do solo e o desenvolvimento da vegetação, e também desempenha um importante papel sobre a proteção contra impactos ambientais, como erosão, degradação e escoamento superficial. A produção de serapilheira e sua taxa de decomposição variam de acordo com a composição florística da área. A serapilheira também vem sendo utilizada como um bioindicador ambiental, auxiliando na avaliação da eficiência de recuperação dos processos ecológicos em reflorestamentos de áreas degradadas (Aquino *et al.*, 2016).

As distintas condições ambientais ou níveis de perturbação às quais as florestas estão submetidas exercem influências variadas sobre a produção de serapilheira, como ocorre em florestas nativas e em áreas de plantios florestais. Nesses ecossistemas, a dinâmica de deposição pode mudar conforme a composição das espécies, a época de coleta e a idade das plantas (Caldeira *et al.*, 2013). A pesquisa visa fornecer subsídios científicos que contribuam para estratégias de conservação, manejo sustentável e mitigação das mudanças climáticas,

valorizando os serviços prestados pelo ecossistema Amazônico, como reguladores do clima e da biodiversidade planetária.

2 JUSTIFICATIVA

O desenvolvimento de um projeto voltado ao estoque de serapilheira na Amazônia reveste-se de grande relevância, pois contribui significativamente para o avanço do conhecimento científico sobre os ecossistemas tropicais, especialmente diante das mudanças climáticas globais. A Amazônia desempenha um papel fundamental no balanço global de carbono, particularmente em razão da vasta extensão de suas florestas protegidas, similar a nossa área de pesquisa deste trabalho.

A quantificação precisa do estoque de biomassa é essencial para subsidiar políticas públicas de conservação, estratégias de mitigação, como o REDD+, e o cumprimento de compromissos internacionais assumidos pelo Brasil. Diante disso, o projeto fortalece as formações de recursos humanos qualificados, promovendo uma abordagem interdisciplinar em recursos naturais, ao integrar áreas como ecologia, manejo florestal, solos e geotecnologias. Ao focar uma região de alta relevância ecológica e social, esta iniciativa também contribui para a sustentabilidade da Amazônia.

O Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque, situado no norte do Brasil, constitui uma das maiores áreas de florestas preservadas do mundo. Com uma notável diversidade biológica, esse território exerce funções ecológicas essenciais, configurando-se como um cenário ideal para estudos que buscam compreender a dinâmica ecológica e a capacidade de sequestro de carbono das florestas nativas.

Nesse contexto, o estudo da matéria da serapilheira como elementos integradores entre o solo e vegetação emerge como uma ferramenta relevante para a avaliação dos serviços ecossistêmicos prestados por essa unidade de conservação. O Parque abriga uma vasta área de floresta primária pouco impactada, com elevada diversidade biológica e ocorrência de indivíduos arbóreos de grande porte, conhecidas como árvores gigantes, entre as quais se destaca a *Dinizia excelsa* (angelim-vermelho).

As árvores gigantes ou emergentes são indivíduos que ultrapassam o dossel da floresta, podendo ser consideradas “árvores-mãe”, por representarem uma estratégia única de história de vida física, funcional e ecológica que não podem ser substituídas por outros grupos funcionais de plantas (Pinho *et al.*, 2020). A espécie *Dinizia excelsa* pode alcançar mais de 80 metros de altura, possui folhas compostas e espiraladas, flores brancas ou amarelas-esverdeadas, e frutos do tipo legume samaroide (Shengli *et al.*, 2016).

As produções das serapilheiras podem apresentar variações sazonais ou anuais, influenciada por fatores como a composição florística, a fenologia das espécies, o tipo

climático e o estágio sucessional da vegetação (Paudel *et al.*, 2015). Essas variações também refletem os padrões fenológicos das espécies ao longo dos diferentes estágios sucessionais (Zhou *et al.*, 2007).

Florestas mais maduras, com cobertura densa do dossel, tendem a produzir maior quantidade de serrapilheira quando comparadas às florestas secundárias (Chave *et al.*, 2010). Florestas com essas características tendem a acumular grande quantidade de serrapilheira acima do solo e apresentam elevada concentração de nutrientes. Assim, este estudo visa fornecer subsídios técnicos e científicos para estratégias de conservação, manejo florestal e valoração dos serviços ecossistêmicos, especialmente no contexto de políticas públicas voltadas à mitigação das mudanças climáticas.

3 OBJETIVOS

3.1 Geral

Quantificar e caracterizar o estoque de serapilheira acumulada no sítio de ocorrência das árvores gigantes no Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque.

3.2 Específicos

- a) Quantificar a quantidade fracionada de serapilheira nos sítios de ocorrência de *Dinizia excelsa*.
- b) Estimar os estoques totais de biomassa em um raio de 5 metros a partir da base dos indivíduos de *Dinizia excelsa* (angelim-vermelho).
- c) Evidenciar a importância da serapilheira no potencial de conservação de espécies e na ciclagem de nutrientes em florestas tropicais.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

A Amazônia desempenha papel central na regulação do clima global devido à sua vasta extensão florestal e à elevada capacidade de sequestro de carbono (Parron *et al.*, 2015). Os ecossistemas tropicais, como os encontrados no Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque, armazenam grandes quantidades de carbono na biomassa vegetal, nos solos e na serapilheira, sendo esta última um componente fundamental no ciclo do carbono (Cianciaruso *et al.*, 2006).

A serapilheira, composta por folhas, ramos, flores, frutos, sementes e matéria vegetal em decomposição, desempenha papel essencial na ciclagem de nutrientes, proteção do solo e dinâmica de carbono florestal (Schumacher; Brun; König *et al.*, 2004). A dinâmica da composição e decomposição da serapilheira pode variar em função do clima, composição florística, fenologia das espécies e estágio sucessional da vegetação (Paudel *et al.*, 2015; Zhou *et al.*, 2007).

Espécies de crescimento rápido tendem a produzir serapilheira de decomposição acelerada, rica em nutrientes, favorecendo o processo de ciclagem de nutrientes. Já espécies de crescimento lento, como a *Dinizia excelsa* (angelim-vermelho), contribuem para maior acúmulo de material orgânico e, conseqüentemente, maior sequestro de carbono.

Dinizia excelsa, conhecida como angelim-vermelho, pode atingir mais de 80 metros de altura, sendo uma das maiores árvores da Amazônia. Sua estrutura funcional e densidade da madeira indicam elevado potencial de acúmulo de biomassa e carbono (Shengli *et al.*, 2016; Pinho *et al.*, 2020). As chamadas “árvores gigantes” ou “árvores-mãe” possuem funções ecológicas únicas, muitas vezes insubstituíveis no contexto da floresta (Pinho *et al.*, 2020).

Embora grande parte dos estudos sobre estoques de carbono florestal foque na biomassa aérea ou no solo (Gaspar *et al.*, 2014; Ribeiro *et al.*, 2009; Denardin *et al.*, 2014), a serapilheira tem recebido crescente atenção por seu papel no armazenamento e na liberação gradativa de carbono ao longo do processo de decomposição (Moraes *et al.*, 2017). Segundo Chave *et al.* (2010), florestas maduras com dossel fechado apresentam maior acúmulo de serapilheira e maior capacidade de retenção de nutrientes.

Portanto, estudos que quantifiquem a estocagem de carbono na serapilheira, especialmente em áreas com ocorrência de espécies emergentes como *Dinizia excelsa*, são essenciais para entendermos o papel das florestas nativas tropicais na mitigação das crises climáticas e subsidiar estratégias de conservação e manejo sustentável.

4.1 A serapilheira como agente na ciclagem de nutrientes.

O solo amazônico origina-se de formações geológicas antigas, sujeitas a intenso intemperismo químico e lixiviação, o que gera solos profundos, ácidos e pobres em nutrientes, com destaque para a limitação de fósforo (P) (Vitousek e Sanford *et al.*, 1986; Luizão *et al.*, 2007). Esse contexto edáfico severo reflete-se nas estratégias adaptativas da vegetação, que depende de mecanismos eficientes de retenção e ciclagem de nutrientes para sustentar sua estrutura e funcionamento (Vitousek *et al.*, 1984).

A serapilheira, compreendendo folhas, ramos, cascas, frutos, sementes e resíduos animais, desempenha papel central na dinâmica florestal. Ela atua como principal via de retorno de matéria orgânica e nutrientes do dossel para o solo, liberando nitrogênio (N), fósforo (P), cálcio (Ca), potássio (K), magnésio (Mg) e outros elementos essenciais através de processos de decomposição, fragmentação, humificação e mineralização (Schumacher; Brun; König *et al.*, 2004; Swift; Heal; Anderson *et al.*, 1979).

Em um estudo conduzido por 40 anos na Amazônia, estima que o estoque de serapilheira varia entre 5 e 11 Mg ha⁻¹, enquanto os fluxos anuais situam-se entre 2 e 9 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, com ordem de retenção de nutrientes em degradação decrescente: N > Ca > K > Mg > P. Essa relação reforça a eficiência da ciclagem interna de N e Ca em solos ricos em ferro e alumínio, e evidencia a escassez de P (Rodrigues *et al.*, 2023).

A qualidade da serapilheira é condicionada pela cobertura florestal, manejo e composição florística. Estudos de Souza *et al.* (2016) e Villa *et al.* (2016) identificaram que a diversidade de espécies, a idade das árvores e os regimes de perturbação (como manejo e regeneração) modificam a proporção de frações vegetais e os teores nutritivos da camada de serapilheira, influenciando sua contribuição à ciclagem.

Fatores como produtividade do solo, condições climáticas (precipitação, temperatura, fotoperíodo), genética das espécies, idade e espaçamento arbóreo são determinantes para a quantidade de serapilheira depositada, conforme os trabalhos de (Versini *et al.*, 2013; Gatto *et al.*, 2014; Ribeiro *et al.*, 2018; Valadão *et al.*, 2019). Essas variáveis, por sua vez, refletem a eficiência do sistema em reciclar nutrientes sobre restrições edáficas, que são limitações impostas pelas características do solo que influenciam diretamente o desenvolvimento das plantas e o funcionamento dos ecossistemas. Elas podem incluir baixa fertilidade, acidez elevada, compactação, deficiência ou excesso de água, além de problemas como salinização ou pouca profundidade do solo. Essas condições dificultam a absorção de nutrientes e água, restringem o crescimento das raízes e podem limitar a distribuição das espécies vegetais.

Fragmentação florestal e perda de biodiversidade reduzem significativamente os estoques de carbonos e a eficiência da ciclagem de nutrientes, pois diminuem a quantidade de biomassa morta disponível e comprometem o funcionamento ecológico (Fahrig *et al.*, 2003; Bello *et al.*, 2015). Esses impactos reforçam a importância da integridade florestal para a manutenção dos ciclos biogeoquímicos. Os ciclos biogeoquímicos são processos naturais pelos quais os elementos químicos essenciais à vida como carbono, nitrogênio, fósforo, enxofre e água circulam entre os seres vivos (bio), o solo e a crosta terrestre (geo) e a atmosfera ou hidrosfera (químico).

A serapilheira desempenha ainda funções ecológicas essenciais para a regulação micro ambiental, ela retém água da chuva, reduz a evaporação, atenuar variações térmicas e protege o solo contra erosão, além de melhorar sua estrutura física e capacidade de troca catiônica (Costa *et al.*, 2010; Schumacher; Brun; König *et al.*, 2004). Em florestas maduras, com cobertura densa e espécies de grande porte, a produção e acúmulo de serapilheira tendem a ser mais expressivos (Chave *et al.*, 2010; Pinto *et al.*, 2009). Nesse sentido, a serapilheira atua não apenas como fonte de nutrientes, mas também como proteção contra processos erosivos e degradação do solo, além de representar um compartimento de armazenamento de carbono.

A decomposição da serapilheira envolve ações combinadas de micro-organismos, macrofauna edáfica e influências climáticas, sendo que a composição química do material (relação C/N, lignina, P e N) define a velocidade de degradação e liberação de nutrientes (Scott e Rothstein, 2014; Gavazov, 2010). Esse processo é crucial para sustentar a produtividade primária da floresta em ambiente naturalmente pobre em nutrientes.

Diante da interação entre formação geológica intemperizada, intemperismo, restrição edáfica e a serapilheira como mecanismo de ciclagem, conclui-se que este componente é imprescindível ao equilíbrio ecológico da Amazônia. Sua preservação e estudo aprofundado são essenciais para práticas de manejo, conservação e recuperação frente à fragmentação e mudanças climáticas.

4.2 Potencial acúmulo de serapilheira na região.

A serapilheira constitui-se como um componente essencial da biomassa nas florestas tropicais, funcionando como um divisor crítico no ciclo de carbono do ecossistema. Material lenhoso resistente, rico em lignina e celulose, pode permanecer incompletamente decomposto por décadas ou séculos, o que permite o sequestro de carbono no solo em média à longo prazo (Babur *et al.*, 2022; Vivanco & Austin *et al.*, 2019). Babur *et al.* (2022) revela que variações

sazonais na composição da serapilheira afetam diretamente a respiração microbiana e o uso de carbono microbiano, reforçando sua função como reservatório ecológico dinâmico.

Paralelamente, estudos florestais geralmente concentram-se em biomassa viva ou em estoques de carbono no solo (Ribeiro *et al.*, 2009; Denardin *et al.*, 2014), negligenciando a contribuição da serapilheira acumulada para o balanço global de carbono e ciclagem de nutrientes. Por essa razão, integrações que incluem biomassa aérea, solo e serapilheira, como realizado por De Matos Rodrigues *et al.* (2023), são essenciais para avaliar o verdadeiro potencial das florestas, em especial na Amazônia.

A dinâmica da matéria orgânica depende da serapilheira e não ocorre isoladamente, precisando de entidades microbianas, fauna edáfica e fatores ambientais determinam a rapidez de decomposição. Essas entidades atuam na decomposição da matéria orgânica, na ciclagem de nutrientes, na formação e estruturação do solo, além de participarem de processos como a fixação de nitrogênio, mineralização, respiração do solo e decomposição da serapilheira. Também podem influenciar a saúde das plantas, seja de forma benéfica (microbiota do solo, micorrizas) ou prejudicial (patógenos).

Gavazov *et al.* (2010) destaca que propriedades químicas, como relação C/N, teor de nutrientes e presença de lignina são tão influentes quanto às condições climáticas na velocidade de mineralização do carbono da serapilheira. Na região amazônica, espécies arbóreas emergentes, como *Dinizia excelsa* (angelim-vermelho), prolongam o tempo de retenção de carbono no solo e potencializando os estoques de carbono orgânico de médio prazo (Babur *et al.*, 2022; Vivanco & Austin *et al.*, 2019). Essa qualidade estrutural do material lenhoso é especialmente relevante para a função de sequestro de carbono em ecossistemas maduros.

Além disso, a presença de microrganismos, como os fungos micorrízicos, pode retardar a decomposição da serapilheira por meio da formação de agregados estáveis, o que contribui para a proteção física do carbono orgânico. Essa interação biológica evidencia como fatores abaixo do solo podem modular o destino da matéria orgânica superficial.

É importante mencionar que a serapilheira não age sozinha no armazenamento de carbono. Detritos lenhosos grossos (Coarse Woody Debris CWD) representam entre 2 a 20 Mg C ha⁻¹ em diferentes plotagens amostrais (Campbell *et al.*, 2019), e podem persistir por até 800 anos em certos ambientes (Harmon *et al.*, 2016). Considerar o CWD junto com a serapilheira amplia a visão sobre os estoques de carbono florestal.

A manipulação experimental da entrada de serapilheira demonstrou que aumentos em cerca de 30% na deposição mensal podem liberar até 0,6 t C ha⁻¹ ano⁻¹ do solo via respiração

(Sayer *et al.*, 2019). Estes retornos mostram que, embora a serapilheira retenha carbono, taxas elevadas de adição podem também estimular a liberação de CO₂, evidenciando a complexidade do balanço de carbono.

Entretanto, a qualidade química da serapilheira, e não apenas sua quantidade, pode ser determinante. Sayer *et al.* (2019) identificou que a capacidade dos solos tropicais de armazenar carbono adicional via sequestro orgânico depende principalmente da associação de compostos com minerais, mais do que da simples entrada de matéria vegetal.

Além do carbono, a serapilheira soma-se aos serviços ecológicos como modulação microclimática, retenção de água, atenuação térmica e proteção contra erosão favorecendo tanto os estoques de carbono como a continuidade da produtividade do solo (Costa *et al.*, 2010).

Por fim, a inclusão sistemática da serapilheira nos inventários florestais de carbono reforça o compromisso com estimativas mais realistas do papel das florestas tropicais na mitigação climática. Esses estoques incluem biomassa aérea, CWD, serapilheira e carbono edáfico, fenômenos integrados que informam melhor a gestão sustentável, as políticas da Amazônia e os compromissos ambientais globais (Parron *et al.*, 2015; Pan *et al.*, 2011).

4.3 Árvores emergentes e o papel da *Dinizia excelsa* (angelim-vermelho).

As florestas tropicais desempenham papel crucial na regulação do clima global por meio do sequestro e estocagem de carbono, sendo responsáveis por absorver uma parcela significativa do dióxido de carbono atmosférico (Pan *et al.*, 2011). Nesse contexto, a Amazônia destaca-se por sua vasta extensão e pela complexidade de seus processos ecológicos, incluindo a produção, acúmulo e decomposição da serapilheira, que constituem um elo fundamental no ciclo do carbono (Luizão *et al.*, 2007; Scott; Rothstein *et al.*, 2014). A serapilheira, ao retornar nutrientes ao solo, influencia diretamente a fertilidade edáfica, a estrutura da comunidade microbiana e a produtividade vegetal (Vitousek; Sanford *et al.*, 1986; Cuevas; Medina *et al.*, 1986).

As árvores emergentes, por sua vez, representam componentes estruturais estratégicos desses ecossistemas, exercendo influência significativa sobre os processos de ciclagem de nutrientes, o microclima florestal e a dinâmica de carbono (Pinho *et al.*, 2020; Trumbore; Brando; Hartmann *et al.*, 2015). Tais indivíduos se destacam por sua elevada altura, longevidade e densidade da madeira, características que contribuem para um maior acúmulo

de biomassa aérea e para uma liberação gradual de material vegetal na serapilheira (Görgens *et al.*, 2020; Russell *et al.*, 2015).

No bioma amazônico, a espécie *Dinizia excelsa*, conhecida como angelim-vermelho, é considerada uma das árvores mais altas e volumosas da floresta. Com registros de indivíduos ultrapassando os 80 metros de altura, essa espécie figura como símbolo das florestas hiperdiversas e pouco antropizadas da Amazônia setentrional (Pinho *et al.*, 2020; Görgens *et al.*, 2020). Estudos recentes demonstram que a presença de *Dinizia excelsa* está associada a áreas com disponibilidade de recursos edáficos e estabilidade estrutural, favorecendo o desenvolvimento de árvores de grande porte (De Oliveira Mourão, Da Costa Pereira *et al.*, 2023).

A elevada biomassa das árvores emergentes confere-lhes papel fundamental nos estoques de carbono acima do solo. Entretanto, pouco se sabe sobre como essas espécies influenciam os estoques de carbono na serapilheira e no solo, especialmente em florestas primárias com baixa influência antrópica (Rodrigues *et al.*, 2023; Campbell *et al.*, 2019). A serapilheira derivada de árvores emergentes como a *Dinizia excelsa* pode apresentar maior resistência à decomposição devido à lignificação e à composição química do material foliar, o que prolonga o tempo de residência do carbono no solo (Gavazov *et al.*, 2010; Vivanco; Austin *et al.*, 2019).

A produção e decomposição da serapilheira variam em função de fatores ambientais, como regime hídrico, temperatura e composição florística (Cianciaruso *et al.*, 2006; Gatto *et al.*, 2014). No entanto, a contribuição específica de espécies dominantes, como *Dinizia excelsa*, ainda é pouco quantificada, o que dificulta a construção de modelos precisos de fluxo de carbono em florestas tropicais. A densidade da madeira e a qualidade do material vegetal depositado influenciam a velocidade de decomposição e a liberação de nutrientes (Rodrigues *et al.*, 2016; Oliveira *et al.*, 2022).

Além disso, a decomposição da serapilheira promove interações entre os compartimentos vivos e mortos do ecossistema, envolvendo microrganismos, invertebrados e processos físico-químicos que modulam a liberação de nutrientes essenciais ao desenvolvimento da vegetação (Babur *et al.*, 2022; Balieiro *et al.*, 2004). Assim, a presença de árvores emergentes pode afetar não apenas a quantidade, mas também a qualidade do aporte de serapilheira, com implicações para a manutenção da fertilidade do solo e a resiliência ecológica (Schumacher; Brun; König *et al.*, 2004; Souza *et al.*, 2016).

A fragmentação florestal, aliada às mudanças climáticas, ameaça diretamente a persistência de árvores emergentes, comprometendo o equilíbrio dos estoques de carbono e a

ciclagem de nutrientes em larga escala (Fahrig *et al.*, 2003; Hargrave; Kis-Katos *et al.*, 2013). Nesse sentido, compreender a dinâmica da serapilheira associada a espécies como *Dinizia excelsa* torna-se fundamental para embasar estratégias de conservação e manejo de florestas tropicais, especialmente em unidades de conservação como o Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque, onde se localiza o sítio das árvores gigantes.

A investigação dos estoques de biomassa e carbono na serapilheira em áreas com dominância de *Dinizia excelsa* pode contribuir para a definição de padrões ecológicos e para o monitoramento de alterações ambientais em longo prazo (De Matos Rodrigues *et al.*, 2023; Silva *et al.*, 2024). Tais estudos são essenciais para aprimorar os inventários de carbono e apoiar políticas públicas de mitigação das mudanças climáticas, em consonância com os relatórios do IPCC sobre uso da terra e clima global.

Portanto, o aprofundamento do conhecimento sobre a serapilheira em florestas com presença significativa de árvores emergentes, como a *Dinizia excelsa*, representa uma fronteira relevante da pesquisa ecológica e florestal. Ao revelar os processos que sustentam a ciclagem de nutrientes e a retenção de carbono nesses ecossistemas, esses estudos ampliam nossa capacidade de proteger os serviços ecossistêmicos vitais da maior floresta tropical do planeta.

4.4 Aplicações Ecológicas e Relevância para Políticas Públicas.

A serapilheira representa um dos principais componentes do ciclo biogeoquímico nas florestas tropicais, atuando como elo entre a produtividade primária e a disponibilidade de nutrientes no solo (Vitousek & Sanford *et al.*, 1986; Cuevas & Medina *et al.*, 1986). A deposição e decomposição de serapilheira são processos fundamentais para a manutenção da fertilidade do solo e o funcionamento dos ecossistemas, influenciando diretamente o sequestro e o armazenamento de carbono (Luizão *et al.*, 2007; Gavazov *et al.*, 2010). Esse material orgânico, ao acumular-se sobre o solo, regula a temperatura, a umidade e a atividade biológica, funcionando como um sistema tamponante essencial.

A quantificação da biomassa e do carbono armazenado na serapilheira tem implicações diretas para a formulação de políticas públicas voltadas à mitigação das mudanças climáticas, como os programas de REDD+ (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation), que reconhecem o valor das florestas em pé como reservas de carbono (Pan *et al.*, 2011). A inclusão de dados de serapilheira nesses programas

aumenta a acurácia das estimativas de carbono florestal, especialmente em florestas tropicais onde esse compartimento pode representar uma fração relevante da biomassa total.

Além disso, a serapilheira é uma importante fonte de informação para os inventários florestais e para a modelagem do balanço de carbono. A heterogeneidade espacial e temporal da produção e decomposição de serapilheira oferece subsídios para a construção de modelos mais robustos de dinâmica florestal e serviços ecossistêmicos (Campbell *et al.*, 2019; Morais *et al.*, 2017). Essas informações são fundamentais para políticas de gestão ambiental e conservação da biodiversidade, especialmente em áreas de alta diversidade biológica, como a Amazônia.

A serapilheira também reflete respostas ecológicas a distúrbios naturais ou antrópicos, como fragmentação, desmatamento e mudanças climáticas. A sua composição, espessura e qualidade podem ser utilizadas como indicadores de integridade ecológica (Bello *et al.*, 2015; Fahrig *et al.*, 2003). Em florestas degradadas ou em regeneração, os padrões de aporte e decomposição da serapilheira permitem inferir o estágio sucessional, a resiliência do sistema e a eficiência dos programas de restauração ecológica (Villa *et al.*, 2016; Rodrigues *et al.*, 2016).

Do ponto de vista ecológico, o entendimento da dinâmica da serapilheira associada a espécies emergentes, como *Dinizia excelsa* (angelim-vermelho), é estratégico. Por serem árvores de grande porte, de crescimento lento e elevada longevidade, essas espécies acumulam grandes quantidades de biomassa e liberam gradualmente matéria orgânica e nutrientes por meio da serapilheira, influenciando de forma significativa o microambiente edáfico e a estrutura do sub-bosque (Pinho *et al.*, 2020; Gorgens *et al.*, 2020). Estudos como o de Rodrigues *et al.* (2023) demonstram que a composição florística e o porte das árvores afetam diretamente a quantidade e a qualidade da serapilheira.

A *Dinizia excelsa*, por sua vez, destaca-se na paisagem amazônica não apenas pelo tamanho colossal, com registros de indivíduos com mais de 80 metros de altura, mas também pelo seu papel ecológico na ciclagem de nutrientes e na manutenção do estoque de carbono. A persistência de sua serapilheira, rica em lignina e com lenta decomposição, contribui para a estabilidade do carbono no solo, retardando sua liberação para a atmosfera e ampliando seu papel como sumidouro de carbono (Shengli *et al.*, 2016; De Matos Rodrigues *et al.*, 2023).

A inclusão dessas árvores gigantes nas avaliações ecológicas e nos inventários de carbono florestal é, portanto, uma exigência não apenas científica, mas estratégica para o planejamento territorial e climático. Ao considerar o aporte específico da serapilheira de *Dinizia excelsa* (angelim-vermelho), é possível refinar as estimativas de estoque de carbono e

entender melhor os padrões de acumulação e liberação de nutrientes nos ecossistemas florestais (Ribeiro *et al.*, 2009; Gaspar *et al.*, 2014).

No campo das políticas públicas, essas informações podem subsidiar planos de manejo sustentável, zoneamento ecológico-econômico (ZEE), mecanismos de compensação por serviços ambientais (como pagamento por serviços ecossistêmicos) e programas de restauração ecológica com foco na resiliência e estabilidade dos estoques de carbono (Parron *et al.*, 2015; Tedesco *et al.*, 1995). A conservação de espécies-chave como *Dinizia excelsa* deve ser priorizada nesses instrumentos.

Adicionalmente, há uma crescente valorização da floresta em pé por seu papel multifuncional, incluindo provisão de habitat, regulação climática, recarga hídrica e estocagem de carbono. A serapilheira funciona como um dos principais canais pelos quais essas funções se conectam, sendo, portanto, um componente crucial na avaliação de serviços ecossistêmicos e na definição de indicadores para relatórios ambientais e estratégias internacionais de mitigação (IPCC *et al.*, 2025; Trumbore *et al.*, 2015).

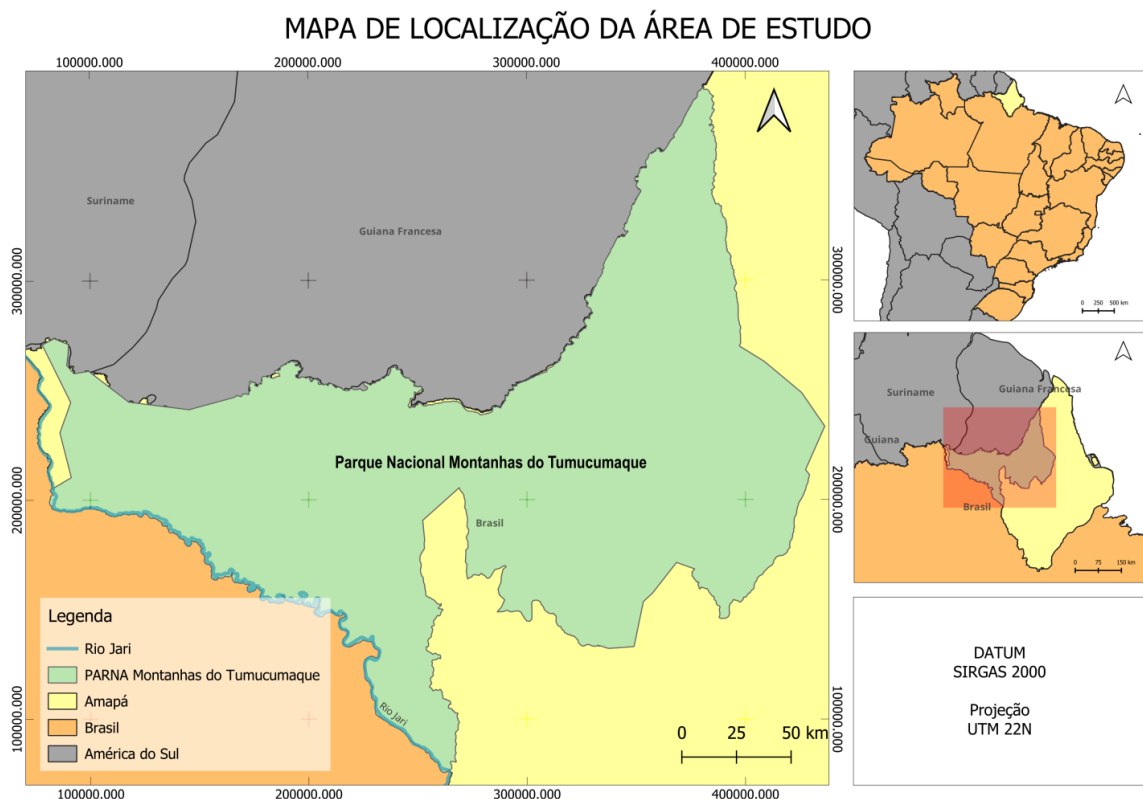
Por fim, compreender a dinâmica da serapilheira em diferentes contextos ecológicos e florísticos, especialmente em áreas com presença de árvores emergentes como *Dinizia excelsa* (angelim-vermelho), é essencial para promover o uso sustentável da floresta amazônica, alinhar a conservação com o desenvolvimento local e fomentar políticas públicas baseadas em evidências científicas. A integração entre conhecimento ecológico e tomada de decisão pública é o caminho mais eficaz para enfrentar os desafios da crise climática e da perda de biodiversidade.

5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

5.1 Local de coleta

A presente pesquisa foi desenvolvida no Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque, o maior parque nacional do Brasil, uma área de aproximadamente 39.000 km². Localizado na região noroeste do Estado do Amapá, o parque abrange 3.867.000 ha e se estende ao longo da fronteira internacional do Brasil com a Guiana Francesa e Suriname, além de ocupar uma estreita faixa no Estado do Pará, acompanhando a margem direita do Rio Jari (Figura 1). De acordo com a classificação proposta por Köppen, o clima local é classificado como Cwa. A temperatura média anual, umidade relativa e precipitação para o período de 1968 a 2015, é de 21,9°C, 79% e 1.274 mm, respectivamente (UFV, 2016).

Figura 1: Mapa do Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque



Fonte: Santos (2025).

5.2 Serapilheira

A serapilheira foi coletada em 4 parcelas permanentes de aproximadamente, 10 ha (316 m x 316 m), cada. A alocação das parcelas foi realizada de forma a contemplar a variação ambiental do sítio com ocorrência de árvores gigantes, foram selecionadas 4 árvores gigantes para a realização da coleta de serapilheira, totalizando 16 indivíduos amostrados. Foram definidos para a coleta 2 pontos ao redor de cada árvore, em distância de 5 m do tronco da árvore, totalizando 32 pontos de coleta em toda a área estudada. A coleta da serapilheira no piso florestal foi realizada com uso de gabarito metálico quadrado de 0,25 m² (0,50 x 0,50 m), perfazendo 2 amostras por árvore. Após a coleta, a serapilheira foi processada (triagem) e dividida em 5 frações, sendo elas: 1 – folhas; 2 - galhos (diâmetro < 2 cm); 3 – cascas; 4 - estruturas reprodutivas (frutos, flores e sementes) e; 5 - miscelânea (resíduos em decomposição avançada, não permitindo sua identificação). Após a triagem, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa com circulação de ar a 65 °C por 96 horas, o material foi pesado em balança analítica (precisão de 0,001 g) na Embrapa Amapá.

5.3 Análise de dados

Após a coleta em campo, o material da serapilheira foi submetido ao processo de triagem, no qual as amostras foram separadas manualmente em cinco frações distintas, de acordo com sua natureza morfológica e funcional: (i) fração foliar; (ii) fração galhos, correspondente a ramos lenhosos com diâmetro inferior a 2 cm; (iii) fração cascas, constituída por fragmentos de ritidoma; (iv) fração de estruturas reprodutivas, incluindo frutos, flores e sementes; e (v) fração miscelânea, formada por resíduos orgânicos em estágio avançado de decomposição, cuja identificação morfológica não foi possível.

Concluída a triagem, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados e submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar, mantida à temperatura constante de 65 °C, por um período de 96 horas, até a obtenção de massa constante. Posteriormente, o material seco foi pesado em balança analítica com precisão de 0,001g, nas dependências da Embrapa Amapá, garantindo maior precisão na determinação da biomassa seca das frações de serapilheira.

Para fins de análise estatística, o estudo foi conduzido considerando um delineamento inteiramente casualizado (DIC), no qual a fração da serapilheira foi definida como fator experimental. Foram avaliados cinco tratamentos, correspondentes às diferentes frações da

serapilheira acumulada no piso florestal: (i) folhas; (ii) galhos (diâmetro < 2 cm); (iii) cascas; (iv) estruturas reprodutivas (frutos, flores e sementes); e (v) miscelânea.

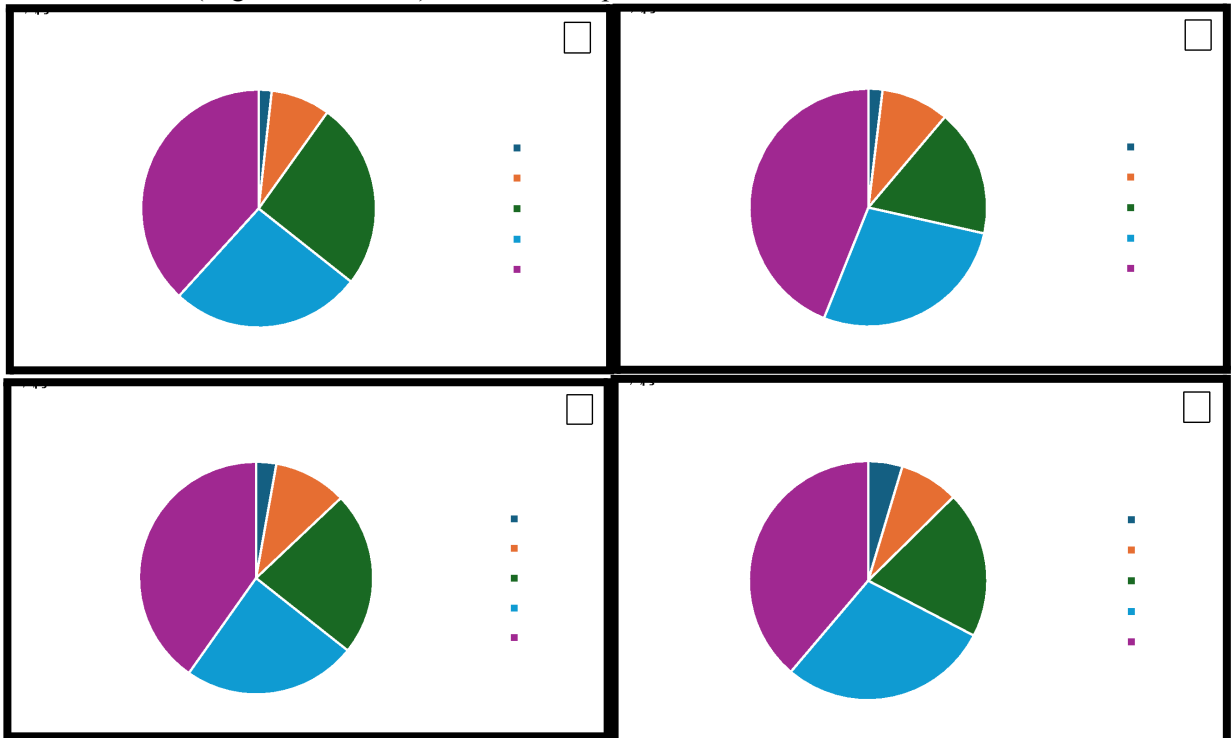
A variável resposta analisada foi a biomassa seca da serapilheira, expressa inicialmente em massa seca (g), posteriormente convertida para biomassa por unidade de área (Mg ha^{-1}), bem como a contribuição percentual (%) de cada fração em relação à serapilheira total. As parcelas permanentes, bem como as árvores amostradas dentro de cada parcela, foram consideradas como unidades amostrais independentes, atuando como repetições experimentais para cada tratamento.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com o objetivo de verificar a existência de diferenças significativas entre as frações da serapilheira. Quando identificadas diferenças estatisticamente significativas, as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey, adotando-se nível de significância de 5% ($p < 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do software SISVAR, conforme descrito por Ferreira (2000). A representação gráfica dos resultados foi elaborada no programa Microsoft® Office Excel, versão 2024, com a finalidade de facilitar a interpretação e a visualização dos dados.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição percentual das frações da serapilheira acumulada nas parcelas com presença de *Dinizia excelsa* evidenciou a predominância da fração foliar, cujos valores variaram entre 38,16% e 43,95% (Figura 2). Esse resultado está em consonância com o padrão amplamente descrito para florestas tropicais úmidas amazônicas, nas quais as folhas constituem a principal fração da serapilheira, em razão da elevada taxa de renovação foliar, da grande área foliar específica e da adaptação fisiológica das espécies às variações sazonais de disponibilidade hídrica e luminosa (Souza et al., 2016; Silva et al., 2022). Estudos realizados em diferentes formações florestais da Amazônia Legal indicam que a fração folhas geralmente representa entre 40% e 60% da serapilheira acumulada, reforçando seu papel central no aporte de matéria orgânica e na ciclagem de nutrientes (Lima et al., 2021; Almeida et al., 2023).

Figura 2 - Contribuição percentual das frações da serapilheira acumulada associada a indivíduos de *Dinizia excelsa* (angelim-vermelho) em diferentes parcelas amostrais.



Fonte: Santos (2025).

A expressiva contribuição da fração foliar também está diretamente relacionada à sua qualidade química, caracterizada por maiores teores de nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio, o que favorece taxas mais rápidas de decomposição e maior disponibilidade de

nutrientes para o solo (Gama-Rodrigues *et al.*, 2021). Em áreas dominadas por espécies emergentes, como *Dinizia excelsa*, esse aporte contínuo de folhas pode influenciar significativamente a dinâmica do carbono superficial, uma vez que parte desse material é rapidamente mineralizada, enquanto outra fração contribui para a formação de matéria orgânica mais estável.

As frações de galhos e cascas apresentaram a segunda maior contribuição para a serapilheira acumulada, com variações entre 24,09% e 28,64% para galhos e entre 17,30% e 25,56% para cascas (Figura 2). Valores semelhantes têm sido reportados em estudos conduzidos na Amazônia Central e Oriental, nos quais a fração lenhosa pode representar entre 20% e 35% da serapilheira total, especialmente em áreas com árvores de grande porte e elevada complexidade estrutural (Silva *et al.*, 2021; Santos *et al.*, 2022). No caso das parcelas sobre influência direta de indivíduos emergentes de *Dinizia excelsa*, a maior deposição de galhos e fragmentos de casca pode estar associada à elevada altura das árvores, à maior exposição ao vento e à ocorrência de processos naturais de desrama e desprendimento de casca, comuns em espécies de grande porte.

Além disso, a presença significativa de material lenhoso na serapilheira pode refletir diferentes estágios de dinâmica florestal, incluindo processos de auto-desbaste, competição intraespecífica e senescência de ramos, os quais contribuem para o acúmulo de biomassa com maior teor de lignina e decomposição mais lenta (Santos *et al.*, 2022; Ferreira *et al.*, 2024). Essa fração desempenha papel fundamental no sequestro de carbono, uma vez que sua decomposição gradual favorece a permanência do carbono no sistema solo-serapilheira por períodos mais longos.

A fração miscelânea apresentou contribuição intermediária, variando de 8,03% a 10,10%, sendo composta por fragmentos finos de folhas em diferentes estágios de decomposição, sementes, partes florais fragmentadas e outros resíduos vegetais. Resultados semelhantes foram observados em pesquisas realizadas na Amazônia, nas quais essa fração tende a aumentar à medida que o processo de decomposição avança e ocorre maior fragmentação do material original, refletindo maior atividade microbiana e da fauna do solo (Gama-Rodrigues *et al.*, 2021; Lima *et al.*, 2023). Assim, a fração miscelânea pode ser interpretada como um indicativo do grau de transformação da serapilheira e da intensidade dos processos biogeoquímicos atuantes no ecossistema.

O material reprodutivo representou a menor proporção da serapilheira acumulada, com valores entre 1,79% e 4,63%. Essa baixa participação é esperada em florestas tropicais, uma vez que flores, frutos e sementes apresentam deposição altamente sazonal, associada aos

ciclos fenológicos das espécies, além de serem rapidamente removidos pela fauna ou decompostos (Souza; Cunha, 2018; Almeida *et al.*, 2023). Em estudos amazônicos, essa fração raramente ultrapassa 5% da serapilheira total, exceto em períodos de pico reprodutivo de determinadas espécies dominantes.

De modo geral, apesar das variações observadas entre as parcelas, a ordem de contribuição das frações da serapilheira foi consistente, seguindo o padrão: folhas > galhos > cascas > miscelânea > material reprodutivo (Figura 2). Esse arranjo é amplamente descrito para florestas tropicais amazônicas e reforça a importância do componente foliar como principal vetor de entrada de matéria orgânica e nutrientes no sistema solo-serapilheira (Silva *et al.*, 2022; Ferreira *et al.*, 2024).

Cabe destacar que o período de coleta pode ter influenciado significativamente a quantidade e a composição da serapilheira acumulada. As amostras foram coletadas no mês de maio de 2024, período de transição entre a estação chuvosa e o início do período menos chuvoso na região amazônica, quando ainda há elevada produção de biomassa vegetal, mas já se observam sinais de intensificação da abscisão foliar.

O Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque está inserido em um regime climático equatorial quente e úmido, caracterizado por precipitação anual elevada (em torno de 2.000 a 3.250 mm) e temperaturas médias estáveis entre aproximadamente 25 °C e 30 °C ao longo do ano, com uma estação seca relativa entre agosto e novembro, quando os índices pluviométricos diminuem significativamente (clima tropical monção/equatorial).

Em florestas amazônicas, a deposição de serapilheira tende a apresentar variações sazonais associadas ao regime de chuvas, sendo geralmente maior durante o período menos chuvoso, quando ocorre maior queda de folhas como estratégia de redução da perda de água pelas plantas (Lima *et al.*, 2021; Almeida *et al.*, 2023). Dessa forma, coletas realizadas em diferentes épocas do ano podem resultar em diferenças expressivas tanto na massa total quanto na proporção das frações, o que deve ser considerado na interpretação dos resultados e na comparação com outros estudos.

A análise de variância indicou efeito significativo das diferentes frações da serapilheira sobre a contribuição percentual acumulada ($p < 0,05$). O teste de comparações múltiplas de Tukey evidenciou diferenças estatísticas entre as frações dentro das parcelas avaliadas, conforme indicado pelos agrupamentos por letras apresentados na Figura 2. De modo geral, a fração foliar apresentou valores médios superiores às demais frações, corroborando sua predominância na composição da serapilheira.

As frações de galhos e cascas apresentaram contribuições intermediárias, enquanto a fração miscelânea e o material reprodutivo apresentaram os menores valores percentuais. Esse padrão estatístico está em consonância com a ordem geral de contribuição observada (folhas > galhos > cascas > miscelânea > material reprodutivo) e sustenta a interpretação ecológica discutida para áreas sob influência de indivíduos emergentes de *Dinizia excelsa*.

Nesse contexto, os resultados obtidos reforçam o papel ecológico de *Dinizia excelsa* na modulação do aporte e da qualidade da serapilheira, evidenciando sua influência direta na ciclagem de nutrientes, na dinâmica da matéria orgânica e no estoque de carbono superficial em florestas do Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque.

7 CONCLUSÃO

Conclui-se que serapilheira acumulada nas parcelas com presença de *Dinizia excelsa* apresenta composição percentual dominada pela fração foliar, evidenciando o papel central das folhas no aporte de matéria orgânica, na ciclagem de nutrientes e na manutenção do estoque de carbono em florestas tropicais úmidas. Esse padrão confirma a importância funcional dessa fração para a sustentabilidade ecológica dos ecossistemas amazônicos.

As frações de galhos e cascas configuraram-se como componentes relevantes da serapilheira, refletindo a influência estrutural e morfológica de indivíduos emergentes de *Dinizia excelsa* sobre a dinâmica de deposição de material lenhoso. A contribuição desses materiais indica processos naturais de renovação da floresta e reforça sua importância para o armazenamento de carbono de maior permanência no sistema, em função da decomposição mais lenta.

A fração miscelânea, com participação intermediária, evidenciou a atuação contínua dos processos de fragmentação e decomposição, enquanto o material reprodutivo apresentou baixa contribuição, compatível com seu caráter sazonal e efêmero. Apesar das variações observadas entre as parcelas, a ordem de contribuição das frações manteve-se consistente, indicando um padrão estrutural associado à presença de *Dinizia excelsa*.

Dessa forma, os resultados demonstram que *Dinizia excelsa* exerce influência significativa na quantidade e na qualidade da serapilheira acumulada, impactando diretamente a ciclagem de nutrientes e o sequestro de carbono. O estudo contribui para o entendimento da dinâmica da serapilheira em florestas amazônicas e fornece subsídios científicos para ações de conservação e manejo em áreas protegidas, como o Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque

REFERÊNCIAS

- BABUR, Emre; DİNDAROĞLU, Turgay; RIAZ, Muhammad; USLU, Ömer Suha. Seasonal variations in litter layers' characteristics control microbial respiration and microbial carbon utilization under mature pine, cedar, and beech forest stands in the Eastern Mediterranean karstic ecosystems. **Microbial Ecology**, v. 84, n. 1, p. 153–167, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00248-021-01842-4>. Acesso em: 1 dez. 2025.
- BALIEIRO, Flávio Carlos; ALVES, Bruno José Rodrigues; URQUIAGA, Segundo; BODDEY, Robert Michael. Avaliação da ciclagem de nutrientes em ecossistemas tropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 2, p. 123 - 134, 2004. Disponível em: <https://www.rbcjournal.org/pt-br/edicoes-digitais/v28n2/123-134.pdf>. Acesso em: 1 dez. 2025.
- BELLO, Felipe de; GALLO, Ana Paula; LEPS, Jan; SEBASTIÀ, Maria Teresa; LAVOREL, Sandra. Biodiversity loss and nutrient cycling in tropical fragmented forests. **Ecology Letters**, v. 18, p. 123–130, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/155991>. Acesso em: 6 dez. 2025.
- BERG, Björn; McCLAUGHERTY, Charles; *et al.* Litter decomposition and soil organic matter formation: revisiting concepts and future directions. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 170, p. 108688, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2022.108688>. Acesso em: 13 dez. 2025.
- CAMPBELL, John L.; GREEN, Mark B.; YANAI, Ruth D.; WOODALL, Christopher W.; FRAVER, Shawn; HARMON, Mark E.; HATFIELD, Mark A.; BARNETT, Charles J.; SEE, Craig R.; DOMKE, Grant M. Estimating uncertainty in the volume and carbon storage of downed coarse woody debris. **Ecological Applications**, v. 29, n. 2, e01844, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/eap.1844>. Acesso em: 6 dez. 2025.
- CIANCIARUSO, Marcus Vinicius; PIRES, João Sérgio Rodrigues; DELITTI, Wilson Batista Costa; SILVA, Eliane Ferreira de Lima Pinto. Produção de serapilheira e decomposição do material foliar em um cerradão na Estação Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, p. 49–59, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062006000100006>. Acesso em: 27 nov. 2025.
- COSTA, Ana Cristina; SILVA, José Roberto; MENDES, Lucas Augusto; OLIVEIRA, Patrícia Helena; PEREIRA, Carlos Eduardo. Serapilheira e qualidade do solo em florestas tropicais. **Amazon Journal of Forest Research**, v. 4, n. 1, p. 45–56, 2010. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/7315>. Acesso em: 7 dez. 2025.
- COTRUFO, Francesca Mara; TIBBETTS, Jason; COMSTOCK, J. P.; CHAPIN, F. Stuart; *et al.* Formation of soil organic matter via biochemical and physical pathways of litter mass loss. **Nature Geoscience**, v. 14, p. 35–42, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41561-020-00689-6>. Acesso em: 13 dez. 2025.

CUEVAS, Edmundo; MEDINA, Enrique. Dinâmica de nutrientes nos ecossistemas florestais amazônicos. **Oecologia**, v. 68, p. 466 - 472, 1986. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF01036756>. Acesso em: 12 maio 2025.

DA COSTA PEREIRA, Manuelle; CARDOSO Maycon Barbosa; SILVA, Diego Armando Silva; BATISTA, Anderson Pedro Bernadina; SOUSA, Carla Samara Campelo. Análise da diversidade e similaridade florística entre áreas de ocorrência de árvores gigantes no Amapá, Amazônia, Brasil. *In: Encontro Brasileiro de Mensuração Florestal*, 6., 2023. **Anais**. Recife: Departamento de Ciência Florestal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2023. Disponível em: <https://www.simposfloresta.pro.br/sistema/ocs-2.3.5/index.php/VIMensuflo/Mensuflo/paper/view/342>. Acesso em: 1 dez. 2025.

DENARDIN, Rosiane Berenice Nicoloso; MATTIAS, Jorge Luis; WILDNER, Leandro do Prado; NESI, Cristiano Nunes; SORDI, André; KOLLING, Daniel Fernando; BUSNELLO, Fábio José; CERUTTI, Tadeu. Estoque de carbono no solo sob diferentes formações florestais, Chapecó-SC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 59-69, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509813323>. Acesso em: 25 nov. 2025.

RODRIGUES, Julia Isabella e Matos; MARTINS, Walmer Bruno Rocha; MESQUITA, Eliane de Andrade; SOUSA, Daniel de Oliveira de; SOUZA, José Felipe Rabelo de; LIMA, Victor de Oliveira; CRUZ, Riquelme da Silva; CASAROLI, Carlos Alberto. Estoque e fluxo de serapilheira e nutrientes na Amazônia: definindo padrões dos últimos 40 anos de pesquisa científica. **Scientia Plena**, Aracaju, SE, v. 19, n. 7, 2023. Disponível em: <https://scientiaplenua.emnuvens.com.br/sp/article/view/6842>. Acesso em: 9 jun. 2025.

MOURÃO, Fernando Guilherme da Hora de Oliveira. **Distribuição espacial de árvores emergentes na Amazônia a partir de dados oriundos de escaneamento laser aerotransportado**. 2021. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2021.

FAHRIG, Lenore. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 34, p. 487–515, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419>. Acesso em: 8 dez. 2025.

FERNANDEZ, Christopher W.; KENNEDY, Peter G. Revisiting the “Gadgil effect”: do interguild fungal interactions control carbon cycling in forest soils? **New Phytologist**, v. 209, n. 4, p. 1382–1394, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/nph.13648>. Acesso em: 2 dez. 2025.

FERREIRA, Daniel Furtado. Análises estatísticas por meio do SISVAR. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 18, n. 1, p. 41–45, 2000. Disponível em: <https://www.dex.ufla.br/~danielff/programas/sisvar.html>. Acesso em: 13 dez. 2025.

GAMA-RODRIGUES, Ana Claudia; ALMEIDA, Emanuely Cristina dos Santos; MATOS, Eliane Aparecida de; CHAVES, Valmiqui Costa. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais tropicais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 45, n. 3, p. 1–12, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-90882021000300001>. Acesso em: 14 dez. 2025.

GASPAR, Rosineia de Oliveira; WILDNER, Leandro do Prado; MATTIAS, Jorge Luis; NESI, Cristiano Nunes. Análise fitossociológica e do estoque de carbono no estrato arbóreo de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 4, p. 777-787, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509814569>. Acesso em: 8 dez. 2025.

GATTO, Samuel L.; NOGUEIRA, L. H. D.; SAMPAIO, R. F. P.; OLIVEIRA, C. P. S. de. Influência do clima e do solo na produção de serapilheira. **Floresta Amazônica**, Manaus, AM, v. 45, n. 3, p. 200 - 212, 2014. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/issue/view/1743>. Acesso em: 2 dez. 2025.

GAVAZOV, Konstantin B. Litter decomposition dynamics in tropical forests. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 42, p. 123–131, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/journal/soil-biology-and-biochemistry/vol/42/issue/3>. Acesso em: 4 dez. 2025.

GÖRGENS, Eduardo Barros; DAL'AGNOL, Ricardo; LONDOÑO, Jhonny Fernando G. P.; FONSECA, Thiago A. O. da; DUTRA, Valdinei L. S.; SILVA, Carlos L. B. M. A. e; LONDOÑO, Vinícius K. G. P.; LIMA, Valderi D. S. de; MATTOS, Luiz A. G. O. de. Resource availability and disturbance shape maximum tree height across the Amazon. **Global Change Biology**, v. 26, n. 12, p. 7096–7108, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/gcb.15340>. Acesso em: 14 dez. 2025.

HARMON, Mark E.; MEENTEMEYER, S. L.; KALISZ, B. N.; SICCAM, T. G.; VAN MIEGROET, H. Decomposition and mass of woody detritus in the dry tropical forests of the northeastern Yucatan Peninsula, Mexico. **Biotropica**, v. 27, n. 3, p. 305–316, 1995.

HARGRAVE, Julie; KIS-KATOS, Kristian. Causas econômicas do desmatamento na Amazônia brasileira: uma análise de dados em painel para os anos 2000. **Environmental and Resource Economics**, v. 54, p. 471–494, 2013.

HERNÁNDEZ, Diego L. et al. Leaf litter traits drive nutrient release and decomposition rates in tropical forests. **Ecosystems**, v. 24, p. 1120–1134, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10021-020-00578-9>. Acesso em: 4 dez. 2025.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **AR6 synthesis report: climate change 2025**. Genebra: IPCC, 2025. <https://report.ipcc.ch/ar6syrr>. Acesso em: 4 dez. 2025.

KELLER, Michael; ANDRADE, Maiza de Fátima G. D. S. de; ARAGÃO, Luiz Eduardo O. C.; SOUZA, Joanna V. D. S. de. Coarse woody debris in undisturbed and logged forests in the eastern Brazilian Amazon. **Global Change Biology**, v. 10, n. 5, p. 784–795, 2004. Disponível em: https://data.fs.usda.gov/research/pubs/iitf/ja_iitf_2004_keller001.pdf. Acesso em: 5 dez. 2025.

LEHMANN, Johannes; RUMPEL, Cornelia; KLEBER, Markus; KÖGEL-KNABNER, Ingrid; TRUMBORE, Stephen E.; VAN GROENIGEN, Jean O. B. N. A. Persistence of soil organic carbon caused by functional complexity. **Nature Reviews Earth & Environment**, v. 4, p. 529–543, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s43017-023-00422-8>. Acesso em: 13 dez. 2025.

LEITE, Hélio Garcia; CAMPOS, João Carlos Chaves. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. Viçosa: UFV, 2017. Disponível em:

<https://www.agrolivros.com.br/silvicultura/livro-mensuracao-florestal-perguntas-e-respostas--p>. Acesso em 5 dez. 2025.

LIMA, Sarah Silva; ARAGÃO, Luiz Eduardo de Oliveira e Cruz; VALENTE, Evandro M. G. de L.; SILVA, Ricardo D. A. O. da; SILVA, André E. L. V. N. B. da; PEREIRA, Eliana M. M. de N. S. Sazonalidade da serapilheira em florestas tropicais úmidas da Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 51, n. 4, p. 345–356, 2021. Disponível em:

<https://doi.org/10.1590/1809-4392202101201>. Acesso em: 14 dez. 2025.

LUIZÃO, Flávio José; LUIZÃO, Regina Célia Celestino; LIMA, Maria Valéria B. V. A. S.; PAIVA, Solange G. R. E. M. L. de; FERREIRA, Jeferson da Costa; FERREIRA, Ana K. O. L. S. Produção de serapilheira e ciclo de nutrientes na Amazônia. **GeoJournal**, v. 19, p. 407 - 417, 2007.

LUIZÃO, Flávio José. Ciclos de nutrientes na Amazônia: respostas às mudanças ambientais e climáticas. **Ciência e Cultura**, v. 59, n. 3, p. 31–36, 2007. Disponível em:

<https://peld.inpa.gov.br/sites/default/files/pdf/Luisao%20Ciclos%20de%20nutrientes%20na%20Amazonia%202007.pdf>. Acesso em: 6 dez. 2025.

LUIZÃO, Flávio José; LUIZÃO, Regina Célia Celestino; LIMA, Maria Valéria B. V. A. S.; PAIVA, Solange G. R. E. M. L. de; FERREIRA, Jeferson da Costa; FERREIRA, Ana K. O. L. S. Nutrient cycling in Amazonian forests under environmental change. **Forest Ecology and Management**, v. 520, p. 120385, 2022. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120385>. Acesso em: 13 dez. 2025.

MACHADO, Murilo Rezende; CAMPOS, José Carlos Chaves; COUTO, Laércio; OLIVEIRA, et al. Produção de serapilheira como bioindicador de recuperação em plantio adensado de revegetação. **Revista Árvore**, v. 32, p. 143–151, 2008. Disponível em:

<https://doi.org/10.1590/S0100-67622008000100016>. Acesso em: 8 dez. 2025.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (Brasil). **Plano de manejo do Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque**. Brasília: MMA, 2009.

MORAIS, Vinícius de Abreu; CAMPOS, João Carlos Chaves; MENDONÇA, Eduardo de Sá; NEVES, José Carlos L. et al. Spatial and vertical distribution of litter and belowground carbon in a Brazilian Cerrado vegetation. **Cerne**, v. 23, p. 43–52, 2017.

ODUM, Eugene Pleasants. **Fundamentos de ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988.

OLIVEIRA, Jéssica Mara Dutra de. **Produção, decomposição e estoque de carbono em serapilheira na Floresta Nacional Mário Xavier, Seropédica, Rio de Janeiro**. 2022. 56 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2022.

PAN, Yude; BIRDSEY, Richard A.; CASSIDY, John G.; CHEN, Fa-Gui; KURLYCHECK, John P.; WIRTH, Christian; GOULDEN, Michael L.; KRÖNCKE, Sascha A.; MCDONALD, Peter A.; PRIESTLEY, Christopher C.; ALMEIDA, Cecília; BRENES, Fabián; MARTIN,

Hector; HÖGMARK, Torbjörn; TIETEMA, Ton; CHRISTOPHERSEN, Neil P. A large and persistent carbon sink in the world's forests. **Science**, v. 333, n. 6045, p. 988 - 993, 2011.

PARRON, Livia Maria; ALMEIDA, Cristiane de Conto de; PARRON, Antônio do Nascimento; CAMPOS, João Carlos C. D. C. A.; ARAGÃO, Luiz Eduardo de Oliveira e Cruz. **Avaliação de serviços ambientais no âmbito do projeto ServiAmbi**. Colombo: Embrapa Florestas, 2015.

PINHO, Bruno Xavier; LONGHI, Marcos; ALMEIDA, et al. Critical role and collapse of tropical mega-trees: a key global resource. **Advances in Ecological Research**, v. 62, p. 253–294, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/bs.aecr.2020.01.009>. Acesso em: 12 maio 2025.

PINTO, Simone Isabel Cordeiro; ARAGÃO, Luiz Eduardo de Oliveira e Cruz; CAMPOS, José Carlos Chaves; COUTO, Laércio; OLIVEIRA, et al. Ciclagem de nutrientes em dois trechos de floresta estacional semidecidual na reserva florestal Mata do Paraíso, Viçosa, MG, Brasil. **Revista Árvore**, v. 33, p. 653 - 663, 2009. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/488/48815852008.pdf>. Acesso em: 6 dez. 2025.

PARQUE Nacional de Tumucumaque. *In*: Portal São Francisco. Disponível em: <https://www.portalsaofrancisco.com.br/meio-ambiente/parque-nacional-de-tumucumaque>. Acesso em: 20 mar. 2025.

PRESCOTT, Cindy E.; GRAYSTON, Sue J. Tree species influence on microbial communities and litter decomposition. **Forest Ecology and Management**, v. 494, p. 119338, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119338>. Acesso em: 13 dez. 2025.

QUESADA, Carlos Alberto; BERENGUER, Erika; ARAGÃO, Luiz E. O. C.; KELLER, Michael; TRUMBORE, Susan E.; MALHI, Yadvinder S.; LUIZÃO, Flávio J. et al. Biogeochemical controls on carbon and nutrient cycling in Amazonian forests. **Global Change Biology**, v. 29, n. 7, p. 1884–1902, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/gcb.16671>. Acesso em: 13 dez. 2025.

RIBEIRO, Suzana Cássia; CAMPOS, João Carlos Chaves; COUTO, Laércio; SOUZA, José Roberto M.; NEVES, Bruno G. L.; CASSOLI, Leonardo M. Quantificação de biomassa e estimativa de estoque de carbono em uma floresta madura no município de Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 33, p. 917–926, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622009000500014>. Acesso em: 25 nov. 2025.

RODRIGUES, Jonas Ismael de Mattos; FERREIRA, Giliandro S. L. F. P. A. B. C.; SILVA, Cássio R. S. L.; FERREIRA, Jeferson da Costa; FERREIRA, Ana K. O. L. S. Litter stock, litterfall and nutrients in the Amazonia: defining patterns from last 40 years. **Scientia Plena**, v. 19, n. 7, p. 1–12, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2023.077301>. Acesso em: 3 dez. 2025.

RODRIGUES, Marcos Antônio; SILVA, Celso Augusto G. C. D.; COSTA, João C. R. A.; RANGEL, Maria H. L. Quality of litterfall under different management schemes. **Forest Ecology and Management**, v. 375, p. 1 - 10, 2016.

RUSSELL, Mark B.; CANHAM, Charles A. D. C. S. et al. Quantifying carbon stores and decomposition in dead wood: a review. **Forest Ecology and Management**, v. 350, p. 107–128, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.04.033>. Acesso em: 8 dez. 2025.

SANTOS, Ricardo Oliveira dos; ARAGÃO, Luiz Eduardo de Oliveira e Cruz; KELLER, Michael; TRUMBORE, Susan E. T. S.; LUIZÃO, Flávio J. et al. Aporte de material lenhoso e dinâmica florestal na Amazônia Oriental. **Forest Ecology and Management**, v. 520, p. 120130, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120130>. Acesso em: 14 dez. 2025.

SAYER, Emma J.; TANNER, Evan V. J. Experimental evidence for litter-mediated nutrient cycling in tropical forests. **Journal of Ecology**, v. 109, n. 7, p. 2765–2778, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13677>. Acesso em: 13 dez. 2025.

SCHUMACHER, Mauro Valdir; CALIL, Ederli C. C. M. L.; SILVA, J. M. S. C. L.; RIBEIRO, R. L. R. C. Produção de serapilheira em uma floresta de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no município de Pinhal Grande-RS. **Revista Árvore**, v. 28, n. 1, p. 29–37, jan./fev. 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622004000100005>. Acesso em: 2 maio 2025.

SCHUMACHER, Mauro Valdir; BRUN, Liziane; KÖNIG, Adriane. Nutrient cycling via litterfall in tropical forests. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 2, n. 3, p. 101–110, 2004.

SILVA, Manoel Lima da; ALMEIDA, João Carlos da Costa Carvalho de; COUTO, Laércio. Estrutura do dossel e deposição de serapilheira em florestas tropicais. **Revista Brasileira de Ciências Florestais**, v. 46, e20210234, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1980-50982021210234>. Acesso em: 14 dez. 2025.

SILVA, T. R. et al. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes na Amazônia. **Floresta**, v. 52, n. 2, p. 321–333, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.5380/ufv.v52i2.78901>. Acesso em: 14 dez. 2025.

SILVA, S. F. da et al. Estoque de biomassa e carbono em serrapilheira na floresta secundária do Parque Zoobotânico da Universidade Federal do Acre. **Revista Delos**, v. 17, n. 62, e3059, 2024. Disponível em: <https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/3059>. Acesso em: 20 mar. 2025.

SOARES, Carlos Pedro Boechat; PAULA NETO, Francisco de; SOUZA, Agostinho Lopes. **Dendrometria e inventário florestal**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006.

SOUZA, J. V. et al. Stock and litter decomposition in different vegetation types and eucalypt plantations in the cerrado region, Brazil. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 10, p. 74–81, 2016.

TEDESCO, José Miguel; GIANELLO, Carlos; BISSANI, Celso Aita; BOHNEN, Hélio; VOLKWEISS, Sérgio José. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p. (Boletim Técnico de Solos, 5).

TORRES, C. M. M. E. et al. Quantificação de biomassa e estocagem de carbono em uma floresta estacional semidecidual no Parque Tecnológico de Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v. 37, n. 4, p. 647–655, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000400008>. Acesso em: 15 nov. 2025.

TRUMBORE, Susan; BRANDO, Paulo; HARTMANN, Henrik. Forest health and global change. **Science**, v. 349, n. 6250, p. 814–818, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.aac6759>. Acesso em: 4 dez. 2025.

VALADÃO, A. A. *et al.* Soil productivity and litterfall dynamics. **Ecological Applications**, v. 29, n. 5, 2019.

VILLA, Ester Bullich; PEREIRA, Marcos Gervasio; ALONSO, Jorge Makhlouta; BEUTLER, Sidinei Júlio; LELES, Paulo Sérgio dos Santos. Aporte de serapilheira e nutrientes em área de restauração florestal com diferentes espaçamentos de plantio. **Floresta e Ambiente**, v. 23, p. 90–99, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.067513>. Acesso em: 4 dez. 2025..

VILLA, Gisele; RODRIGUES, Andrew C.; MARTINS, Sílvio V.; OLIVEIRA-NETO, Sebastião N. de; SAFAR, Nádia V. H.; MONSANTO, Leandro D.; CANCIO, Norma M.; LAVERDE, Adriana G.; RIERA-SEIJAS, Armando. Restoration and litter quality in Amazon regeneration. **Forest Ecology and Management**, v. 380, p. 1–9, 2016.

VILLANOVA, P. H. **Necromassa, dinâmica e prognose do estoque de carbono em uma floresta estacional semidecidual no município de Viçosa, Minas Gerais**. 2017. 92f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017. Disponível em: <https://locus.ufv.br/server/api/core/bitstreams/c308779b-ec5d-49d7-bba1-42ffe8486fa4/content>. Acesso em: 3 dez. 2025.

VITOUSEK, Peter Michael. Litter production and nutrient return in tropical forests. **Oikos**, v. 43, p. 63–72, 1984. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2096992>. Acesso em: 8 nov. 2025.

VITOUSEK, Peter Michael; SANFORD, Robert L. Nutrient cycling in moist tropical forests. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 17, p. 137–167, 1986. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2096992>. Acesso em: 7 dez. 2025.

VIVANCO, Luis; AUSTIN, Amy T. The importance of macro- and micronutrients over climate for leaf litter decomposition and nutrient release in Patagonian temperate forests. **Forest Ecology and Management**, v. 441, p. 144–154, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.03.019>. Acesso em: 23 nov. 2025.

WORLD RESOURCES INSTITUTE BRASIL. **IPCC: 7 pontos fundamentais do relatório especial sobre uso da terra**. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/ipcc-7-pontos-fundamentais-do-relatorio-especial-sobre-uso-da-terra>. Acesso em: 7 ago. 2025.