

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
ESCOLA DE ENGENHARIA INDUSTRIAL METALÚRGICA DE VOLTA REDONDA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL

ELAINE LOPES DE OLIVEIRA

ANÁLISE DA SERRAPILHEIRA EM ÁREAS DE MATA CILIAR NA ARIE FLORESTA
DA CICUTA

VOLTA REDONDA

2023

ELAINE LOPES DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DA SERRAPILHEIRA EM ÁREAS DE MATA CILIAR NA ARIE
FLORESTA DA CICUTA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Fabiana Soares dos Santos
Coorientador: Prof. Dr. Welington Kiffer de Freitas
Coorientador: Prof. Dr. Adriano Portz

Volta Redonda, RJ
2023

Ficha catalográfica automática - SDC/BEM
Gerada com informações fornecidas pelo autor

O48a Oliveira, Elaine Lopes de
Análise da serrapilheira em áreas de mata ciliar na ARIE
Floresta da CICUTA / Elaine Lopes de Oliveira. - 2023.
68 f.: il.

Orientador: Fabiana Soares dos Santos.
Coorientador: Welington Kiffer de Freitas.
Dissertação (mestrado)-Universidade Federal Fluminense,
Escola de Engenharia Industrial e Metalúrgica de Volta
Redonda, Volta Redonda, 2023.

1. Ciclagem de nutrientes. 2. Decomposição de matéria
orgânica. 3. Ecossistema florestal. 4. Serrapilheira. 5.
Produção intelectual. I. Santos, Fabiana Soares dos,
orientadora. II. Freitas, Welington Kiffer de, coorientador.
III. Universidade Federal Fluminense. Escola de Engenharia
Industrial e Metalúrgica de Volta Redonda. IV. Título.

CDD - XXX

ELAINE LOPES DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DA SERRAPILHEIRA EM ÁREAS DE MATA CILIAR NA ARIE
FLORESTA DA CICUTA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental.

Aprovada em 29 de maio de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof.(a) Dr.(a) Fabiana Soares dos Santos – UFF – Orientadora

Prof. Dr. André Marques dos Santos - UFRRJ

Prof. Dr. Alexander Silva de Resende - EMBRAPA

Volta Redonda
2023

Ah natureza, o que seria de nós sem sua magnitude e resiliência?

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus por todo caminho trilhado até aqui, por colocar pessoas extraordinárias na minha vida e me permitir viver experiências que favorecem meu crescimento pessoal e profissional. Agradecer meus familiares e em especial meus pais, Ernane e Maria, por estarem apoiando meus sonhos acadêmicos.

Agradecer a minha orientadora Fabiana Soares dos Santos pela ajuda, paciência, auxílio no trabalho acadêmico e em campo, fizesse sol ou chuva, estava sempre conosco. Aproveito para agradecer meus Co-orientadores, Welington Kiffer de Freitas e Adriano Portz, por todo conhecimento. Obrigada, por serem tão generosos!

Agradeço à minha assistente de iniciação científica, Beatriz Gorito, por toda ajuda e dedicação, pois passamos horas e horas fazendo triagem e limpeza dos materiais da serrapilheira.

Meu agradecimento especial aos analistas ambientais do ICMBio, Sandro e Márcia, por estarem sempre a nossa disposição. Obrigada por cuidarem e lutarem para manter a preservação da ARIE Floresta da Cicuta. Gratidão ao estagiário, Matheus Escano, por ter sido nosso guia na trilha do córrego Água Fria e nosso fotógrafo particular.

Gostaria de agradecer aos técnicos do laboratório de Água e Solos da Universidade Federal Fluminense, Alexandre e Emerson, pela ajuda em campo e no laboratório.

Gratidão a todos que direta ou indiretamente contribuíram com a minha trajetória acadêmica.

RESUMO

Os estudos que envolvem os ecossistemas florestais apresentam-se como um importante instrumento de análise, permitindo, por exemplo, investigar como a diversidade arbórea que compõe as matas ciliares pode contribuir para a reposição de matéria orgânica no solo, devido aos processos que envolvem a decomposição do material vegetal da serrapilheira acumulada. Desse modo, o presente projeto teve por objetivo analisar a produção, o estoque e a decomposição da serrapilheira produzida em áreas de mata ciliar no interior da ARIE Floresta da Cicuta (RJ). Para isso, foram realizadas coletas de serrapilheira em um período de 12 meses, utilizando o método dos pontos quadrantes onde foram marcados 15 pontos de coletas distantes 50 m um do outro. Para a estimativa do aporte foi realizada a instalação de um coletor em cada ponto de coleta, confeccionados com tubos de PVC no formato quadrado com 1,0 m de largura e fundo com tela de náilon com malha de 2 mm e 50 cm de altura do solo. A estimativa de serrapilheira acumulada foi feita com um coletor de madeira quadrado de 50 cm de largura disposto na superfície do solo. Já para verificar a taxa de decomposição foram realizadas coletas, em triplicata, das frações foliares adicionadas em 15 *litterbags* em cada um dos oito pontos estipulados, utilizando cinco meses da estação chuvosa e cinco meses da estação seca. O aporte de serrapilheira na mata ciliar em estudo foi de 2117,60 kg ha⁻¹ano⁻¹, sendo esse valor composto por 65% de fração foliar, seguido de 17% de galhos, 10% de material em decomposição e 8% de material reprodutivo. Já a serrapilheira estocada apresentou um valor médio total de 3517,64 kg ha⁻¹, havendo contribuição de 43% de fração foliar, 29% de galhos, 23% de material em decomposição e 5% de material reprodutivo. A decomposição foliar foi maior para a estação chuvosa, apresentando uma média da constante k igual a 0,0034 g g⁻¹dia⁻¹ e para o período seco uma média de 0,0016 g g⁻¹dia⁻¹, indicando uma velocidade lenta de decomposição e um maior tempo de meia vida $t_{1/2}$. Com os resultados obtidos, verificou-se que a fração foliar foi aquela que mais contribuiu para as quantidades mensais de aporte e estoque de serrapilheira, além da decomposição foliar ser maior para o período chuvoso que apresentou um tempo de meia vida de 204 dias, em contrapartida para a estação seca esse valor foi de 433 dias.

Palavras-chave: material vegetal, reposição de nutrientes, taxa de decomposição, aporte de serrapilheira, estoque de serrapilheira.

ABSTRACT

The studies that involved forest ecosystems show like an important analysis instrument, allowed, for example, to investigate like a tree diversity that compose the riparian forest can contribute for the replacement of organic matter in the soil, due to the processes that involved the decomposition of plant material from the accumulated litter. Thus that study aimed analyzes the production, accumulation and the litterfall decomposition produced in riparian forest areas inside the ARIE Floresta da Cicuta (RJ). For that, were realized litterfall collections over a period of 12 months, using the quadrant points method where was 15 collection points marked 50 meters apart from each other, theses were made up with PVC tubes in square shape with 1 meter wide, bottom with nylon mesh (2 millimeters) and 50 centimeters high from the ground. To estimate the litterfall accumulated, a 50 cm wide square wood collector was placed on the soil surface. Already to investigate the decomposition rate were realized collections, in triplicate, of the leaf fractions added in 15 litterbags at each of the eight stipulated points, using five months the rain season and five months the drain season. The litterfall production in the riparian forest in studying was 2117,60 kg.ha⁻¹.year⁻¹, being this value composed of 65% of leaf fraction, followed by 17% of twigs, 10% of decaying material and 8% of reproductive material. Already the accumulated litter showed an average value of 3517,64 kg.ha⁻¹, with contribution of 43% of leaf fraction, 29% of twigs, 23% of decaying material and 5% of the reproductive material. The leaf decomposition was biggest for the rain season, showing an average of the constant k equal to 0.0034 g g⁻¹.day⁻¹ and for the drain season an average of 0.0016 g g⁻¹.day⁻¹, indicating a slow rate of decomposition and a longer half-life ($t_{1/2}$). With the results obtained, it was verified that the leaf fraction was the one that most contributed for the monthly amounts of the production and litter deposition, furthermore the leaf decomposition was the biggest for the rain period that showed a half-life of 204 days, in contrast for the drain season it was 433 days.

Keywords: plant material, nutrient replacement, decomposition rate, litterfall production, litterfall deposition.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Decomposição e acúmulo de MOS. Fonte: Adaptado de MOREIRA E SIQUEIRA (2006), p. 19

Figura 2 – Localização da ARIE Floresta da Cicuta no estado do Rio de Janeiro, Fontes: IBGE Biomas (Disponível em > <https://www.ibge.gov.br/apps/biomas/#/home>) e MMA UC (Disponível em > <https://cnuc.mma.gov.br/map>), p.24

Figura 3 – Dados de Precipitação total (mm) e Temperatura média (°C) mensal referente à região de Resende, Rio de Janeiro, no período de novembro de 2021 a outubro de 2022, Fonte - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET (disponível em www.inmet.gov.br), p. 25

Figura 4 – Coletores para serrapilheira aportada em área de mata ciliar na ARIE Floresta da Cicuta, autoria própria, p. 26

Figura 5 – Modelo quadrado para coleta de serrapilheira estocada no solo em área de mata ciliar na ARIE Floresta da Cicuta, autoria própria, p.27

Figura 6 – *Litterbags* distribuídos na serrapilheira para avaliação da taxa de decomposição em área de mata ciliar na ARIE Floresta da Cicuta, autoria própria, p.28

Figura 7 – Porcentagens das frações do aporte anual de serrapilheira em área de mata ciliar na ARIE Floresta da Cicuta, elaborada pela autora, p.31

Figura 8 – Porcentagens das frações do aporte de serrapilheira em área de mata ciliar na ARIE Floresta da Cicuta, nas estações chuvosa e seca, elaborada pela autora, p.33

Figura 9 – Produção de serrapilheira em área de mata ciliar na ARIE Floresta da Cicuta: a) Aporte total e frações na estação chuvosa; b) Aporte total e frações na estação seca, elaborada pela autora. p.37

Figura 10 – Frações do material vegetal aportado em área de mata ciliar na ARIE Floresta da Cicuta *versus* precipitação mensal. p.38

Figura 11 – Porcentagens das frações do acúmulo de serrapilheira em área de mata ciliar na ARIE Floresta da Cicuta, elaborada pela autora, p. 39

Figura 12 - Porcentagens das frações do acúmulo de serrapilheira em área de mata ciliar na ARIE Floresta da Cicuta, nas estações chuvosa e seca, elaborada pela autora, p.40

Figura 13 – Acúmulo de serrapilheira em área de mata ciliar na ARIE Floresta da Cicuta: a) estoque total e frações na estação chuvosa; b) estoque total e frações na estação seca, elaborada pela autora p.44

Figura 14 – Frações do material vegetal acumulado sobre o solo em área de mata ciliar na ARIE Floresta da Cicuta *versus* precipitação mensal, p.45

Figura 15 – Decomposição foliar em área de mata ciliar na ARIE Floresta da Cicuta: a) estação chuvosa; b) estação seca, elaborada pela autora, p.47

Figura 16 – Folhas nos *litterbags* em área de mata ciliar na ARIE Floresta da Cicuta: antes da enchente (a) e (b); após a enchente (c) e (d), autoria própria, p.49

Figura 17 – (a) Decomposição foliar *versus* precipitação no período chuvoso. (b) Decomposição foliar *versus* precipitação no período seco, p.51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Teste de normalidade e biomassa das frações da serrapilheira aportada em área de mata ciliar na ARIE Floresta da Cicuta, nas estações seca e chuvosa, p. 34

Tabela 2 – Teste de normalidade e biomassa - Acúmulo das frações da serrapilheira em área de mata ciliar na ARIE Floresta da Cicuta, para estações chuvosa e seca, p.41

Tabela 3 – Médias mensais da constante de decomposição (k) para o período seco/frio em área de mata ciliar na ARIE Floresta da Cicuta, p.48

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO, p. 13
2. REVISÃO DE LITERATURA, p. 15
 - 2.1 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, p. 15
 - 2.2 MATA CILIAR, p. 16
 - 2.3 SERRAPILHEIRA E SUA RELAÇÃO COM A MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO E NUTRIENTES, p.17
 - 2.4 MÉTODOS PARA ANÁLISE DO APORTE E DECOMPOSIÇÃO DE SERRAPILHEIRA, p. 20
3. OBJETIVOS, p. 23
 - 3.1 OBJETIVO GERAL, p. 23
 - 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS, p.23
4. MATERIAIS E MÉTODOS, p. 24
 - 4.1 ÁREA DE ESTUDO, p.24
 - 4.2 AVALIAÇÃO DO APORTE DE SERRAPILHEIRA, p.26
 - 4.3 AVALIAÇÃO DO ESTOQUE DE SERRAPILHEIRA, p.27
 - 4.4 AVALIAÇÃO DA TAXA DE DECOMPOSIÇÃO DE SERRAPILHEIRA, p.28
 - 4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS, p.30
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO, p.31
 - 5.1 AVALIAÇÃO DO APORTE DE SERRAPILHEIRA, p.31
 - 5.2 AVALIAÇÃO DO ESTOQUE DE SERRAPILHEIRA, p.39
 - 5.3 AVALIAÇÃO DA TAXA DE DECOMPOSIÇÃO DE SERRAPILHEIRA, p.46
6. CONCLUSÃO, p.53
7. REFERÊNCIAS, p.54

8. APÊNDICES, p. 61

8.1 TESTES DOS DADOS DO APORTE, p.61

8.2 TESTES DOS DADOS DO ESTOQUE, p.64

8.3 TESTES DOS DADOS DA DECOMPOSIÇÃO, p. 67

1. INTRODUÇÃO

A Área de Relevante Interesse Ecológico Floresta da Cicuta é uma Unidade de Conservação que visa o uso sustentável de seus recursos e é um fragmento da Mata Atlântica. Segundo Alves *et al.* (2021), esta ARIE está inserida entre os municípios de Barra Mansa e Volta Redonda (RJ), possuindo aproximadamente 125 hectares de extensão e vegetação em estágio avançado de sucessão. Na Floresta da Cicuta são desenvolvidas pesquisas científicas que analisam sua diversidade arbórea e florística, pois estes são aspectos consideráveis para manutenção e ciclagem de nutrientes no ecossistema florestal. Vale ressaltar que sua localidade é entre duas cidades com altas taxas de atividades antropogênicas, o que pode afetar negativamente esta unidade de conservação ao longo dos anos. Dessa maneira, o uso sustentável desta área é importante no que tange a qualidade de vida dos diversos animais que ali habitam.

O grau de preservação dos ecossistemas, sejam eles terrestres ou aquáticos, é crucial para a manutenção dos recursos naturais. Desse modo, os processos que ocorrem nos sistemas florestais são avaliados para descobrir quais são os fatores que influenciam a qualidade e o bom funcionamento desses ambientes. A funcionalidade do ecossistema está interligada aos conjuntos de processos (bióticos e abióticos) e mecanismos que mantêm o equilíbrio dinâmico através da entrada/saída de matéria e energia por meio da serrapilheira (PENNA-FIRME e OLIVEIRA, 2017), camada formada na superfície do solo pelo acúmulo de matéria orgânica em diferentes estádios de decomposição. Desta forma, a análise da serrapilheira é uma ferramenta importante que permite a verificação de sua contribuição para a reposição de macro e micronutrientes no solo, pois o material vegetal depositado na superfície do piso florestal é um dos principais meios de retorno desses nutrientes. Com isso, ressalta-se que a ciclagem desses elementos é essencial para a fertilidade e conservação das diversas atividades que o solo desempenha. A produção de serrapilheira e a devolução de nutrientes em ambientes florestais são processos de extrema relevância para os ciclos biogeoquímicos do sistema solo-planta-solo (VILLA *et al.*, 2016).

Schumacher *et al.* (2018) afirmam que a estabilidade florestal é fundamental para o aporte e decomposição de serrapilheira, por isso o conhecimento sobre como ocorre as variações do aporte é um instrumento significativo para manejo, conservação e recuperação de fragmentos florestais remanescentes. Nessa mesma vertente, Gomes Júnior *et al.* (2022) apontam que monitorar a composição da serrapilheira e os nutrientes que a compõem é uma estratégia importante no que tange os planos de restauração de fragmentos florestais.

Segundo González-Rodríguez *et al.* (2018) a produção de serrapilheira e a reposição de nutrientes no solo florestal depende de diversos fatores, tais como altitude, temperatura, níveis adequados de chuva e a composição das espécies arbóreas, pois a produção de serrapilheira está vinculada com a Produção Primária Líquida (PPL). Isso é apontado por Wang *et al.* (2021), tendo em vista que a mudança climática global pode afetar de forma direta a Produção Primária Líquida das plantas o que acarreta na modificação do aporte e da qualidade da serrapilheira, influenciando por exemplo a concentração de carbono orgânico no solo.

Além do mais, como exposto por Oliveira *et al.* (2019), há uma influência indireta da diversidade de plantas com o início do processo de decomposição de serrapilheira, sendo que as características ambientais como a química do solo, diversidade taxonômica e estrutura florestal são componentes que determinam a decomposição do material vegetal e a disponibilidade de nutrientes. Para Lin *et al.* (2021), a diversidade de espécies arbóreas afeta de modo significativo a decomposição da serrapilheira, pois contribui para as condições micro ambientais do solo de modo que favoreça a perda de massa dos materiais vegetais ao longo do tempo.

No presente projeto de pesquisa foram avaliados os processos de aporte, acúmulo e decomposição da serrapilheira produzida em um fragmento de mata ciliar no interior da ARIE Floresta da Cicuta, situada entre os municípios de Barra Mansa e Volta Redonda (RJ).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

A lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000 institui o Sistema de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC. Nesta lei foram estabelecidos critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação (BRASIL, 2000). As Unidades de Conservação podem ser definidas como:

Espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo poder público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção (BRASIL, art.2º, inciso I, 2000).

Desse modo, o Sistema Nacional de Conservação da Natureza constitui-se pelo conjunto das unidades de conservação federais, estaduais e municipais. Dos objetivos deste sistema, vale ressaltar a promoção do desenvolvimento sustentável a partir dos recursos naturais e os incentivos que visam às atividades científicas, juntamente com estudos e monitoramento ambiental (BRASIL, 2000).

As Unidades de Conservação podem ser divididas em dois grupos: Unidades de Proteção Integral, que tem por objetivo a preservação da natureza e uso apenas indireto de seus recursos; e as Unidades de Uso Sustentável que visam à conservação da natureza utilizando de parcela de seus recursos através da prática sustentável (BRASIL, 2000). Neste trabalho, o enfoque será dado nas Unidades de Uso Sustentável.

As Unidades de Uso Sustentável possuem as seguintes categorias: Área de Proteção Ambiental; Área de Relevante Interesse Ecológico; Floresta Nacional; Reserva Extrativista; Reserva de Fauna; Reserva de Desenvolvimento Sustentável; e Reserva Particular do Patrimônio Natural. Dentre estas categorias, a Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) é assim definida por apresentar uma área de pequena extensão, possuindo pouco ou nenhuma ocupação humana, além de ter características naturais extraordinárias, bem como abriga espécies raras da biota regional (BRASIL, 2000).

Várias pesquisas foram desenvolvidas com ênfase em ARIE como: estudo de estratégias e processos de conservação (GUIRÃO e TEIXEIRA FILHO, 2011); verificação da biodiversidade de espécies arbóreas exóticas, (SOUZA & MALUF, 2014); impactos ambientais em unidades de conservação urbanas (FILHO, GUIMARÃES, DE CARVALHO, 2017; MARINHO, 2018); ARIE como espaço para Educação Ambiental (ROCHA, AHLERT, CARNIATTO, 2017); análise socioespacial da ARIE e sua importância para a

preservação da qualidade de vida (SANTOS e ARAÚJO, 2019). Nesta pesquisa a área de estudo será um fragmento da ARIE Floresta da Cicuta, situada entre os municípios de Barra Mansa e Volta Redonda/RJ.

A ARIE Floresta da Cicuta é um remanescente do bioma da Mata Atlântica, possuindo imensurável valor ecológico, histórico e social. Apresenta espécies endêmicas da fauna e flora. Algumas dessas espécies correm o risco de extinção, o que evidencia um processo que não tange a sustentabilidade dos recursos dessa área de floresta (DA SILVA, 2020).

De acordo com Andrade (2017), a Floresta da Cicuta foi classificada como Área de Relevante Interesse Ecológico através da resolução nº 005 de 5 de junho de 1984 pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e foi consolidada pelo decreto nº 90.972 de 9 de janeiro de 1985. Assim, esta unidade tem finalidade de proteção e preservação de espécies raras da biota local. Como afirma Da Silva (2020), a Floresta da Cicuta está com administração direta da CSN (Companhia Siderúrgica Nacional) e sua gestão está aos cuidados do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio).

A ARIE Floresta da Cicuta é cortada pelo rio Brandão, que já sofre com o processo de assoreamento, assim como o córrego Água Fria que passa por um fragmento da ARIE em estudo. Sendo assim, a preservação desta área de floresta é imprescindível para manter a biodiversidade dessa localidade que, ao longo dos anos, sofre com o processo de urbanização em seu entorno de forma desorganizada e de maneira não sustentável.

2.2 MATA CILIAR

A mata ciliar, também conhecida por floresta ripária, é tida como corredor ecológico devido sua capacidade de possibilitar a continuidade do fluxo gênico da fauna e da flora, além de preservar os mananciais hídricos fluviais (ÁVILA *et al.*, 2011). Para Pequeno *et al.* (2002) as matas ciliares funcionam como barreira natural, os sistemas radiculares das espécies ali existentes exercem a função de sustentação, absorção de nutrientes e melhoria no aporte de carbono orgânico. Dessa maneira, a preservação das matas ciliares é relevante para a manutenção dos processos ecológicos, ou seja, manter as funções ambientais dos meios bióticos e abióticos.

As florestas ripárias são tidas como Área de Preservação Permanente. De acordo com a Lei nº 12.651/2012, instituída pelo Código Florestal Brasileiro, que considera Área de Preservação Permanente como sendo uma área protegida coberta ou não por vegetação nativa,

tendo a função ambiental de preservar os recursos hídricos, assim como a biodiversidade, proteção do solo e da sociedade (BRASIL, 2012).

Sendo assim, a preservação de matas ciliares é importante para conservar os cursos de água, mantendo também a funcionalidade e qualidade do sistema lótico. Alguns trabalhos são desenvolvidos para demonstrar cientificamente a relevância da preservação de matas ciliares, principalmente, em áreas que há o desenvolvimento de agricultura (WAGATSUMA (2003); SANTOS e SPAROVEK, 2011), e lugares, que possuem Área de Relevante Interesse Ecológico, próximos a centros urbanos (RESTELLO e PENTEADO-DIAS, 2006; MALLMANN; SILVA; SCHMITT, 2016).

As espécies arbóreas que constituem as matas ciliares são cruciais para indicar o estado de preservação de uma floresta. Sendo assim, as florestas naturais podem ser classificadas por três estágios diferentes: podem ser primárias nas quais não houve ação humana, conservando suas características de biodiversidade e capacidade de auto-regeneração; perturbadas são aquelas que sofreram ação do homem, mas podem retornar às características próximas de origem; e degradadas são aquelas que sofreram ação humana, se tornam artificiais perdendo a capacidade de auto-recuperação, necessitando, assim de revegetação ou enriquecimento de sua flora (PEQUENO *et al.*, 2002).

O estado de preservação da floresta e de sua diversidade florística, assim como a conservação de matas ciliares, pode auxiliar na qualidade, aporte e decomposição de serrapilheira. Esta última torna-se importante para a reposição de matéria orgânica do solo que passará por processos biológicos devido aos micro-organismos presentes na terra, contribuindo assim, para a gênese das frações húmicas do solo e ciclagem de nutrientes, tais como, carbono e nitrogênio.

2.3 SERRAPILHEIRA E SUA RELAÇÃO COM A MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO E NUTRIENTES

O estudo do aporte da serrapilheira para a reposição de biomassa e para a ciclagem de macro/micro nutrientes nos ecossistemas torna-se um critério importante para analisar a qualidade do solo e a contribuição, neste caso, das matas ciliares para este processo.

A deposição de serrapilheira é influenciada por diferentes fatores, tais como tipo de vegetação e umidade do solo, desse modo, ela possui importante papel na via de transferência de matéria orgânica e nutrientes da vegetação para o solo. A incorporação de nutrientes à

biomassa do solo ocorre pela serrapilheira, podendo ser absorvidos pelas plantas, nas quais, as raízes não teriam capacidade o suficiente de retirá-los das camadas mais profundas (MOCHIUTTI, DE QUEIROZ e JUNIOR, 2006).

A camada da serrapilheira acumulada sobre o solo apresenta diversos organismos decompositores da matéria orgânica, como fungos, que participam do ciclo do carbono e de nutrientes dos ecossistemas florestais. A decomposição da serrapilheira por esses organismos irá depender de fatores abióticos como a umidade e temperatura do sistema (FRAGA e PEREIRA, 2012).

A serrapilheira é importante para manter a biodiversidade da fauna do solo, como as formigas, que são boas indicadoras do estado de preservação e conservação dos ecossistemas florestais. Cantarelli *et al.* (2015) em seus estudos demonstraram que algumas espécies de formigas de serrapilheira são encontradas apenas em florestas nativas que possuem maior complexidade de espécies arbóreas e grande aporte de serrapilheira.

Desse modo, esse grande aporte e acúmulo de serrapilheira, em florestas nativas, colaboram com a ciclagem de nutrientes no solo, além de proporcionar a atividade biológica do ecossistema terrestre e proteção da fauna. O processo de acúmulo de material vegetal sobre o solo ocorre quando as árvores no período de estiagem liberam suas folhas como um mecanismo de adaptação a perturbação de déficit hídrico (HENRIQUES *et al.*, 2016).

Analizando a taxa de decomposição e a capacidade de retenção hídrica da serrapilheira, tem-se que esta serve como um bioindicador da qualidade ambiental, como apontado nos estudos de Pinto e Negreiros (2018), ao utilizarem três espécies vegetais para analisar suas taxas de aporte e suas contribuições para a reposição de nutrientes no solo.

O conhecimento da dinâmica da serrapilheira engloba os processos de aporte, acúmulo e decomposição, sendo estes os pontos de partida para compreender as formas dos fluxos de nutrientes no solo que se relacionam com a produtividade primária, com a regulação do fluxo energético e com o grau de perturbação que o meio ambiente em análise sofreu ao longo do tempo (SILVA, 2013).

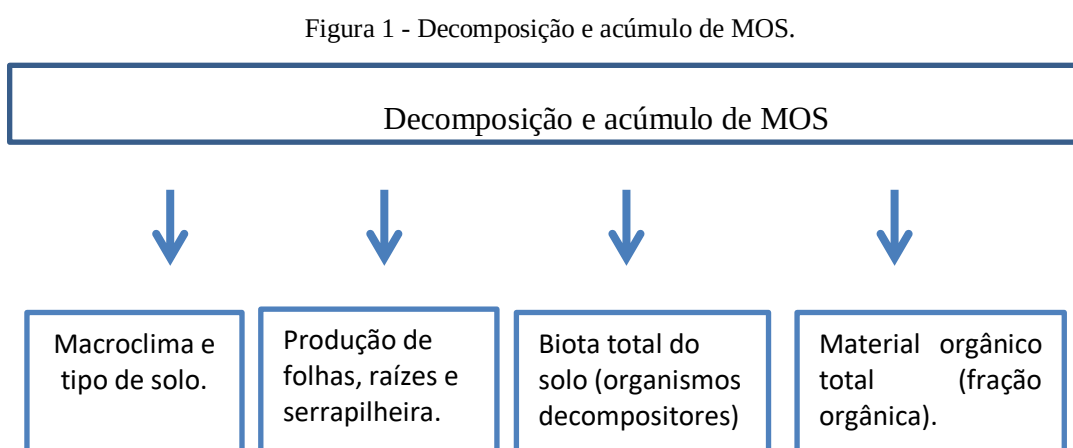
Sabe-se que o sistema serrapilheira/solo, junção entre o solo e a vegetação, influencia a quantidade de carbono, nutrientes e energia que constitui um determinado habitat (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). Além disso, a serrapilheira contribui para a matéria orgânica fresca, que ao passar por processos físicos, biológicos e químicos, é incorporada no horizonte O do solo, que por sua vez apresenta coloração escura devido à presença de húmus (BALDOTTO, 2014).

A composição da serrapilheira está interligada com a comunidade microbiana e seus processos de decomposição. Segundo Yang *et al.* (2021), as plantas dominantes em uma certa região irão promover uma comunidade bacteriana predominante, se suas folhagens apresentarem baixa relação C:N e baixo teor de lignina, também podem influenciar na comunidade de decompositores dominados por fungos, ocorrendo quando a fração foliar depositada na superfície possuir altos teores de C e lignina.

Para Prescott e Vesterdal (2021) a decomposição da serrapilheira é o resultado líquido da quebra do material vegetal para a transformação de seus elementos químicos em outros novos materiais pela fauna e micróbios presentes no solo. Assim, a taxa de decomposição ao longo do tempo dependerá do processo pelo qual a serrapilheira é incorporada a matéria orgânica do solo (MOS), que por sua vez apresenta um ciclo lento no qual a matéria orgânica está ligada às superfícies minerais e um ciclo rápido sendo caracterizado por solos minerais com matéria orgânica particulada e dissolvida.

A decomposição e acúmulo da matéria orgânica do solo dependem de fatores bióticos e abióticos presentes na área que se quer analisar. Moreira *et al.* (2021) confirmam em seus estudos que a MOS apresentou maior concentração nas camadas superficiais do solo, pois o acúmulo de matéria orgânica está interligado com o aporte, acúmulo, decomposição da serrapilheira que passa pelo processo de mineralização.

A Figura 1 a seguir demonstra os aspectos necessários para a decomposição e acúmulo de MOS.



Fonte: Adaptado de MOREIRA E SIQUEIRA, 2006.

Esse processo de decomposição de MOS está interligado com a atividade de respiração do solo, que é realizada pela biota do solo (fungos, bactérias, microfauna), sendo

que é através dessa respiração que ocorre o funcionamento adequado dos ecossistemas e ainda serve como parâmetro indicador da dinâmica do carbono no ambiente (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). A MOS desempenha um papel crucial no armazenamento de elementos químicos tais como carbono, nitrogênio, fósforo e enxofre e serve como um parâmetro indicativo do grau de preservação de ecossistemas naturais.

Então, partindo de todos esses processos, a análise química da serrapilheira torna-se uma ferramenta que possibilita a quantificação de macro e micro nutrientes essenciais para a manutenção da qualidade do solo e para melhor entendimento das dinâmicas envolvidas no funcionamento de sistemas florestais.

2.4 MÉTODOS PARA ANÁLISE DO APORTE E DECOMPOSIÇÃO DE SERRAPILHEIRA

A utilização de coletores para recolher materiais vegetais para investigação da taxa de aporte de serrapilheira é uma técnica muito empregada pelos pesquisadores em campo. Para Scoriza *et al.* (2012), o uso de coletores é largamente utilizado para o estudo de aporte de serrapilheira, pois é um método eficaz que permite a realização de amostragens em função de intervalos de tempo determinados. Holanda *et al.* (2017) fizeram o uso de coletores com estrutura de madeira, malha de náilon de 1,0 mm, suspensos 10 cm com relação ao solo, sendo colocadas de maneira sistemática e equidistantes, visando analisar o aporte de serrapilheira em uma área de caatinga no oeste do estado da Paraíba. Schumacher *et al.* (2018) utilizaram coletores metálicos com formato cônico e com malha de nylon de 2 mm, dispostos de maneira sistemática no interior de uma floresta estacional decidual situada na região central do Rio Grande do Sul.

Para Villa *et al.* (2016), o aporte de serrapilheira ocorre nas épocas secas e chuvosas, mas para a região Sudeste do Brasil, este processo se acentua mais em períodos de estresse hídrico. Sendo que as folhas são as que mais contribuem para o aporte de material vegetal, pois as árvores usam essa estratégia da perda da fração foliar como uma maneira de economizar água.

Para realizar a estimativa do estoque da serrapilheira acumulada no solo, Orth, Coelho e Borges (2018) utilizaram o gabarito, que consiste em um molde vazado de madeira possuindo 0,09m² de área, neste caso. Posteriormente, as amostras foram acondicionadas em sacolas plásticas e levadas para serem secas em laboratório, dessa maneira conseguiram

estimar a biomassa de serrapilheira acumulada sobre o solo. Esta avaliação ocorreu em três estações: outono, primavera e verão.

Já a técnica que auxilia na estimativa da decomposição da serrapilheira, ao longo do tempo, é realizada com o uso de *litterbags* proposto por Bockock e Gilbert (1957), exposto no trabalho de Oliveira *et al.* (2019), Wang *et al.* (2019) e Wachendorf *et al.* (2020).

Wang *et al.* (2019) utilizaram *litterbags* em dois experimentos, objetivando investigar a decomposição, composição elementar e atividade enzimática sob o efeito da adição de N e S em uma floresta boreal no Oeste do Canadá para estudar a dinâmica de N, S e C na serrapilheira.

Este procedimento, segundo Scoriza *et al.* (2012), faz o uso de sacolas confeccionadas com polímero sintético, sendo sua espessura delimitada pelos pesquisadores, levando em consideração os diversos processos (circulação de água, nutrientes e organismos decompositores) que ocorrem no sistema serrapilheira/solo. Essa é uma forma direta de avaliação da taxa de decomposição da serrapilheira, ou seja, mede-se a perda de massa do material formador da serrapilheira ao longo do tempo da pesquisa. Para a investigação do processo de decomposição do material vegetal, neste caso, será estudada a fração foliar. Então, é necessário selecionar folhas em bom estado de preservação e que apresentem homogeneidade no que tange a fragmentação. As folhas selecionadas devem ser colocadas dentro dos *litterbags* que devem ser dispostos sobre a serrapilheira estocada na superfície do solo.

Inkotte *et al.* (2019) fizeram pesquisas sistemáticas de artigos científicos, objetivando encontrar informações sobre a aplicabilidade de métodos que analisassem a ciclagem de nutrientes através dos processos que englobam a serrapilheira no bioma Cerrado e constataram que a quantidade em gramas de material vegetal acondicionadas em bolsas de decomposição (*litterbags*) variou entre 5, 10 e 20 gramas na grande parte dos estudos investigados, refletindo diretamente nos valores das taxas de decomposição da serrapilheira em cada trabalho.

Vale ressaltar a importância da espessura da malha e quanto tempo esta permanecerá em campo. Para Lecerf (2017) o tamanho da malha dos *litterbags* pode estar interligado com a taxa da perda de massa da serrapilheira, devido aos processos físicos e biológicos associados na fragmentação do material vegetal. De acordo com Prescott e Vesterdal (2021), a massa remanescente nos *litterbags* deve ser avaliada como massa líquida remanescente, pois deste

modo há a incorporação da perda de material vegetal devido à decomposição, bem como o aumento de produtos oriundos de processos microbianos e faunísticos do solo.

A taxa de decomposição da serrapilheira pode ser estimada através da quantificação da perda de massa seca das amostras coletadas em campo. Para isso, obtêm-se a constante de decomposição (k) através da fórmula matemática ($X_t = X_0 \cdot e^{-kt}$), sendo X_t o peso do material remanescente após t dias e X_0 o peso do material seco dos *litterbags*. Partindo dessa fórmula, pode-se obter o tempo de meia vida do material vegetal seco depositado no *litterbags* e estima-se o tempo necessário para que metade da massa seca seja decomposta (SCORIZA *et al.*, 2012).

Os pesquisadores Orth, Coelho e Borges (2018) utilizaram a equação matemática $k(t) = (k_0 - k_\infty) e^{-bt} + k_\infty$ para efetuar o cálculo aproximado da decomposição da serrapilheira, sendo: k_0 é o valor de k (decomposição) no primeiro mês de coleta; k_∞ é o valor estacionário (quando o tempo t tende ao infinito); b é um parâmetro de ajuste. Com isso, obtiveram a massa remanescente de serrapilheira em cada instante de tempo.

Como exposto anteriormente, neste trabalho de pesquisa, foram utilizados estes procedimentos para melhor entendimento das diversas etapas que englobam a serrapilheira contribuindo para a ciclagem de nutrientes no sistema planta/solo/planta.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVOS GERAIS

Analisar a produção e as características da serrapilheira produzida em áreas de mata ciliar do córrego Água Fria no interior da ARIE Floresta da Cicuta (RJ).

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

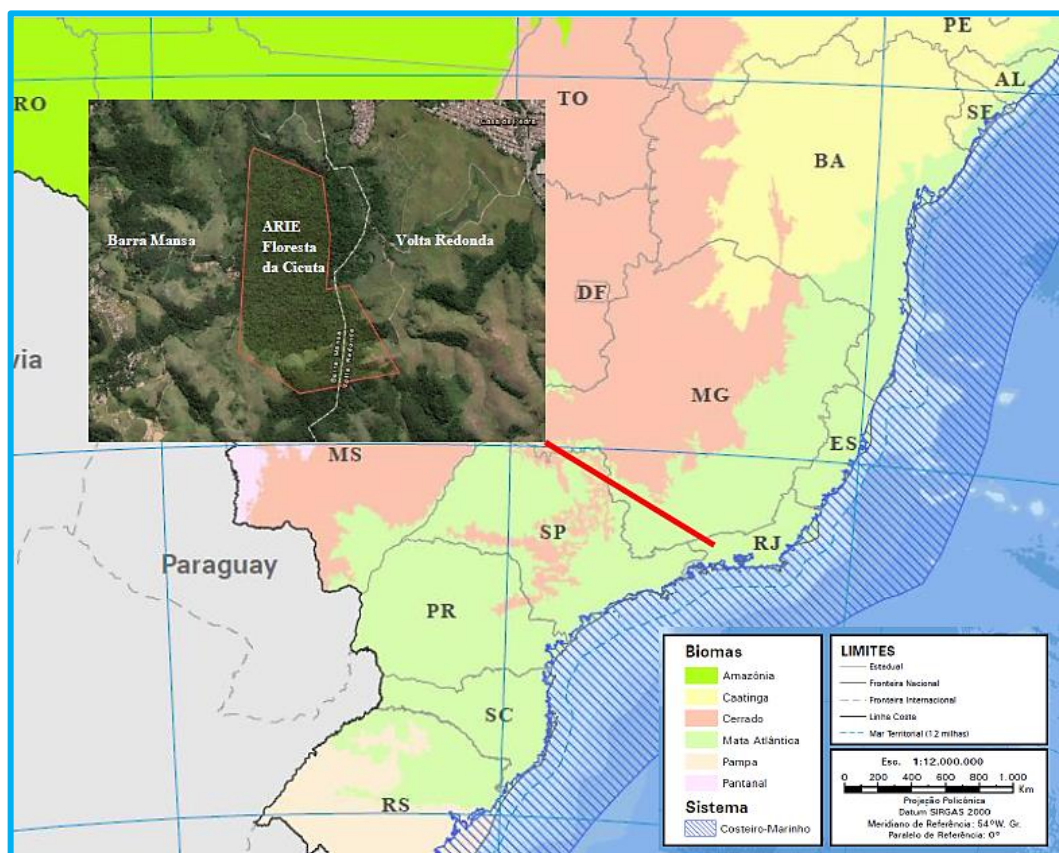
- Estimar o aporte e o estoque da serrapilheira no solo;
- Calcular a taxa de decomposição de serrapilheira.

4. METODOLOGIA

4.1 ÁREA DE ESTUDO

ARIE Floresta da Cicuta está inserida na Sub-bacia do Médio Paraíba que pertence à bacia do rio Paraíba do Sul, sendo cortada pelo rio Brandão. Está situada entre os municípios de Volta Redonda e Barra Mansa (RJ) com coordenadas 22°32'28.08" e 22°33'27.32"S, 44°5'42.74" e 44°5'0.66"W. Esta unidade de conservação federal apresenta 125 hectares, sendo rodeada por propriedades particulares que apresentam atividades agropastoris (ICMBIO, 2016; ALVES *et al.*, 2021). Nesta área cresce Floresta Estacional Semidecidual predominando os mesofanerófitos. Apresenta latossolos e argissolos (ICMBIO, 2016). Possui clima mesotérmico (cwa) de acordo com a classificação de Köppen – Geiger (1936). A Figura 2 ilustra a localização desse remanescente de Mata Atlântica.

Figura 2- Localização da ARIE Floresta da Cicuta no estado do Rio de Janeiro.

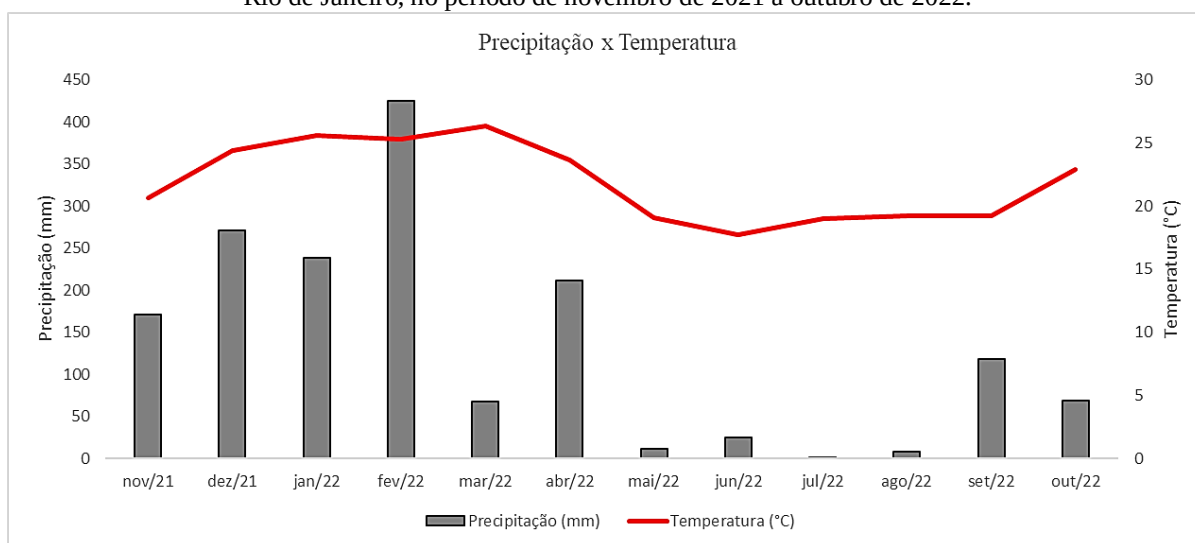


Fontes: IBGE Biomas (Disponível em > <https://www.ibge.gov.br/apps/biomas/#/home>) e MMA UC (Disponível em > <https://cnuc.mma.gov.br/map>)

A ARIE apresenta inverno seco e frio, já o verão é quente e chuvoso com elevado índices de umidade de 77%. A estação seca está compreendida entre maio a setembro, na qual é caracterizada por menores temperaturas e menor índice de precipitação. Já a estação chuvosa, ocorre de outubro até abril, nesta época as temperaturas são elevadas e há grande concentração de precipitação (ICMBIO, 2016).

Estas informações podem ajudar no entendimento da dinâmica do aporte, acúmulo e decomposição da serrapilheira da área de interesse. Por isso, para o período de estudo que engloba novembro de 2021 a outubro de 2022, foram obtidos dados da precipitação total e temperatura média mensal sendo fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) através da Estação Automática A609 localizada no município de Resende/RJ, estando aproximadamente 36,80 km, em linha reta, de Volta Redonda. Estes dados podem ser observados na Figura 3.

Figura 3 - Dados de Precipitação total (mm) e Temperatura média (°C) mensal referente à região de Resende, Rio de Janeiro, no período de novembro de 2021 a outubro de 2022.



Fonte: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET (disponível em www.inmet.gov.br).

As análises da serrapilheira foram realizadas na mata ciliar do córrego Água Fria, no trecho dentro dos limites da unidade de conservação com aproximadamente 1,0 km de extensão. Vale ressaltar que a vegetação é um remanescente de Mata Atlântica.

Para a realização da pesquisa, foi utilizado o método dos pontos quadrantes, sendo marcados 15 pontos permanentes de coleta e distantes 50 metros um do outro. Em cada um dos pontos foram realizadas coletas visando avaliar o aporte, estoque e decomposição do material vegetal na mata ciliar em estudo. Foram realizadas coletas mensais sempre na primeira semana de cada mês, tendo início em novembro de 2021 e término em outubro 2022.

4.2 AVALIAÇÃO DO APORTE DE SERRAPILHEIRA

A coleta da serrapilheira para estimativa do aporte foi realizada com a instalação de 15 coletores, sendo 1 em cada ponto de coleta. Os coletores foram confeccionados com tubos de PVC no formato quadrado com 1,00 m de largura e fundo com tela de náilon com malha de 2 mm. Esses coletores foram instalados a 50 cm de altura do solo (Figura 4).

Figura 4 - Coletores para serrapilheira aportada em área de mata ciliar na ARIE Floresta da Cicuta.



Fonte: Coleção da autora.

A serrapilheira aportada nos coletores foi recolhida mensalmente, durante um período de 12 meses, sendo armazenada em sacos de papel previamente identificados. Em laboratório, esse material foi limpo e separado em frações: folhas, galhos, partes reprodutivas, material em decomposição (miscelâneas). Após a triagem, esses materiais vegetais foram secos em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, durante 72 horas e até peso constante. Com auxílio de uma balança analítica com duas casas decimais, a biomassa seca de cada fração foi determinada. Com esses dados foram estimadas as médias mensais de aporte de serrapilheira na área de estudo.

Para o cálculo da produção anual de serrapilheira foi utilizado o modelo matemático a seguir, proposto por Lopes *et al.* (2002), também utilizado por Scoriza *et al.* (2012) e Câmara (2020).

$$\text{Equação (1): } PAS = (\Sigma PSM \times 10000) / AC$$

Onde PAS (Produção média anual de serrapilheira $\text{kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$), PSM (Produção média mensal de serrapilheira $\text{kg ha}^{-1}\text{mes}^{-1}$) 10000 (um hectare expresso em m^2) e AC (área do coletor em m^2).

4.3 AVALIAÇÃO DO ESTOQUE DE SERRAPILHEIRA

Para a estimativa da quantidade mensal de serrapilheira estocada no piso florestal, foram realizadas coletas de serrapilheira acumulada, utilizando um coletor de madeira quadrado (Figura 5) de 50 cm de largura e com área de $0,25 \text{ m}^2$, sendo este lançado ao acaso na superfície do solo em cada um dos 15 pontos de coleta instalados na área de estudo. A serrapilheira no interior de cada coletor foi recolhida e acondicionada em sacos de papel, previamente identificados.

Figura 5 – Modelo quadrado para coleta de serrapilheira estocada no solo em área de mata ciliar na ARIE Floresta da Cicuta.



Fonte: Coleção da autora.

Em laboratório, esses materiais foram limpos e separados em frações: folhas, galhos, partes reprodutivas, material em decomposição (miscelâneas). Esses materiais vegetais foram secos em estufa com circulação forçada de ar a 65°C , durante 72 horas e até peso constante. Após esses procedimentos, determinou-se a biomassa seca de cada fração, com balança

analítica (com duas casas decimais). Com esses dados, foi possível estimar as médias mensais do estoque de serrapilheira.

O cálculo para transformação de gramas para hectares foi baseado na área do gabarito ($0,25\text{m}^2$) utilizado para a coleta do material vegetal em cada um dos 15 pontos em estudo, ocorrendo de novembro de 2021 até outubro de 2022.

4.4 AVALIAÇÃO DA TAXA DE DECOMPOSIÇÃO DE SERRAPILHEIRA

Para a estimativa da taxa de decomposição da serrapilheira, foram coletadas folhas depositadas na superfície do solo em 8 pontos de coleta da área de estudo. Aproximadamente 10 gramas desse material, seco a 65°C por 48 horas, foi acondicionado em *litterbags*, confeccionados com malha sintética de 2 mm e levados para o campo, sendo distribuídos 15 *litterbags* em cada um dos 8 pontos de coleta, totalizando 120 *litterbags* (Figura 6).

Figura 6 – *Litterbags* distribuídos na serrapilheira para avaliação da taxa de decomposição em área de mata ciliar na ARIE Floresta da Cicuta.



Fonte: Coleção da autora.

Para fins estatísticos, foram realizadas triplicatas em cada ponto de coleta durante 5 meses da estação chuvosa (dezembro de 2021 até abril de 2022) e 5 meses da estação seca (de junho até outubro de 2022). Após serem recolhidos e levados ao laboratório, esses materiais

foliares foram limpos para a retirada de areia, raízes e pequenos animais da meso e macrofauna do solo. Em seguida, foram secos em estufa a 65 °C até peso constante.

Sabe-se que a utilização de *litterbags* é uma maneira direta para estimar as constantes de decomposição da fração foliar e as curvas de decomposição de biomassa ao longo do tempo. As equações 2 e 3 foram utilizadas para essa finalidade. Vários pesquisadores utilizaram essas expressões matemática, como: Bauer *et al.* (2017), Veira *et al.* (2013), Pinto *et al.* (2016), entre outros.

$$\text{Equação (2)} \quad X_t = X_0 \cdot e^{-kt}$$

$$\text{Equação (3)} \quad \% \text{ Massa Remanescente} = \frac{X_t}{X_0} \times 100$$

Sendo X_t a massa final, X_0 massa inicial (10gramas), k a constante de decomposição e t o tempo de experimento (30, 60, 90, 120 e 150 dias).

Como um procedimento complementar da avaliação da decomposição de serrapilheira, utilizou-se o balanço de massa, como exposto por Scoriza *et al.* (2012) e Câmara (2020) este é um método indireto capaz de avaliar a constante de velocidade de decomposição, sendo dada através da razão entre aporte/estoque de serrapilheira. A equação 4, proposta por Olson (1963), expressa como o k foi estimado, sendo que esta serve também para verificar o tempo de meia vida (equação 5) e o tempo de renovação de serrapilheira sobre o solo (equação 6).

$$\text{Equação (4)} \quad k_L = IX^{-1}$$

Considerando que: k_L a constante de decomposição, I a massa seca de serrapilheira aportada ($\text{kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$) e X a massa seca de serrapilheira estocada (kg ha^{-1}) na superfície do solo.

$$\text{Equação (5)} \quad T_{1/2} = \ln(2)/k$$

Onde $T_{1/2}$ é o tempo de meia vida e k a constante de decomposição determinada através das equações 2 e 4.

$$\text{Equação (6)} \quad T = 1/k$$

Sendo T o tempo médio de renovação de serrapilheira e k a constante de decomposição.

4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Após os procedimentos de triagem realizados em laboratório, as biomassas obtidas para cada fração e para as massas remanescentes do material foliar dos *litterbags* foram dispostos em planilhas no software Microsoft Excel®. Os resultados das médias do aporte e do estoque de serrapilheira para a estação chuvosa e seca foram avaliados através do software PAST (HAMMER *et al.*, 2001), utilizando o teste de normalidade Shapiro – Wilk e teste t (com 5% de significância), quando os dados não apresentaram distribuição normal utilizou-se o teste não paramétrico Wilcoxon (com 95% de confiança). Para os dados dos *litterbags* utilizou-se o teste de médias de Tukey (5%) para as amostras com distribuição normal e para dados não paramétricos, o teste de Kruskal-Wallis (5%).

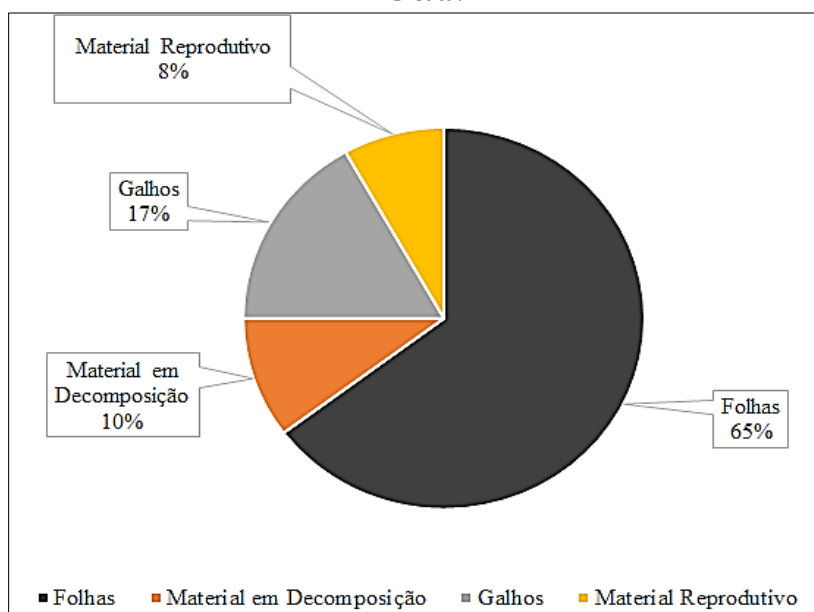
Os dados obtidos dos testes (t, Tukey, Wilcoxon e Kruskal – Wallis), para avaliação das amostras de aporte, estoque e decomposição de serrapilheira, encontram-se nos Apêndices 8.1, 8.2 e 8.3, respectivamente.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 AVALIAÇÃO DO APORTE DE SERRAPILHEIRA

A área de mata ciliar em estudo apresentou aporte de serrapilheira com uma média mensal de 176,47 kg ha⁻¹ e valor total 2117,60 kg ha⁻¹ ano⁻¹. Das frações analisadas, obteve-se um total de 65% composto por folhas, 17% de galhos, 10% de material em decomposição e 8% de material reprodutivo (Figura 7). Resultados semelhantes foram encontrados por Scoriza & Piña-Rodrigues (2014) ao estudarem a produção de serrapilheira em fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual em Sorocaba (SP), encontraram os seguintes resultados para as frações: folhas 65%, ramos 18%, material não identificável (miscelâneas) 11% e material reprodutivo 6%. Espig *et al.* (2009) obtiveram 66,9% de folhas ao avaliarem um remanescente de Mata Atlântica no estado de Pernambuco. Autores como Pimenta *et al.* (2011) e Santos *et al.* (2019) encontram valores acima de 78% dessa fração para floresta Estacional Semidecidual para o sul e o nordeste brasileiro.

Figura 7 – Porcentagens das frações do aporte anual de serrapilheira em área de mata ciliar na ARIE Floresta da Cicuta.



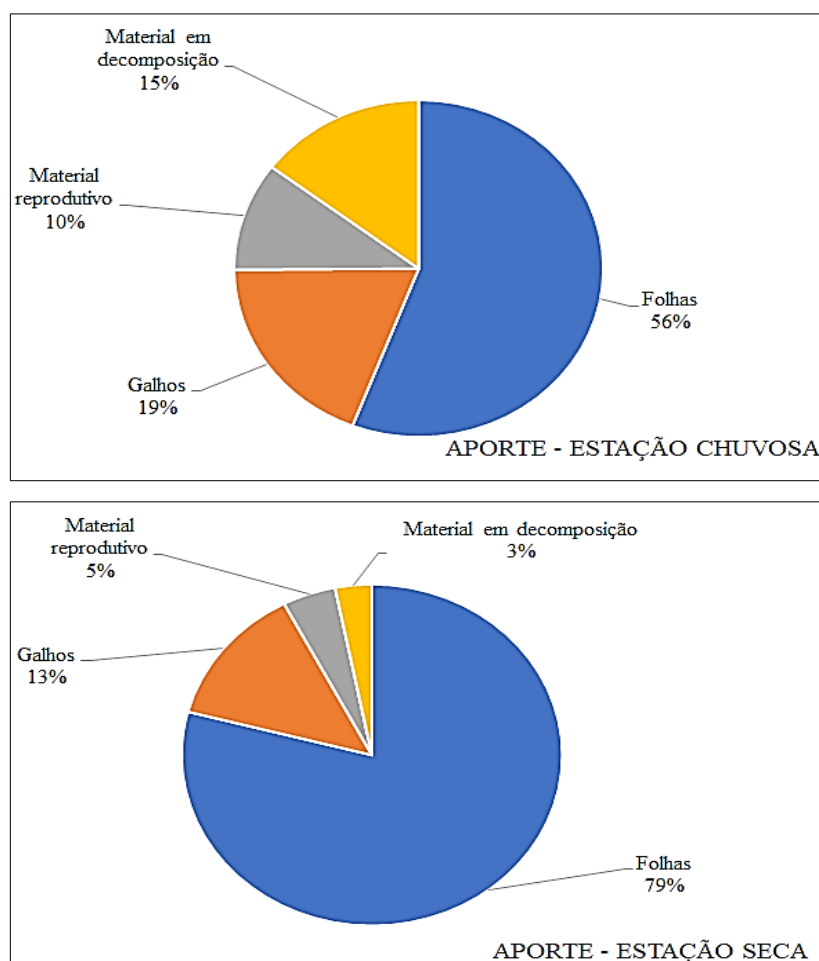
Fonte: Elaborada pela autora.

Barbosa e Faria (2006) ao avaliarem três florestas com diferentes estágios de sucessão (inicial, médio e avançado) na Reserva Biológica de Poço de Antas (REBIO)-RJ, encontraram um aporte igual a 6874,30 kg ha⁻¹ ano⁻¹ para área onde havia floresta madura,

sendo que deste valor 72,4% foi composto por folhas, 18,3% de fração lenhosa, material reprodutivo com 4,8% e 4,5% de refugo (partes vegetais de difícil identificação). Em um levantamento sistemático da produção de serrapilheira fina na Mata Atlântica brasileira, utilizando plataformas de pesquisa científicas internacionais, Martinelli *et al.* (2017) verificaram que o aporte de material vegetal em área de floresta tropical varia com mínimo de 3,5 Mg ha⁻¹ e máximo de 15,0 Mg ha⁻¹. Com isso, verificou-se que a mata ciliar do Córrego Água Fria produziu uma quantidade inferior de serrapilheira, fato este que pode estar interligado com as características da vegetação, temperatura e umidade da área estudada. Todavia, como observado por Godinho *et al.* (2015), a comparação da produção de serrapilheira na literatura torna-se complexa devido a existência de diferenças nas tipologias florestais, bem como pelas maneiras como são feitas as amostragens e também pelo modo que a triagem é realizada, ou seja, há estudos que dividem a serrapilheira em apenas duas frações, sendo as mais comuns folhas e partes lenhosas e outros ainda que nem fazem distinção entre miscelâneas e material reprodutivo. Contudo, para os mesmos autores, os padrões gerais obtidos em diferentes investigações auxiliam na compreensão da dinâmica da serrapilheira dessas áreas.

Para verificar a influência da sazonalidade no aporte de serrapilheira, os dados foram divididos em duas épocas: estação chuvosa e estação seca. Lembrando que a estação chuvosa foi considerada de novembro de 2021 até abril de 2022. E a estação seca compreendeu maio de 2022 até outubro do mesmo ano. Com isso, obteve-se 1306,16 kg ha⁻¹ e 811,42 kg ha⁻¹ para a estação chuvosa e seca, respectivamente. Na Figura 8, observa-se como ficaram as distribuições das frações nos períodos avaliados.

Figura 8 – Porcentagens das frações do aporte de serrapilheira em área de mata ciliar na ARIE Floresta da Cicuta, nas estações chuvosa e seca.



Fonte: Elaborada pela autora.

Tem-se que a fração foliar contribuiu de forma mais significativa para o aporte nas duas estações (Figura 8). Na Tabela 1 podem ser verificados os dados do aporte e das frações presentes na serrapilheira da mata ciliar do Córrego Água Fria para a estação chuvosa e seca.

Tabela 1 – Teste de normalidade e biomassa das frações da serrapilheira aportada em área de mata ciliar na ARIE Floresta da Cicuta, nas estações seca e chuvosa.

Estação Chuvosa	Total (kg/ha)	Média (kg/ha)	Shapiro -Wilk	p(normal)	CV %
Aporte	1306,16	217,70	0,922	0,520	25,68
Folhas	729,50	121,58	0,817	0,082	20,46
Galhos	248,67	41,44	0,912	0,453	32,55
Material em Decomposição	191,81	31,97	0,968	0,882	64,36
Material Reprodutivo	136,18	22,70	0,817	0,084	81,57
Estação Seca					
Aporte	811,42	135,24	0,845	0,145	51,67
Folhas	641,74	106,96	0,844	0,141	52,34
Galhos	107,68	17,95	0,891	0,325	55,55
Material em Decomposição	25,28	4,21	0,928	0,563	43,71
Material Reprodutivo	36,72	6,12	0,946	0,711	72,00

*Teste Shapiro-Wilk e p (normal) com 95% de confiança. Fonte: Elaborada pela autora.

De acordo com o teste de Shapiro – Wilk e p (normal), Tabela 1, a distribuição de dados para as duas estações apresentaram normalidade, isso indica que os dados podem ser avaliados de modo paramétrico. O teste t com intervalo de 95% de confiança indicou que não houve diferença significativa do aporte de serrapilheira entre as duas estações, levando em consideração o valor da média mensal anual do aporte de 176,47 kg ha⁻¹.

A participação das folhas correspondeu a 1371,24 kg ha⁻¹ano⁻¹ e com uma média mensal de 114,30 kg ha⁻¹. Para as duas estações avaliadas a produção de folhas apresentou distribuição normal dos dados (Tabela 1), pelo teste t realizado não houve diferenças significativas entre a média anual (114,30 kg ha⁻¹ mês⁻¹) e os dois períodos em investigação, no qual a época chuvosa apresentou um valor médio mensal de 121,58 kg ha⁻¹ e a época seca 106,96 kg ha⁻¹. Dickow *et al.* (2012) analisaram a produção de serrapilheira em três florestas na Serra do Mar com estágios de sucessão diferentes e constataram que a fase avançada teve menor quantidade aportada de folhas e a parte com fase inicial apresentou maior produção desta fração. Indicando que quanto maior o grau de sucessão a tendência é a diminuição da queda das folhas. Como bem apontado por Godinho *et al.* (2015), a quantidade de folhas dispostas na serrapilheira diminuem com o tempo por causa do aumento da fração lenhosa.

A produção de galhos na área estudada apresentou uma média mensal igual a 29,70 kg ha⁻¹ e um valor total de 356,35 kg ha⁻¹ ano⁻¹. De acordo com os dados expostos na Tabela 1, percebe-se que a produção de galhos apresentou distribuição normal para as duas estações em análise, conforme o teste de Shapiro-Wilk e valor de p (normal). Através da realização do teste t com 95% de confiança, verificou-se que o valor médio 41,44 kg ha⁻¹ mês⁻¹ encontrado

para a estação chuvosa não foi diferente da média anual de $29,70 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$. O teste t indicou que para a estação seca a média de $17,95 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ foi diferente da média anual, indicando que a sazonalidade influenciou o aporte da fração lenhosa no período frio e com baixa precipitação. Já Menezes *et al.* (2010) ao analisar a produção de galhos como componente da serrapilheira de três formações florestais estacionais semidecíduais (inicial, média e avançada), observaram que a fração lenhosa apresentou maior média na floresta com estágio avançado de sucessão, tendo em vista a influência da estação quente e úmida. Isso demonstrou que o aumento da produção total de serrapilheira na floresta madura está interligado com suas características estruturais, por exemplo, como o tamanho das copas das árvores.

A fração material em decomposição (miscelâneas) contribuiu com um valor médio mensal igual a $18,09 \text{ kg ha}^{-1}$ e total médio de $217,09 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. As duas amostras (estação chuvosa e seca) apresentaram distribuição normal dos dados de acordo com o teste de Shapiro - Wilk e p (normal), o que pode ser confirmado na Tabela 1. E pelo teste t a estação chuvosa não apresentou diferença significativa da média anual de material em decomposição ($18,09 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$). Já para a estação seca o teste t indicou que houve diferença significativa da média anual, pois o valor foi de $4,21 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ para os seis meses frios (maio até outubro). Isso indica que no período com baixa precipitação e temperatura houve uma diminuição do aporte de material em decomposição. Schumacher *et al.* (2018), encontraram uma média mensal de $1018,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de miscelânea (material em decomposição) contribuindo no aporte de serrapilheira em uma Floresta Estacional Decidual no Rio Grande do Sul.

Por fim, a produção de material reprodutivo apresentou um valor médio mensal igual a $14,41 \text{ kg ha}^{-1}$, um total médio de $172,90 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Com os dados do teste de Shapiro - Wilk e p (normal) presentes na Tabela 1, pode-se afirmar que a estação chuvosa e a estação seca apresentaram distribuição normal de dados para a fração de material reprodutivo. Com a realização do teste t constatou-se que apenas a estação seca apresentou valor significativamente diferente da média anual de produção de partes reprodutivas ($14,41 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$), sendo que o valor médio para o período frio e seco foi igual a $6,12 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$, ou seja, nesse período houve menor aporte desse tipo de material vegetal. Menezes *et al.* (2010) constataram que o período chuvoso foi aquele que houve maior aporte de partes reprodutivas, além disso verificaram a presença de três espécies da família Melastomataceae, o que explicava a grande quantidade desse material na região de suas pesquisas. No plano de manejo da ARIE Floresta da Cicuta, ICMBIO (2016), existem 9 espécies da Melastomataceae

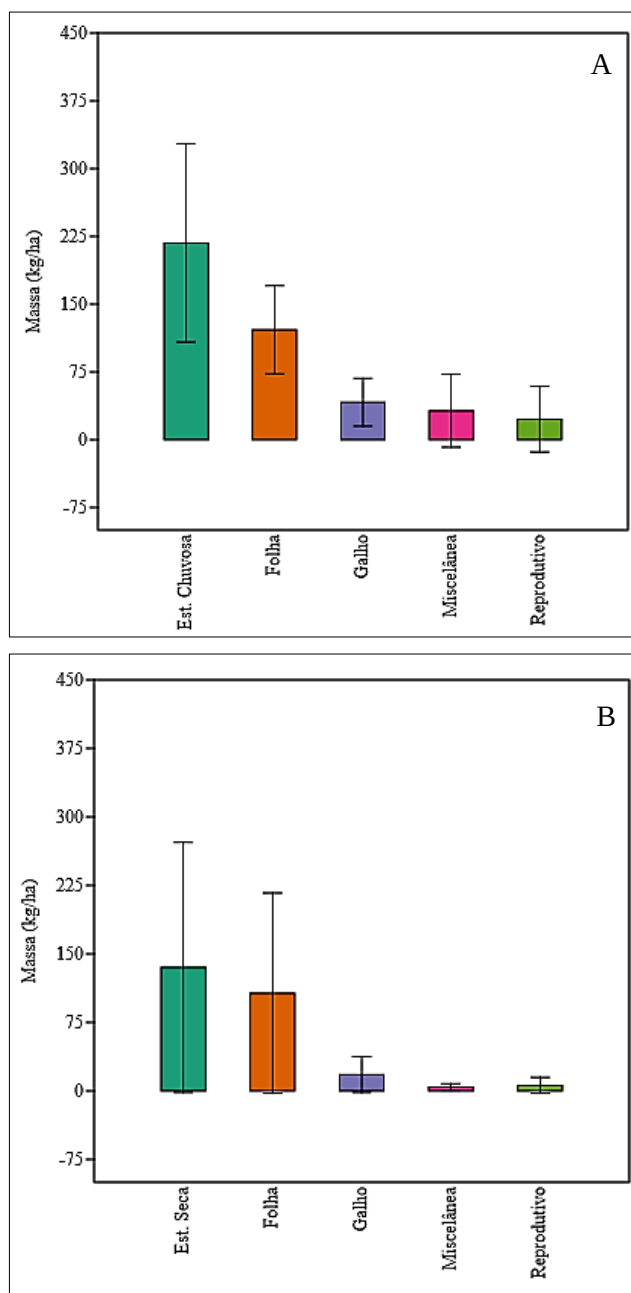
(*Cliemia hirta* (L.) D.Don; *Leandra melastomoides* Raddi; *Miconia cinnamomifolia* (Jacq.) Triana; *Miconia discolor* DC; *Miconia inconspícua* Miq.; *Miconia prasina* (Sw.) DC.; *Miconia* sp.; *Ossaea retrophylla* (DC.) Triana; *Tibouchina granulosa* Cogn.), isso implica que nos trechos estudados essas árvores podem ter contribuído para as médias da fração de material reprodutivo.

Bazi (2019) investigou a dinâmica da serrapilheira, durante cinco anos, em um fragmento urbano de Mata Atlântica no estado de São Paulo e verificou que houve maior produção de material vegetal na estação quente e úmida, compreendendo os meses de setembro a fevereiro para aquela região. A mesma autora ressalta que o nível de precipitação e a velocidade do vento tiveram uma correlação positiva com a produção total de serrapilheira. Já Menezes *et al.* (2010) encontraram para uma floresta Estacional Semidecídua em estágio avançado de sucessão, aporte de serrapilheira mais significativo entre os meses de agosto e novembro, e menores médias dezembro a julho, entretanto no mês de janeiro constatarem significativos e altos valores de aporte que foram atrelados a velocidade dos ventos na área de estudo. Isso indica que a existência de fatores abióticos intrínsecos e o comportamento diverso apresentado pelo aporte de material vegetal podem influenciar a dinâmica do ciclo biogeoquímico nos ecossistemas florestais (HOLANDA *et al.*, 2017).

Brun *et al.* (2001) encontraram para uma Floresta Estacional Decidual madura uma queda nos valores da produção de serrapilheira no período frio e seco (outono/inverno), sendo que os maiores aportes concentraram-se na época quente e úmida (primavera e verão), isso ocorreu devido a grande quantidade de brotos novos e queda de folhas senescentes causada pela baixa temperatura do inverno. Para os mesmos autores, as condições meteorológicas de uma localidade ocasionam adaptações genéticas nas espécies arbóreas, influenciando assim na produção de serrapilheira. Como ratifica Godinho *et al.* (2015), a quantidade de serrapilheira produzida depende da tipologia vegetal, bem como da condição climática. Assim, a sazonalidade da serrapilheira depende do grau de sucessão da floresta nativa.

Na Figura 9 a seguir, os gráficos (Bar Chart) ilustram como ficaram para as duas estações analisadas a produção de serrapilheira e de suas respectivas frações.

Figura 9 – Produção de serrapilheira em área de mata ciliar na ARIE Floresta da Cicuta: a) Aporte total e frações na estação chuvosa; b) Aporte total e frações na estação seca.

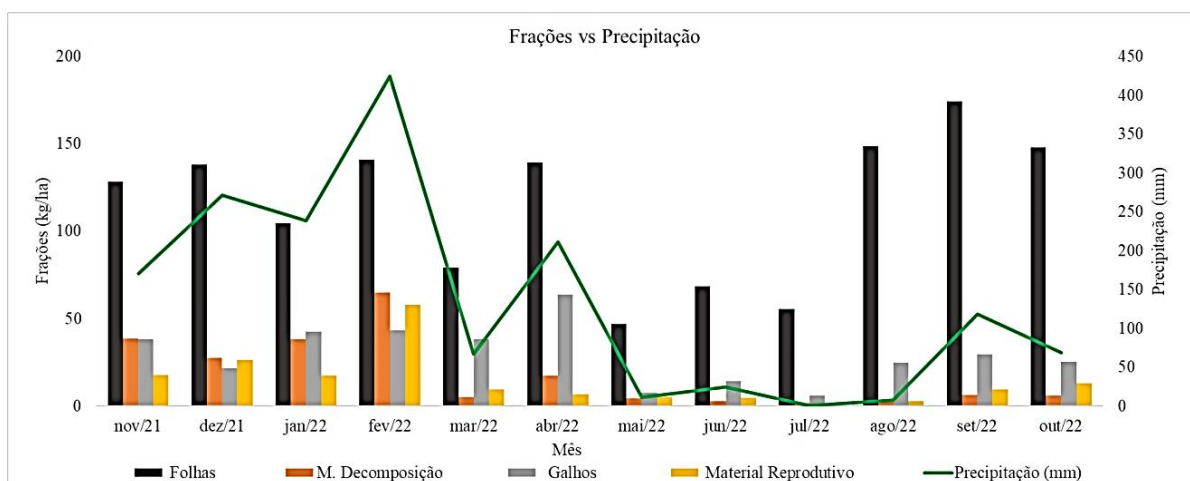


Médias com 15 repetições mensais e com barra de desvio padrão com 95% de confiança. Fonte: Elaborada pela autora.

Siqueira e Carmo (2022) ao avaliarem as margens do reservatório da Usina Hidrelétrica de Marimondo em Minas Gerais, verificaram que a maior produção de serrapilheira ocorreu no final da estação seca, constatando que as maiores quantidades das frações folhas, galhos e material reprodutivo foram obtidos para esse período de estresse hídrico. Já para a estação chuvosa, eles verificaram que a fração de miscelâneas teve maior produção. Para a mata ciliar do córrego Água Fria verificou-se que a sazonalidade influenciou

diretamente o aporte de galhos, material em decomposição e material reprodutivo, obtendo menores valores médios na estação seca. A Figura 10 ilustra como ficaram, de modo geral, as distribuições das frações formadoras da serrapilheira atreladas à precipitação, sendo estação chuvosa (novembro de 2021 até abril de 2022) e estação seca (maio de 2022 até outubro de 2022).

Figura 10 – Frações do material vegetal aportado em área de mata ciliar na ARIE Floresta da Cicuta *versus* precipitação mensal.



Médias mensais com 15 repetições para cada fração. Dados da precipitação: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET (disponível em www.inmet.gov.br).

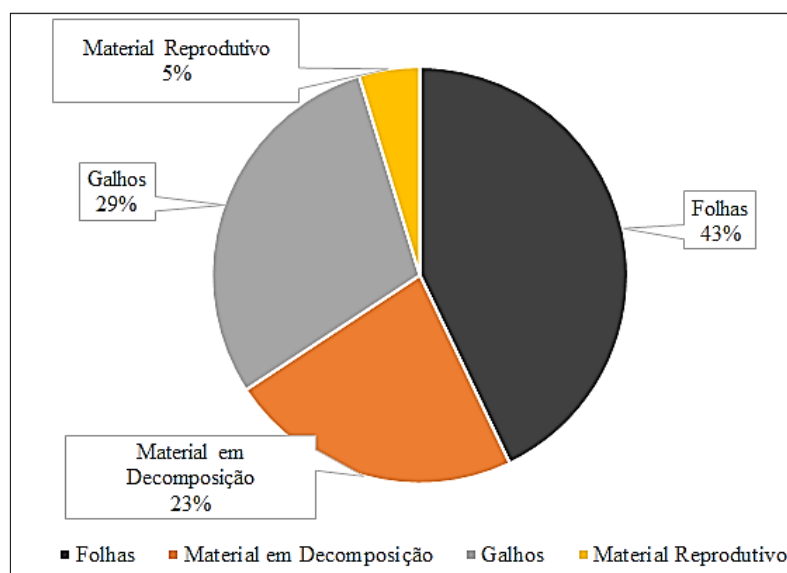
O aporte de serrapilheira não diferiu entre as estações (chuvosa e seca), mas houve influência da sazonalidade na produção de galhos, material em decomposição e material reprodutivo, principalmente para a época seca quando médias menores foram registradas. O aporte de folhas para os dois períodos avaliados permitiu pouca flutuação nos valores médios, já que foi a fração que mais contribuiu para a biomassa encontrada, dessa forma não foram identificadas diferenças significativas nas médias do aporte de serrapilheira entre as duas estações, isso pode ser uma indicação de que a mata ciliar permite a regulação de fatores abióticos, tais como temperatura e umidade, dessa forma possibilita a formação de um microclima. Assim a produção de serrapilheira torna-se semelhante ao longo do ano. Como apontado por Barbosa e Faria (2006) em florestas com estágio avançado de sucessão o aporte de serrapilheira total será influenciado pela temperatura da região. Para Siqueira e Carmo (2022) as florestas onde ocorrem modificações abióticas, como pouca disponibilidade de água e baixa temperatura, são aquelas que apresentam sazonalidade mais acentuada, desse modo há maior produção de serrapilheira. Em contrapartida, para os mesmos autores, áreas de matas

ripárias da Mata Atlântica apresentam registros menores nas taxas de produção de serrapilheira se comparada às vegetações com solos mais secos ao longo de um ano todo.

5.2 AVALIAÇÃO DO ESTOQUE DE SERRAPILHEIRA

Ao longo de 12 meses de pesquisa, na mata de galeria do córrego Água Fria, o estoque de serrapilheira sobre o solo foi de 3517,64 kg ha⁻¹. Tal como no aporte, a maior contribuição para a biomassa acumulada foi dada pela fração foliar (43%), seguida por galhos (29%), material em decomposição (23%) e material reprodutivo (5%), isso pode ser verificado na Figura 11.

Figura 11 – Porcentagens das frações do acúmulo de serrapilheira em área de mata ciliar na ARIE Floresta da Cicuta.

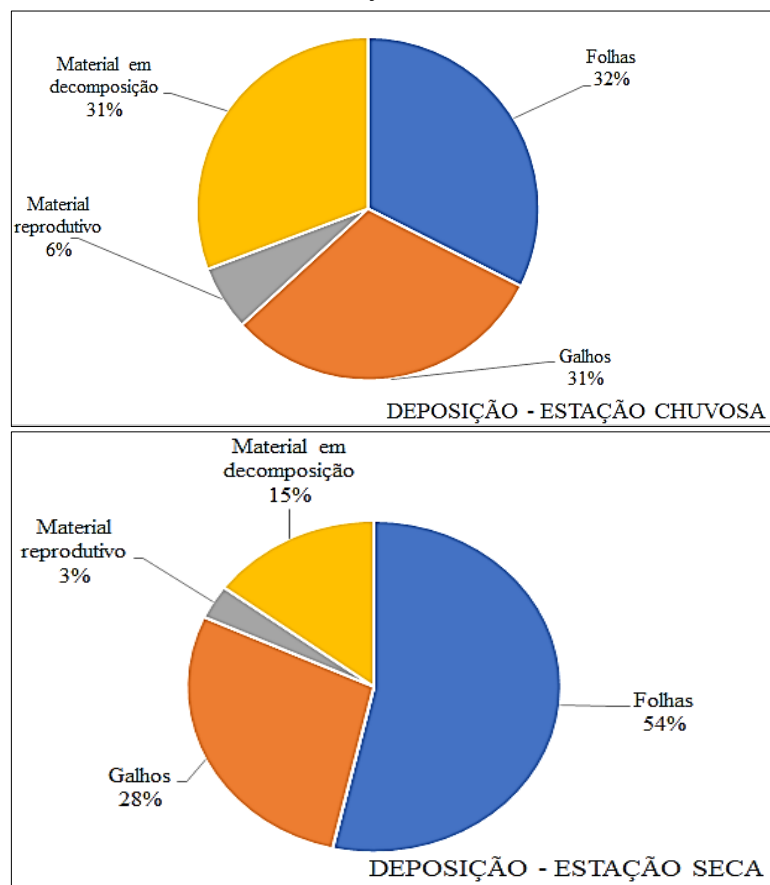


Fonte: Elaborada pela autora

Vital *et al.* (2004) encontraram para uma zona de mata ripária, em uma Floresta Estacional Semidecidual no centro-sul do estado de São Paulo, uma média anual igual a 6227,25 kg ha⁻¹ de acúmulo de material vegetal. Nas investigações realizadas por Godinho *et al.* (2015) constata-se que florestas do tipo Estacional Semidecidual podem apresentar média de biomassa acumulada variando de 5,1 a 8,4 Mg ha⁻¹. Godinho (2011) afirma que a quantidade de serrapilheira depositada pode ser diferente para cada ecossistema florestal, bem como apresentar diferenças no que tange as proporções das frações vegetais, considerando que a floresta nativa é mais heterogênea o que indica influência da tipologia e composição das espécies arbóreas na produção e estoque de serrapilheira sobre o solo.

Para verificar a influência da sazonalidade, os dados do estoque de material vegetal foram divididos em duas partes, sendo: estação chuvosa (novembro/2021 até abril/2022) e estação seca (maio/2022 até outubro/2022). A Figura 12 ilustra as distribuições das frações vegetais nas duas estações em investigação.

Figura 12 – Porcentagens das frações do acúmulo de serrapilheira em área de mata ciliar na ARIE Floresta da Cicuta, nas estações chuvosa e seca.



Fonte: Elaborada pela autora.

Percebeu-se que na estação seca a fração foliar contribuiu de maneira mais expressiva para o estoque de serrapilheira, sendo isto uma característica da vegetação de floresta do tipo Estacional Semidecidual que perde parte de suas folhagens no período com menor índice de precipitação. Enquanto, as outras partes vegetais apresentaram queda nos valores médios durante esse período. Toledo *et al.* (2002) ao avaliarem os materiais vegetais constituintes da serrapilheira em florestas secundárias de estágio médio e avançado de sucessão no município de Pinheiral (RJ), verificaram que para diferentes estações as frações folhas e galhos foram aquelas que mais contribuíram para o acúmulo de serrapilheira no solo.

Na Tabela 2 encontram-se informações gerais sobre a contribuição de cada fração para o acúmulo de serrapilheira na mata ciliar de interesse ao longo das duas estações.

Tabela 2 – Teste de normalidade e biomassa - Acúmulo das frações da serrapilheira em área de mata ciliar na ARIE Floresta da Cicuta, para estações chuvosa e seca.

Estação Chuvosa	Média (kg/ha)	Shapiro - Wilk	p(normal)	CV %
Estoque	3555,40	0,769	0,031	38,30
Folhas	1154,00	0,998	0,999	30,77
Galhos	1091,80	0,888	0,308	36,36
Material em Decomposição	1092,40	0,892	0,328	67,00
Material Reprodutivo	217,20	0,903	0,389	38,70
Estação Seca				
Estoque	3479,87	0,932	0,596	27,32
Folhas	1863,93	0,901	0,383	30,75
Galhos	986,47	0,873	0,238	27,02
Material em Decomposição	514,40	0,766	0,028	27,05
Material Reprodutivo	115,07	0,955	0,777	28,88

*Teste Shapiro-Wilk e p (normal) com 95% de confiança. Fonte: Elaborada pela autora.

Conforme exposto na Tabela 2, o teste de Shapiro – Wilk indicou que a amostra (estação chuvosa) não apresentou distribuição normal no intervalo de confiança de 95%, pois o valor de p (normal) = 0,031. Já a amostra (estação seca) apresentou normalidade.

Para a estação seca realizou-se o teste t, o resultado mostrou que a média para esta estação (3479,87 kg ha⁻¹ mês⁻¹) não diferiu significativamente da média anual do estoque (3517,64 kg ha⁻¹ mês⁻¹). Como o acúmulo na estação chuvosa não apresentou distribuição normal realizou-se o teste de Wilcoxon que é usado quando a análise não é paramétrica. Sendo assim, partindo desse teste constatou-se que a mediana da estação chuvosa (3693,90 kg ha⁻¹) não apresentou diferença significativa da mediana anual do estoque (3278,96 kg ha⁻¹). Já Santos *et al.* (2019) ao avaliarem pedoformas (divergentes e convergentes) com vegetação do tipo Floresta Estacional Semidecidual na cidade de Pinheiral (RJ), perceberam que as duas estações do ano (chuvosa e seca) influenciaram o acúmulo de serrapilheira nas áreas de estudo e constataram que o período frio e com pouca precipitação foi àquele com maior estoque médio (8830,00 kg ha⁻¹).

Com isso, percebeu-se que a sazonalidade não influenciou diretamente no acúmulo total de material vegetal sobre o solo da mata ciliar do córrego Água Fria, pois o estoque de serrapilheira ao longo das estações permaneceu constante. Neste caso, vale levar em consideração os efeitos causados pela enchente de fevereiro de 2022 que atingiu os pontos de

coleta, pois grande parte da serrapilheira foi escoada o que pode ter refletido nos valores das deposições subsequentes.

Durante 12 meses de coleta, a fração foliar apresentou uma média igual a 1509,00 kg ha⁻¹. Através da Tabela 2, percebe-se que na estação chuvosa o acúmulo de folhas apresentou média de 1154,00 kg ha⁻¹ mês⁻¹. Para a estação seca obteve-se uma média igual a 1863,93 kg ha⁻¹ mês⁻¹ para esta fração. A distribuição dos dados das amostras para as duas estações apresentaram normalidade conforme o teste de Shapiro-Wilk e o valor de p(normal). O teste t indicou que as amostras de folhas, para as duas estações em estudo, não apresentaram médias significativamente diferentes do estoque anual dessa fração (1509,00 kg ha⁻¹ mês⁻¹).

Alves *et al.* (2014) encontraram para um estudo de efeito de borda uma média de 2,0 Mg.ha⁻¹ de biomassa foliar acumulada sobre o piso de uma Floresta Estacional Decidual no Rio Grande do Sul. Já Lima *et al.* (2015) ao estudarem diferentes formações vegetais na Floresta Nacional de Silvânia (FLONA) no estado de Goiás, observaram que para uma mata ciliar a fração foliar apresentou um acúmulo de 7384 kg ha⁻¹, contribuindo com 73,11% dos materiais formadores da serrapilheira. Bianchin *et al.* (2016) analisaram três formações secundárias de Floresta Ombrófila Densa Submontana no Paraná e concluíram que a fração foliar foi a que mais contribuiu para a quantidade total de serrapilheira acumulada, percebendo que o acúmulo de folhas diminuía a medida que ocorria o progresso de sucessão secundária.

A fração galhos acumulada sobre o solo correspondeu a uma média de 1039,13 kg ha⁻¹ durante 12 meses de estudo. As amostras de galhos para a estação seca e chuvosa apresentaram distribuição normal de dados (Tabela 2). Durante os seis meses da época quente e úmida a fração lenhosa apresentou média de 1091,80 kg ha⁻¹ mês⁻¹. No período seco, o estoque de galhos apresentou uma média de 986,47 kg ha⁻¹ mês⁻¹. De acordo com o teste t as médias de galhos para as duas estações não foram significativamente diferentes da média do estoque anual da fração lenhosa (1039,13 kg ha⁻¹ mês⁻¹).

Bauer, Führ e Schmitt (2017) encontraram para uma remanescente de Floresta Estacional Semidecidual um acúmulo da fração lenhosa com valor médio durante quatro estações de 1668,60 kg ha⁻¹. Já para outro bioma, Moreira e Rodrigues (2021) avaliaram um fragmento de restauração do Cerrado brasileiro e obtiveram como maior constituinte da serrapilheira acumulada a fração composta por galhos com porcentagem de 53,20%.

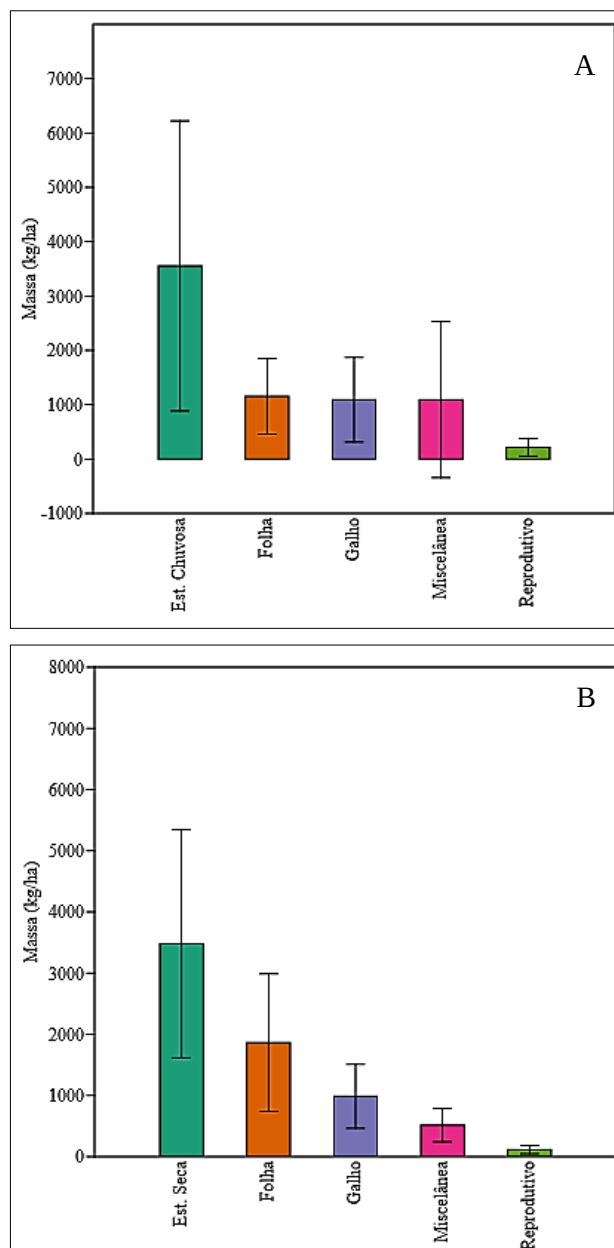
A fração de material em decomposição (miscelâneas) apresentou uma média anual de 803,40 kg ha⁻¹ no acúmulo de serrapilheira. Os estoques de material em decomposição para os

dois períodos foram: estação seca (média 514,40 kg ha⁻¹ mês⁻¹ e mediana 491,20 kg ha⁻¹) e estação chuvosa (média 1092,40 kg ha⁻¹ mês⁻¹). A amostra de material em decomposição na época seca não apresentou distribuição normal (Tabela 2), já que $p(\text{normal}) < 0,05$. Sendo assim, realizou-se o teste de Wilcoxon e através dele verificou-se que a amostra de material em decomposição para esse período não apresentou mediana diferente da anual que foi de 499,00 kg ha⁻¹. Em contrapartida, a distribuição foi normal para amostra da fração de material em decomposição encontrada para a estação chuvosa. Com a realização do teste t, constatou-se que a amostra para a estação chuvosa não apresentou média diferente da anual, levando em consideração que esta foi de 803,40 kg ha⁻¹ mês⁻¹. Para Scoriza *et al.* (2017) a fração de miscelâneas serviu em seus estudos como um bom indicador ambiental, visto que este material resulta do aporte, acúmulo e decomposição que é promovida pelos organismos presentes no solo.

Por fim, o material reprodutivo contribuiu com uma biomassa média anual de 166,13 kg ha⁻¹. Para duas estações analisadas o acúmulo de material reprodutivo foi assim distribuído: estação chuvosa (média 217,20 kg ha⁻¹ mês⁻¹) e estação seca (média 115,07 kg ha⁻¹ mês⁻¹). O teste de Shapiro – Wilk mostrou que existe distribuição normal dos dados para as amostras das duas épocas em investigação (Tabela 2). Com a realização do teste t percebeu-se que a estação chuvosa não apresentou média de material reprodutivo diferente daquela encontrada no estoque anual dessa fração (166,13 kg ha⁻¹ mês⁻¹). Entretanto, para a estação seca a média (115,07 kg ha⁻¹ mês⁻¹) foi significativamente diferente da anual (166,13 kg ha⁻¹ mês⁻¹). Sendo assim, a sazonalidade influenciou o acúmulo de material reprodutivo na serrapilheira da mata ciliar em estudo, obtendo médias menores no período seco. Assim como na ARIE Floresta da Cicuta, Dickow *et al.* (2012) também verificaram que a biomassa acumulada no solo apresentou menor contribuição da fração de partes reprodutivas, visto que, analisaram florestas com estágio inicial, médio e avançado de sucessão.

Os gráficos presentes na Figura 13 ilustram como ficaram o estoque da serrapilheira e de suas frações nas duas estações.

Figura 13 – Acúmulo de serrapilheira em área de mata ciliar na ARIE Floresta da Cicuta: a) estoque total e frações na estação chuvosa; b) estoque total e frações na estação seca.



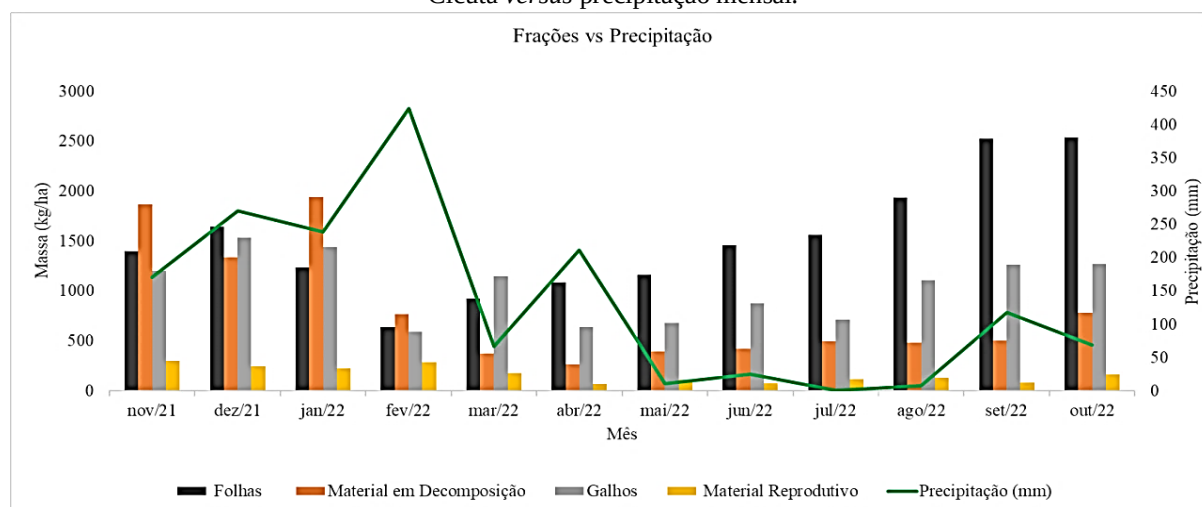
Médias com 15 repetições mensais e com barra de desvio padrão com 95% de confiança. Fonte: Elaborada pela autora.

Bauer, Führ e Schmitt (2017) ao avaliarem um remanescente de Floresta Estacional Semidecidual no Rio Grande do Sul, observaram que o acúmulo de serrapilheira ocorreu de modo, relativamente, constante ao longo das estações, indicando que o processo de deposição e decomposição de material vegetal encontrava-se em equilíbrio, principalmente pelo estado de conservação e estrutura do fragmento florestal. O que corrobora com os resultados encontrados por Vital *et al.* (2004), pois para eles o pouco estoque de serrapilheira acumulado sobre o solo foi um indicativo de uma rápida velocidade de decomposição, favorecendo a

ciclagem de nutrientes e o equilíbrio da mata ciliar avaliada por esses pesquisadores. Como expresso por Fraga *et al.* (2012) a diversidade arbórea é um fator que influencia as condições abióticas no interior da serrapilheira, bem como a química que compõe a estrutura do solo que também se relaciona com a presença de organismos decompositores que auxiliam na funcionalidade do ambiente.

O gráfico a seguir, Figura 14, ilustra como ficaram as distribuições mensais das frações de material vegetal que fazem parte do estoque de serrapilheira da mata ciliar do córrego Água Fria, para as duas estações, atrelado ao nível de precipitação mensal. Lembrando que a estação chuvosa compreendeu os meses de novembro de 2021 até abril de 2022 e a estação seca foi do mês de maio de 2022 até outubro do mesmo ano. Os efeitos causados pela enchente que atingiu os pontos de coleta em fevereiro de 2022 também podem ser observados na Figura 14, sendo que grande parte dos materiais vegetais foram escoados da superfície do solo.

Figura 14 – Frações do material vegetal acumulado sobre o solo em área de mata ciliar na ARIE Floresta da Cicuta *versus* precipitação mensal.



Médias mensais com 15 repetições para cada fração. Dados da precipitação: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET (disponível em www.inmet.gov.br).

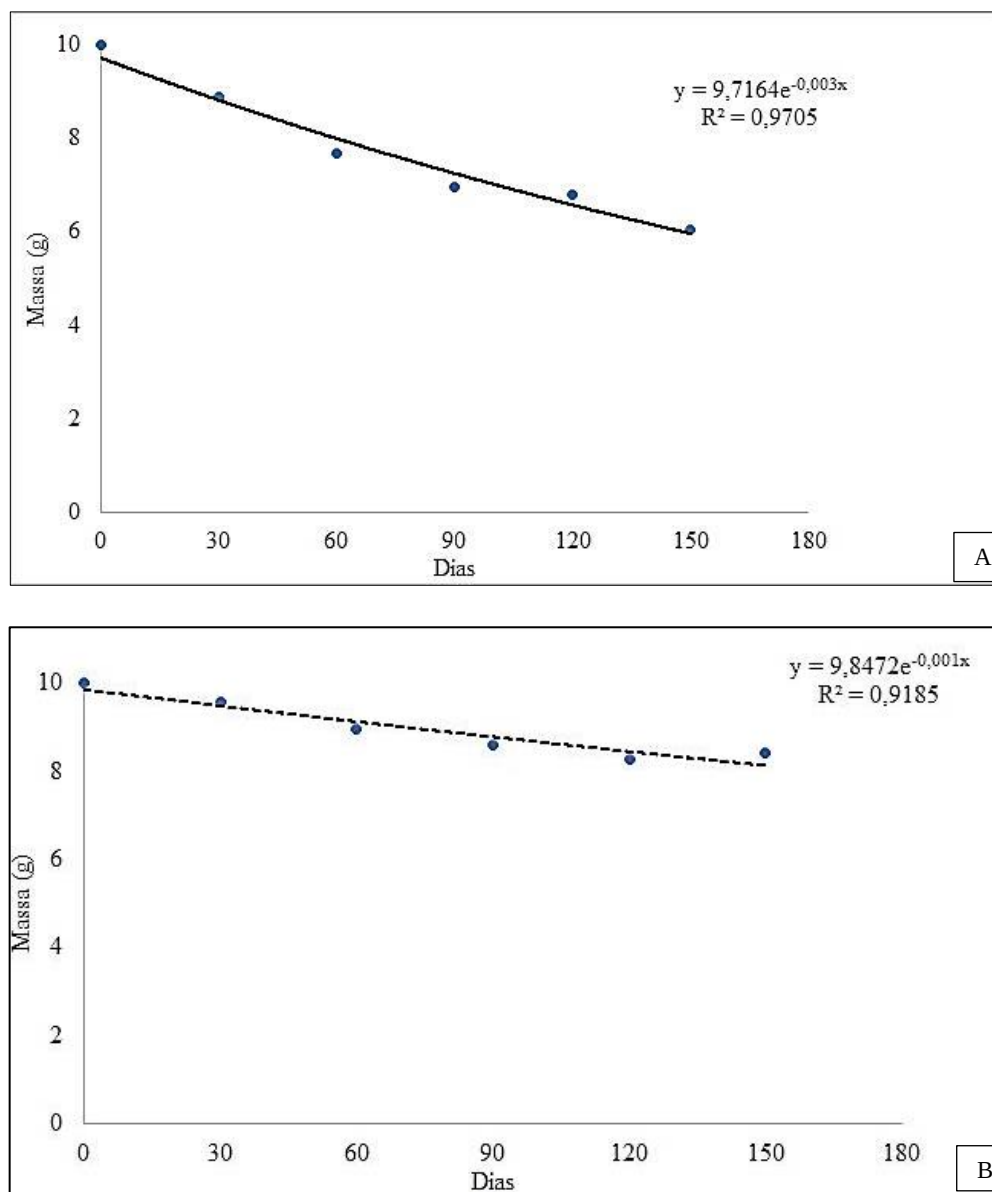
Em seus estudos sobre a vegetação ripária e o funcionamento de riachos, Pastor e Hepp (2021) afirmam que a presença de espécies exóticas em matas ciliares pode ser responsável por diversas modificações na funcionalidade desses ambientes, uma vez que causam perdas expressivas na integridade destes ecossistemas, pois alteram a atividade biológica dos organismos que participam do processo de decomposição da biomassa. Dessa maneira, pode propiciar o estoque de material vegetal sobre o solo florestal.

Pessoa, Cesário e Balieiro (2022) realizaram suas pesquisas, em três fragmentos de Mata Atlântica na região serrana do estado do Rio de Janeiro, constatando que a quantidade de serrapilheira depositada na superfície do solo dependerá do grau de perturbação da área, sendo que quanto mais espécies pioneiras a tendência é uma maior produção de biomassa. Em contrapartida, áreas com menor grau de perturbação apresentam taxas mais baixas de produção de serrapilheira, principalmente por possuírem vegetação do tipo secundária tardia.

5.3 AVALIAÇÃO DA TAXA DE DECOMPOSIÇÃO DE SERRAPILHEIRA

As taxas de decomposição da fração foliar foram investigadas de modo sazonal, ou seja, os comportamentos para a época chuvosa/quente e para o período seco/frio foram analisados. Constatou-se que a maior decomposição da fração foliar ocorreu para o período quente e úmido, com o valor da constante de velocidade $k = 0,0034 \text{ g g}^{-1}\text{dia}^{-1}$ e o tempo para decompor 50% da massa foliar foi $t_{1/2} = 204$ dias. Ao longo de 150 dias ocorreu uma redução de 39,62 % da biomassa (Figura 15a e Tabela 3). Como expresso na Figura 15(b), a massa foliar no período seco e frio, sofreu uma decomposição lenta, sendo que durante 150 dias apresentou 16% de redução da biomassa (Tabela 3). Isso reflete, principalmente, no valor médio de $k=0,0016 \text{ g g}^{-1}\text{dia}^{-1}$ que corresponde a um tempo de meia vida de 433 dias.

Figura 15 – Decomposição foliar em área de mata ciliar na ARIE Floresta da Cicuta: a) estação chuvosa; b) estação seca.



Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 3 – Médias mensais da constante de decomposição (k) da fração foliar em áreas de mata ciliar na ARIE Floresta da Cicuta.

Tempo (dias)	Massa (g)	Massa %	k (g g ⁻¹ dia ⁻¹)	Shapiro-Wilk	p(normal)	CV %	
0	10,00	100,00	~	~	~	~	ÉPOCA CHUVOSA
30	8,88	88,80	0,0040	0,965	0,853	26,93	
60	7,66	76,60	0,0045	0,950	0,714	19,29	
90	6,96	69,60	0,0043	0,851	0,098	46,83	
120	6,78	67,80	0,0021*	0,725	0,004	83,45	
150	6,04	60,40	0,0021*	0,812	0,038	86,32	
0	10,00	100,00	~	~	~	~	ÉPOCA SECA
30	9,56	95,60	0,0017	0,897	0,272	28,82	
60	8,97	89,70	0,0018	0,946	0,672	18,04	
90	8,59	85,90	0,0017	0,910	0,356	26,61	
120	8,24	82,40	0,0016	0,815	0,042	21,76	
150	8,40	84,00	0,0012*	0,915	0,393	27,01	

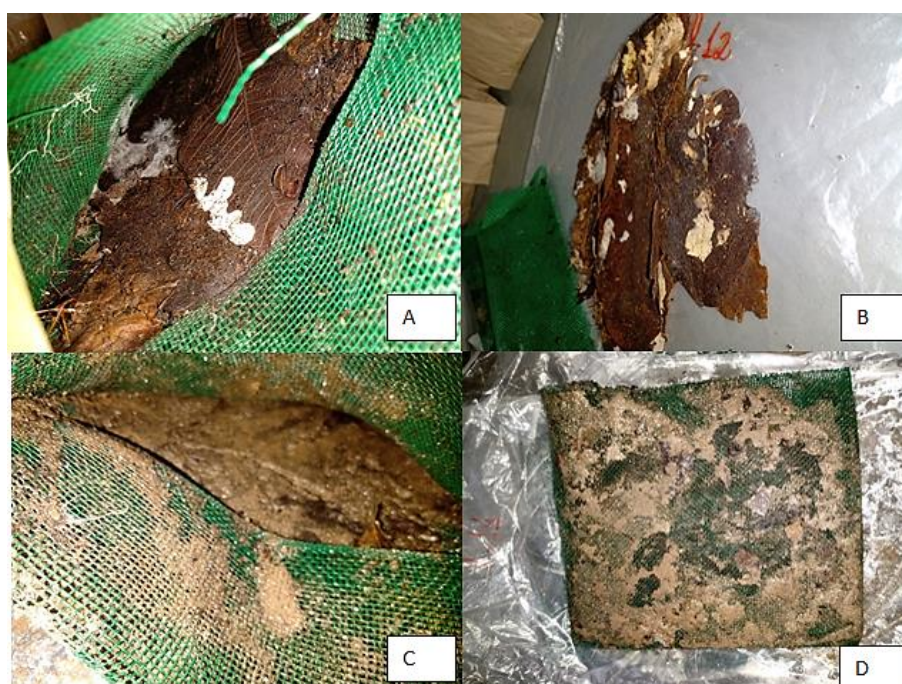
Médias da constante de velocidade k diferem das demais, para mesma estação, quando apresentam (*). Para estação chuvosa utilizou-se o teste de Kruskal-Wallis a 5% de significância. E para a estação seca foi utilizada o teste de Tukey com 95% de confiança. Fonte: Elaborada pela autora.

De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a distribuição dos dados para a estação chuvosa não apresentou normalidade (Tabela 3), desse modo utilizou-se o teste de Kruskal – Wallis e Dunn com 95% de confiança para verificar diferenças estatísticas entre as constantes de velocidade de decomposição (k) para esse período. Com isso, constatou-se que as maiores taxas de decomposição para o tempo chuvoso ocorreram nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, correspondendo a 30,60 e 90 dias, respectivamente. Estatisticamente, para esse período, as médias são iguais (Tabela 3). O teste de Shapiro – Wilk indicou que os dados das constantes de velocidade de decomposição (k) para a estação seca apresentaram distribuição normal, assim realizou-se o teste de Tukey (5%) para verificar diferenças entre as médias de decomposição de biomassa foliar ao longo da época seca e fria. Com isso, percebeu-se que para os cinco meses de estudo a constante de velocidade de decomposição (k) permaneceu igual durante 120 dias de experimento. Contudo, no mês de outubro (150 dias de ensaio) houve uma queda no valor médio da constante k, indicando uma decomposição muito lenta das folhas e que isto pode estar interligado com a quantidade de carbono/ nitrogênio e materiais recalcitrantes presente nesta fração.

Após os 90 dias de experimento do período chuvoso, houve uma diminuição no processo que envolve a decomposição foliar, pois a taxa de decomposição (k) da biomassa sofreu uma queda em março e abril (Tabela 3), sendo que este fato está interligado com o período pós-inundação, no qual foram perdidos vinte e três (23) *litterbags* presentes em três pontos de estudo. Dessa maneira, essa interferência abiótica pode ter causado uma

consequência biótica, principalmente na presença da microbiota decompositora no piso da mata ciliar. As imagens (Figura 16) a seguir mostram um exemplo de como ficaram as folhas presentes nos *litterbags* antes e após o período de enchente, em alguns dos pontos analisados.

Figura 16 – Folhas nos *litterbags* em área de mata ciliar na ARIE Floresta da Cicuta: antes da enchente (a) e (b); após a enchente (c) e (d).



Fonte: coleção da autora.

Silva e Brandão (2020) também verificaram uma queda expressiva na taxa de decomposição da serrapilheira, devido ao escoamento superficial ocasionado por um grande volume de precipitação. Entretanto, para os mesmos autores, a perda da biomassa foliar foi maior nos meses iniciais de pesquisa porque houve a biodegradação do material vegetal mais solúvel. O que corrobora com resultados de Batista (2017), que ao analisar um plantio de eucalipto e uma floresta do bioma cerrado, observou que a fração foliar nativa se decompôs facilmente devido a menor relação C/N, isso possibilitou que o material vegetal ficasse mais atrativo para os organismos do solo. Pereira, Menezes e Schultz (2008) obtiveram 40% da decomposição da massa foliar em 210 dias, consideraram a velocidade de decomposição lenta e constante, encontrando $k = 0,0023 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ e $T_{1/2} = 301$ dias, para uma Floresta Atlântica na Ilha de Marambaia (RJ). Menezes *et al.* (2010) também utilizaram 10 gramas de folhas contidas em *litterbags*, durante 4 meses do período quente e chuvoso, para investigar três florestas secundárias com diferentes estágios (inicial, médio e avançado) na cidade de Pinheiral (RJ), constatando que aquela com sucessão avançada apresentou maior velocidade

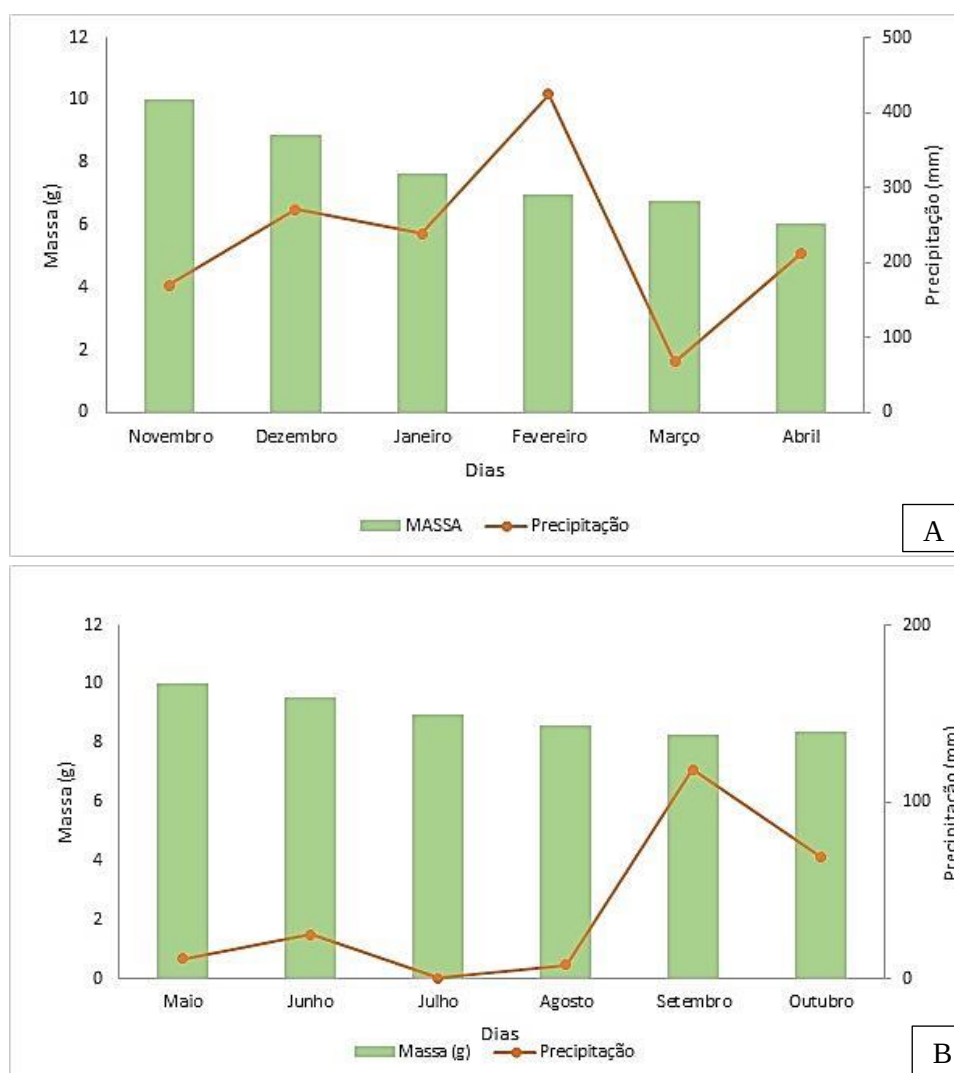
decomposição (k) de $0,0064 \text{ g g}^{-1}\text{dia}^{-1}$ e um tempo de meia vida de 108 dias. Já a floresta com estágio médio de sucessão apresentou $k = 0,0038 \text{ g g}^{-1}\text{dia}^{-1}$, valor este próximo daquele encontrado para o presente estudo na ARIE Floresta da Cicuta durante a estação úmida. Isso ressaltou a importância da diversidade das espécies arbóreas, pois influenciou de maneira positiva a atividade da fauna decompositora presente naquele solo. Assis *et al.* (2020) avaliaram dois sistemas agroflorestais diferentes, constatando que aquele que continha maior diversidade arbórea, com dossel fechado e com menos clareiras, apresentou perda da massa foliar mais expressiva, além de apresentar fauna do solo como cupins e besouros. Sendo organismos relevantes para o processo de decomposição.

Como exposto anteriormente, a estação seca apresentou menor taxa de decomposição e maior massa remanescente, dados semelhantes foram encontrados por Pinto *et al.* (2016) ao avaliarem durante 180 dias (junho até novembro – época com menor precipitação na região estudada) a decomposição de 10 gramas da fração foliar em três ensaios diferentes no sudoeste da Bahia (plantações de *Pterogyne nitens* e *Eucalyptus urophylla*, floresta nativa secundária), constataram que a floresta nativa do tipo Estacional Semidecidual apresentou a segunda maior massa remanescente, $k = 0,0016 \text{ g g}^{-1}\text{dia}^{-1}$ e tempo de meia vida $t_{1/2} = 433,22$ dias. Também fizeram relação com a quantidade de serrapilheira acumulada, considerando que quanto maior é o acúmulo sobre o solo, menor será o ritmo de decomposição da fração foliar. Para os outros plantios observaram que: para *Pterogyne nitens* a taxa de decomposição de biomassa foi maior, já para *Eucalyptus urophylla* a taxa foi menor (devido as maiores concentrações de polifenóis e ligninas nas folhas).

Bello *et al.* (2022) estimaram as taxas de decomposição para quatro áreas distintas em Manaus, a floresta nativa apresentou um $k = 0,0024 \text{ g g}^{-1}\text{dia}^{-1}$ para 330 dias de experimento, os resultados encontrados por eles evidenciaram dois fatores, que são: a baixa fertilidade do solo que compõem as florestas tropicais e a presença de organismos que funcionam como catalisadores da decomposição da matéria orgânica nesses ambientes. Olson (1963) afirma que a decomposição de material orgânico envolve as taxas nas quais a matéria orgânica é incorporada ao solo mineral, sendo influenciada pela atividade biológica que pode ser rápida ou lenta, o que dependerá da temperatura do ambiente. Desse modo, as florestas tropicais possuem alta produtividade e baixo acúmulo de carbono e energia.

A Figura 17 apresenta a decomposição foliar durante a estação chuvosa e seca, respectivamente.

Figura 17 – (a) Decomposição foliar *versus* precipitação no período chuvoso. (b) Decomposição foliar *versus* precipitação no período seco.



Médias mensais com 24 repetições. Dados da precipitação: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET (disponível em www.inmet.gov.br).

Com os resultados obtidos dos valores médios da velocidade de decomposição (k) entre as estações estudadas, percebe-se que houve uma diminuição de quase 50% nas constantes de decomposição ($k = 0,0034 \text{ g g}^{-1}\text{dia}^{-1}$ para $k = 0,0016 \text{ g g}^{-1}\text{dia}^{-1}$) refletindo no tempo de meia vida desse material, ou seja, para a fração foliar decair pela metade de sua massa são necessários aproximadamente 433 dias para o período seco e 204 dias para os meses chuvosos. Silva e Brandão (2020) ao avaliarem a decomposição foliar, em uma Floresta Atlântica no Rio de Janeiro, constataram que a taxa de decomposição da biomassa acompanhou a sazonalidade, obtendo maior taxa de decomposição durante o verão e menor no inverno. O mesmo resultado foi verificado no presente estudo, sendo realizado em área de mata ciliar na ARIE Floresta da Cicuta.

Com a realização do método indireto que avalia a razão entre aporte/estoque de serrapilheira, constatou-se um coeficiente de decomposição (k) igual a 0,60 para 12 meses de estudo. O valor obtido indica uma velocidade baixa de decomposição da massa vegetal, refletindo em um tempo de meia vida $t_{1/2} = 419,75$ dias e tempo de renovação da serrapilheira de 609,55 dias, isso é um indício que na mata ciliar do córrego Água Fria há um maior acúmulo de serrapilheira, podendo refletir em um baixo retorno de nutrientes ao solo.

Esse método proposto por Olson (1963) serve como um parâmetro do balanço de massa entre o material vegetal que é aportado, estocado no solo e sua decomposição ao longo do tempo. Além disso, para o mesmo autor, o equilíbrio dinâmico em florestas tropicais é estabelecido quando k varia de 1 a 4. Como afirmam Rosa *et al.* (2017) e Câmara (2020), o maior acúmulo de serrapilheira sobre a superfície da floresta é um indicativo de uma menor taxa de decomposição da biomassa, fazendo com que os nutrientes fiquem retidos e não sejam disponibilizados para as plantas. A velocidade de decomposição encontrada para os trechos de mata ciliar do Córrego Água Fria foi menor se comparadas aos estudos de Vital *et al.* (2004) que encontraram para uma mata ripária com vegetação do tipo Estacional Semidecidual uma constante $k=1,7$ o que indicou uma rápida decomposição de serrapilheira.

6. CONCLUSÃO

A sazonalidade não influenciou o aporte total de serrapilheira, mas sim o aporte de galhos, material em decomposição e material reprodutivo, obtendo médias menores durante a estação seca. Já para o estoque de serrapilheira no solo, a sazonalidade apenas influenciou no acúmulo de material reprodutivo com médias maiores para a estação chuvosa. A taxa de decomposição da fração foliar foi maior durante a estação chuvosa, indicando que os índices de umidade foram propícios para a atividade bioquímica da microbiota decompositora, ou seja, essa velocidade maior de decomposição da biomassa durante a estação chuvosa serve como um indicativo de um retorno mais rápido de nutrientes no sistema que engloba o solo e a vegetação local. No entanto, o valor de k (0,60) obtido com o balanço de massa (aporte/estoque) indicou que a mata ciliar do Córrego Água Fria apresentou uma velocidade lenta de decomposição, refletindo em um maior tempo médio de renovação de serrapilheira, o que pode estar interligado com as características da fauna edáfica, fertilidade do solo, estágio sucessional, e com a produtividade primária que envolve a dinâmica entre o aporte e o acúmulo de material vegetal na superfície do piso florestal.

7. REFERÊNCIAS

- ALVES, Marcelo Plada et al. *Efeito da fragmentação florestal sobre o acúmulo de serapilheira em Floresta Estacional Decidual*. Ecologia e Nutrição Florestal, Santa Maria – RS, v.2, n.3, p.63-71, 2014.
- ALVES, Sandro Leonardo et al. *Medium-sized and large mammals of the Floresta da Cicuta Area of Relevant Ecological Interest, a protected area in southeastern Brazil*. Check List, v.17, n. 5, p. 1421 -1437, 2021.
- ANDRADE, Caio Frossard de. *Análise temporal do uso e cobertura da terra da ARIE Floresta da Cicuta e entorno, Rio de Janeiro, Brasil*. Seropédica, 2017. 52 f. Monografia (curso de Graduação em Engenharia Florestal) – Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica (RJ), 2017.
- ASSIS, Vilma Portilho de; et al. *Decomposição foliar da serapilheira de dois sistemas agroflorestais no cerrado sul-mato-grossense*. Holos Environment, v.20, n.4, p.522-538, 2020.
- ÁVILA, Angela Luciana de et al. *Caracterização da vegetação e espécies para recuperação de mata ciliar, Ijuí, RS*. Universidade Federal de Santa Maria. Ciência Florestal v.21, n.2, p.251-260. 2011.
- BALDOTTO, Marihus Altoé; BALDOTTO, Lílian Estrela Borges. *Ácidos húmicos*. Revista Ceres, v. 61, p. 856-881, 2014.
- BARBOSA, J.H.C; FARIA,S.M. *Aporte de serrapilheira ao solo em estágios sucessionais florestais na Reserva Biológica de Poço de Antas, Rio de Janeiro, Brasil*. Rodriguésia, v.57, p.461-476, 2006.
- BATISTA, Fabiula Ribeiro. *Decomposição de serrapilheira em área do cerrado sentido restrito e plantio de eucalipto no Distrito Federal*. Distrito Federal, 2017. 40 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2017.
- BAUER, Danielle; FÜHR, Camila S.; SCHMITT, Jairo L. *Dinâmica do acúmulo e decomposição de serapilheira em floresta estacional semidecidual subtropical*. Pesquisas, Botânica, n.70, p. 225-235, 2017.
- BELLO, Ozias da Cunha et al. *Estudo da serapilheira, biomassa radicular e variáveis do solo: uma abordagem socioambiental na Amazônia*. In: Cunha, José Maurício da. Solo, água, planta e variáveis ambientais: impactos e suas transformações no sul do Amazonas. Ponta Grossa (PR), Atena, 2019, p. 85 -115.
- BIANCHIN, Jonas Eduardo et al. *Deposição de Fitomassa em Formações Secundárias na Floresta Atlântica do Paraná*. Floresta e Ambiente, v. 23, n. 4, p. 524-533, 2016.

BOCOCK, K. L.; GILBERT, O. J. W. *The disappearance of leaf litter under different woodland conditions*. Plant and Soil, v. 9, n. 2, p. 179-185, 1957.

BRASIL. Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000. *Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências*. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm> Acesso em 11 de junho de 2021.

BRASIL. Lei nº 12.651/2012 de 25 de maio de 2012. *Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa*. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm > Acesso em 20 de maio de 2021.

BRUN, Eleandro José et al. *Relação entre a produção de serapilheira e variáveis meteorológicas em três fases sucessionais de uma floresta estacional decidual no Rio Grande do Sul*. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.9, n.2, p.277-285, 2001.

CÂMARA, Yasmin Borges. *Aporte, acúmulo e decomposição de serapilheira em três fragmentos de mata atlântica com diferentes estágios de regeneração*. Macaíba, 2020. 76 f. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias, Macaíba (RN), 2020.

CANTARELLI, E.B. et al. *Diversidade de Formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serapilheira em diferentes sistemas de uso do solo*. Ciência Florestal, Santa Maria, v.25, n.3, p.607-616, jul.-set.,2015.

DA SILVA, Anderson Almeida. *A gestão da ARIE Floresta da CICUTA (Volta Redonda-Barra Mansa, RJ)*. Revista Continentes, n. 15, p. 56-87, 2020.

DICKOW, Kauana Melissa Cunha et al. *Produção de serapilheira em diferentes fases sucessionais de uma floresta subtropical secundária, em Antonina, PR*. CERNE, v. 18, n. 1, pp. 75-86, 2012.

DOS SANTOS, Rondinele Dias; ARAÚJO, Tatiany Soares de. *Análise socioespacial da Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) do Sítio Curió*. Cadernos de Ciências & Tecnologia da UECE, v. 1, n. Especial, p. 22-42, 2019.

ESPIG, S.A. et al. *Sazonalidade, composição e aporte de nutrientes da serrapilheira em fragmento de mata atlântica*. Revista Árvore, Viçosa – MG, v.33, n.5, p. 949-956, 2009.

FILHO, Joilson Marques Ferreira; GUIMARÃES, Rodrigo; DE CARVALHO, Ramiro Gustavo Valera Camacho. *Impactos ambientais em unidades de conservação urbanas: o caso da Área de Relevante Interesse Ecológico da Ilha da Coroa em Mossoró no Rio Grande do Norte, Brasil*. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 10, nº. 01, p. 304-316, 2017.

FRAGA, Marcelo Elias et al. *Interação microrganismo, solo e flora como condutores da diversidade na Mata Atlântica*. Acta Botanica Brasílica, v. 26, n. 4, p. 857-865, 2012.

FRAGA, Marcelo Elias; PEREIRA, Marcos Gervasio. *Diversidade de Trichocomaceae isolada de solo e serrapilheira de floresta Atlântica*. Floresta e Ambiente, v.19, n.4, p. 405-413, 2012.

GODINHO, Tiago de Oliveira. *Quantificação de biomassa e de nutrientes na serrapilheira em trecho de floresta estacional semidecidual submontana, Cachoeiro de Itapemirim, ES*. Jerônimo Monteiro, 2011. 114f. Dissertação (Programa de Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias), Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro (ES), 2011.

GODINHO, Tiago de Oliveira et al. *Ciclagem de nutrientes via serrapilheira em ecossistemas florestais naturais no Brasil*. Ciências Florestais e Biológicas, Curitiba: Editora UTFPR, ed.23, 2015, 196p.

GOMES JÚNIOR, Diêgo, et al. *Sazonalidade da deposição de serrapilheira e nutrientes em um fragmento de Floresta Atlântica*. Revista Ambiente & Água, v. 17, n. 1, 2022.

GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, H. et al. *Deposition of litter and nutrients in leaves and twigs in different plant communities of northeastern Mexico*. Journal of Forestry Research, v.29, nº. 05, p. 1307-1314, 2018.

GUIRÃO, Ângela C.; TEIXEIRA FILHO, J. *Preservação de um fragmento florestal urbano- estudo de caso: A ARIE Mata de Santa Genebra, Campinas–SP*. GEOUSP Espaço e Tempo (Online), v.15, nº.1, p. 147-158, 2011.

HAMMER, Øyvind et al. *PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis*. Palaeontologia electronica, v. 4, n. 1, p. 9, 2001.

HENRIQUES, Íkallo George Nunes, et al. *Acúmulo, deposição e decomposição de serrapilheira sob a dinâmica vegetacional da Caatinga em Unidade de Conservação*. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v.11, nº 1, p. 84-89, 2016.

HOLANDA, Alan Cauê de et al. *Aporte de Serrapilheira e nutrientes em uma área de caatinga*. Ciência Florestal, v. 27, n.2, p. 621-633. 2017. ISSN 1980-5098.

ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. *Plano de Manejo ARIE Floresta da Cicuta*, 2016.

INKOTTE, Jonas et al. *Métodos de avaliação da ciclagem de nutrientes no bioma Cerrado: uma revisão sistemática*. Ciência Florestal, v.29, n.2, p. 988-1003. 2019.

KÖPPEN, W. Das geographische system der klimate. In: KOPPES, W., GEIGER, R. (Ed.) *Handbuch der klimatologie*. Berlim: Borntranger, v1 part c.1936.

LECERF, Antoine. *Methods for estimating the effect of litterbag mesh size on decomposition*. Ecological Modelling, n. 362, p. 65-68, 2017.

LIMA, Nauara Lamaro et al. *Acúmulo de serapilheira em quatro tipos de vegetação no estado de Goiás*. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v.11, n.22, p.39, 2015.

LIN, Hong et al. *What drives leaf litter decomposition and the decomposer community in subtropical forests – The richness of the above-ground tree community or that of the leaf litter?* Soil Biology and Biochemistry, v.160, 108314. <https://doi.org/10.1016/J.SOILBIO.2021.108314>

LOPES, MIS, Domigos M, Struffaldi-de-Vuono Y. Ciclagem de nutrientes minerais. In: Sylvestre LS, Rosa MMT. *Manual metodológico para estudos botânicos na mata atlântica*. Seropédico: EDUR: UFRRJ; p. 72-102, 2002.

MACHADO, Murilo Rezende et al. *Litterfall: um bioindicador para efeito de borda em uma floresta estacional semidecídua*. Floresta e Ambiente , v. 25, 2018.

MALLMANN, Ivanete Teresinha; SILVA, Vinícius Leão da; SCHMITT, Jairo Lizandro. *Estrutura comunitária de samambaias em mata ciliar: avaliação em gradiente de antropização*. Revista Ambiente & Água, v. 11, nº. 1, p. 110-124, 2016.

MARINHO, Juliana Bandeira. *Impactos negativos da urbanização na Área de Relevante Interesse Ecológico Juscelino Kubitschek: ARIE JK*. Brasília, 2016. 68 f. Monografia (Especialização em Análise Ambiental e Desenvolvimento Sustentável) - Instituto CEUB de Pesquisa e Desenvolvimento, Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2016.

MENEZES, Carlos Eduardo Gabriel, et al. *Aporte e decomposição da serapilheira e produção de biomassa radicular em florestas com diferentes estágios sucessionais em Pinheiral, RJ*. Ciência Florestal , Santa Maria, v.20, n.3, p.439-452, 2010.

MOCHIUTTI, Silas; DE QUEIROZ, José Antonio Leite; JUNIOR, Nagib Jorge Melém. *Produção de Serapilheira e Retorno de Nutrientes de um Povoamento de Taxibranco e de uma Floresta Secundária no Amapá*. Pesquisa Florestal Brasileira, nº. 52, p. 3-20, 2006.

MOREIRA, Fátima M.S.; SIQUEIRA, José Oswaldo. *Matéria Orgânica do Solo*. In: MOREIRA, Fátima M.S.; SIQUEIRA, José Oswaldo. *Microbiologia e Bioquímica do Solo*. Lavras, p. 203 -261, 2006.

MOREIRA, Fagner Luciano et al. *Serapilheira e atributos edáficos na avaliação de técnicas de restauração florestal*. Silvicultura e Manejo Florestal Técnicas de Utilização e Conservação da Natureza, v.1, p. 358-369, 2021.

MOREIRA, Jhonatan Willian; RODRIGUES, Yasmin Soares de Freitas. *Acúmulo de biomassa de serapilheira em área de restauração florestal do cerrado*. Rev. Ciência Agroambiental, v. 19, n.1, p. 46-50, 2021.

OLIVEIRA, Ariane Miranda de et al. *Decomposição da serapilheira foliar em plantios de bambu, nim indiano e eucalipto*. Ciência Florestal, v. 30, n.3, p. 845-855, 2020.

- OLIVEIRA, Ricardo A.C. et al. *Plant diversity and local environmental conditions indirectly affect litter decomposition in a tropical forest*. *Applied Soil Ecology*, v. 134, p. 45-53, 2019.
- ORTH, Arlete Cherobini; COELHO, Geraldo Ceni; BORGES, Pedro Augusto Pereira. *Modelagem matemática da decomposição da serapilheira em um estado transiente de reflorestamento*. *Saber Científico*, v.7, n.2, p.49-61, 2018.
- OLSON, Jerry S. *Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems*. *Ecology*, v. 44, n. 2, p. 322-331, 1963.
- PASTOR, Bruna Luisa; HEPP, Luiz Ubiratan. *A importância da vegetação ripária para o funcionamento de riachos: Efeitos da qualidade química e origem das espécies*. *Revista Vivências (Erechim)*, v.17, n. 32, p. 439-455, 2021.
- PENNA-FIRME, Rodrigo; OLIVEIRA, Rogério Ribeiro de. *Indicadores de funcionalidade ecossistêmica: integrando os processos de produção e decomposição da serapilheira*. *Pesquisas Botânica*, n. 70, p. 213-223, 2017.
- PEQUENO, Petrus Luiz de Luna et al. *Importância das matas ciliares*. EMBRAPA Rondônia (INFOTECA –E), Porto Velho, 2002.
- PEREIRA, Marcos Gervasio; MENEZES, Luis Fernando Tavares de; SCHULTZ, Nivaldo. *Aporte e decomposição da serapilheira na Floresta Atlântica, Ilha da Marambaia, Mangaratiba, RJ*. *Ciência Florestal*, v. 18, p. 443-454, 2008.
- PESSOA, Fernando Amaro; CESÁRIO, Fernando Vieira; BALIEIRO, Fabiano de Carvalho. *Avaliação Funcional de fragmentos florestais inseridos em matrizes distintas na Bacia Hidrográfica do Bonfim, Petrópolis – RJ*. *Geo UERJ*, n.41, e51591, 2022.
- PIMENTA, José Antônio et al. *Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de um reflorestamento e de uma floresta estacional semidecidual no sul do Brasil*. *Acta Botanica Brasilica*, v.25, p.53-57, 2011.
- PINTO, Winkler José; NEGREIROS, André Batista. *A Serrapilheira como bioindicador de qualidade ambiental em fragmentos de Eucalyptus*. *Revista Continentes (UFRRJ)*, nº 12, 2018.
- PINTO, Heloísa Cintra Alves et al. *Decomposição da serapilheira foliar de floresta nativa e plantios de Pterogyne nitens E Eucalyptus urophylla No sudoeste da Bahia*. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.26, n.4, p.1141-1153, 2016.
- PRESCOTT, Cindy E., VESTERDAL, Lars. *Decomposition and transformations along the continuum from litter to soil organic matter in forest soils*. *Forest Ecology and Management*, v. 498, 2021.
- RESTELLO, Rozane Maria; PENTEADO-DIAS, Angélica Maria. *Diversidade dos Braconidae (Hymenoptera) da Unidade de Conservação de Teixeira Soares, Marcelino*

Ramos, RS, com ênfase nos Microgastrinae. Revista Brasileira de Entomologia, v. 50, nº. 1, p. 80-84, 2006.

ROCHA, Keili Luci; AHLERT, Alvori; CARNIATTO, Irene. *Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) como espaço privilegiado para a Educação Ambiental*. Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA), v. 12, n. 4, p. 10-24, 2017.

ROSA, Tania de Fátima de Deus et al. *Produção e decomposição de serapilheira em povoamentos de teca no estado de Mato Grosso, Brasil*. Ciência Florestal, v. 27, p. 1117-1127, 2017.

SANTOS, Diléia Santana dos; SPAROVEK, Gerd. *Retenção de sedimentos removidos de área de lavoura pela mata ciliar, em Goiatuba (GO)*. Revista Brasileira de Ciências do Solo, v.35, n.5, p.1811-1818, 2011.

SANTOS, Gilsonley Lopes dos et al. *Ciclagem de nutrientes em diferentes condições topográficas em Floresta Estacional Semidecidual, Pinheiral-RJ*. Ciência Florestal, v. 29, n.4, p. 1737-1747, 2019.

SANTOS, Vinícius José dos et al. *Avaliação do aporte de serapilheira e de decomposição foliar como bioindicadores de ações de restauração na Mata Atlântica*. Scientia Forestalis, Piracicaba, v.47, n.124, p.667-677, 2019.

SCHUMACHER, Mauro Valdir et al. *Aporte de serapilheira e nutrientes em uma floresta estacional decidual na Região Central do Rio Grande do Sul*. Ciência Florestal, v.28, n. 2, p.532- 541, 2018.

SCORIZA, Rafael Nogueira et al. *Métodos para coleta e análise de serrapilheira aplicados à ciclagem de nutrientes*. Floresta & Ambiente, v.2, n.2, p.01-18, 2012.

SCORIZA, Rafael Nogueira; PINÃ-RODRIGUES, Fatima Conceição Márquez. *Influência da precipitação e temperatura do ar na produção de serapilheira em trecho de floresta estacional em Sorocaba, SP*. Floresta, Curitiba, v.44, n.4, p.687-696, 2014.

SCORIZA, Rafael Nogueira et al. *O estoque de serrapilheira é eficiente como indicador ambiental em fragmentos florestais de encosta?*. Agrária – Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.12, n.1, p.79-85, 2017.

SILVA, Camila Rodrigues da, BRADÃO, Cássia Barreto. *Análise da decomposição da serapilheira na floresta da Tijuca – RJ através do uso de litter bags*. Revista Humboldt – Revista de Geografia Física e Meio Ambiente, v.1, n.1, p. 1-17, 2020.

SILVA, Ludymilla Barboza da. *Relação entre aporte de serrapilheira, nutrientes e efluxo de dióxido de carbono em floresta inundável de Vochysia divergens Pohl no Pantanal Mato-grossense*. Cuiabá, 2013. 70f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2013.

SIQUEIRA, Raphael Marinho e CARMO, Flávia Maria da Silva. *Dinâmica da Serapilheira em Floresta Estacional Semidecidual atingida por Barragem Hidrelétrica*. Revista Brasileira de Meio Ambiente, v. 10, n. 2, 2022.

SOUZA, Núbia Cristina Ilustre de; MALUF, Rage Weidner. *Flora arbórea exótica da ARIE Henrique Luís Roessler, Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul, Brasil*. Revista Conhecimento Online, v.2, 2014.

TERRA, Flávia Dias. *Matéria orgânica do solo sob sistemas de manejo e uso no cerrado*. 104f. Goiás, 2013. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí, Goiás-Brasil, 2013.

TOLEDO, L. et al. *Produção de serapilheira e transferência de nutrientes em florestas secundárias localizadas na Região de Pinheiral, RJ*. Ciência Florestal, Santa Maria, v.12, n.2, p. 9-16, 2002.

VIERA, Márcio; SCHUMACHER, Mauro Valdir; CALDEIRA, Marcos Vinicius Winckler. *Dinâmica de decomposição e nutrientes em plantio de Eucalyptus urophylla x Eucalyptus globulus no sul do Brasil*. Floresta e Ambiente, v. 20, p. 351-360, 2013.

VILLA, Ester Bullich et al. *Aporte de serapilheira e nutrientes em área de restauração florestal com diferentes espaçamentos de plantio*. Floresta e Ambiente, v.23, p.90-99, 2016.

VITAL, Ana Rosa Tundis et al. *Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária*. Revista Árvore, v.28, p.793-800, 2004.

WACHENDORF, Christine et al. *Determination of litter derived C and N in litterbags and soil using stable isotopes prevents overestimation of litter decomposition in alley cropping systems*. Pedobiologia, v. 81–82, 2020. <https://doi.org/10.1016/J.PEDOBI.2020.150651>

WAGATSUMA, Luiza et al. *Influência da mata ciliar e agricultura sobre a temperatura do solo superficial*. Instituto Ambiental do Paraná. Caderno Biodiversidade, v. 4, n. 1, 2003.

WANG, Qi et al. *Long-term N and S addition and changed litter chemistry do not affect trembling aspen leaf litter decomposition, elemental composition and enzyme activity in a boreal forest*. Environmental Pollution, v.250, p.143–154, 2019.

WANG, Xin et al. *Aboveground litter addition for five years changes the chemical composition of soil organic matter in a temperate deciduous forest*. Soil Biology and Biochemistry, v. 161, p. 108381, 2021.

YANG, Xiaoli et al. *Dominant plants affect litter decomposition mainly through modifications of the soil microbial community*. Soil Biology and Biochemistry, n. 161, p.1-8, 2021.

8. APÊNDICES

8.1 TESTES DOS DADOS DO APORTE

Saídas do programa Past. Realização do teste t, para dados paramétricos. Aporte de serrapilheira para as duas estações, chuvosa e seca:

Given mean: 176,47
Sample mean: 217,7
95% conf. interval: (159,02 276,38)
Difference: 41,232
95% conf. interval: (-17,446 99,909)

t: 1,8063
p (same mean): 0,13069

Means are not significantly different

De acordo com o teste t, a amostra do aporte de serrapilheira para a “estação chuvosa” (217,70 kg/ha) não apresenta média diferente da média anual que é = 176,47 kg/ha.

Given mean: 176,47
Sample mean: 135,23
95% conf. interval: (61,907 208,56)
Difference: 41,238
95% conf. interval: (-32,086 114,56)

t: -1,4457
p (same mean): 0,20789

Means are not significantly different

Como indica o teste t, a amostra do aporte de serrapilheira para a “estação seca” não apresenta diferença significativa da média anual do aporte (176,47kg/ha).

Para o aporte de folhas temos para as duas estações:

Given mean: 114,30
Sample mean: 121,58
95% conf. interval: (95,478 147,69)
Difference: 7,2817
95% conf. interval: (-18,822 33,386)

t: 0,71706
p (same mean): 0,50543

Means are not significantly different

De acordo com o test t, a amostra da fração folhas na estação chuvosa não apresentou média diferente da anual. Levando em consideração a média anual = 114,30 kg/ha.

Given mean: 114,30
Sample mean: 106,96
95% conf. interval: (48,209 165,7)
Difference: 7,3433
95% conf. interval: (-51,405 66,091)

t: -0,32132
p (same mean): 0,76097

Means are not significantly different

De acordo com o teste t, a amostra de folhas da “estação seca” não apresentou média diferente da média anual (114,30kg/ha).

Para a fração Galhos:

Given mean: 29,70
Sample mean: 41,445
95% conf. interval: (27,288 55,602)
Difference: 11,745
95% conf. interval: (-2,4117 25,902)

t: 2,1327
p (same mean): 0,086113

Means are not significantly different

O teste t indica que a média do aporte de galhos na estação chuvosa (41,44 kg/ha) não foi diferente da média anual (29,70 kg/ha) para esse tipo de material vegetal.

Given mean: 29,70
Sample mean: 17,947
95% conf. interval: (7,4849 28,408)
Difference: 11,753
95% conf. interval: (1,2916 22,215)

t: -2,8879
p (same mean): 0,034269

Means are significantly different

De acordo com o test t, a amostra “estação seca” indica que produção de galhos com média (17,95 kg/ha) foi diferente do valor médio anual (29,70 kg/ha). Isso reflete que a sazonalidade influenciou na produção de galhos, ou seja, na estação seca e fria houve menor aporte desse material na mata ciliar em estudo.

Para a fração material em decomposição (miscelâneas):

Given mean: 18,09
Sample mean: 31,968
95% conf. interval: (10,377 53,56)
Difference: 13,878
95% conf. interval: (-7,7129 35,47)

t: 1,6523
p (same mean): 0,15938

Means are not significantly different

Através do teste t confirma-se que a amostra “estação chuvosa” do aporte de material em decomposição não apresenta média diferente do valor médio anual (18,97 kg/ha).

Given mean: 18,09
Sample mean: 4,2133
95% conf. interval: (2,2803 6,1464)
Difference: 13,877
95% conf. interval: (11,944 15,81)

t: -18,453
p (same mean): 8,5978E-06

Means are significantly different

Pelo teste t realizado, consta-se que a média da produção de material em decomposição (4,2 kg/ha) foi diferente da média anual (18,09). Isso indica que na estação fria e seca houve menor aporte desse tipo de material. Há uma influência da sazonalidade.

Para a fração de material reprodutivo:

Given mean: 14,41
Sample mean: 22,697
95% conf. interval: (3,2682 42,125)
Difference: 8,2867
95% conf. interval: (-11,142 27,715)

 t : 1,0964
 p (same mean): 0,32288

Means are not significantly different

Pelo teste t , a amostra de material reprodutivo para a estação chuvosa não apresentou média diferente da anual (14,41 kg/ha).

Given mean: 14,41
Sample mean: 6,12
95% conf. interval: (1,4962 10,744)
Difference: 8,29
95% conf. interval: (3,6662 12,914)

 t : -4,6088
 p (same mean): 0,0057939

Means are significantly different

Pelo teste t realizado, a produção de material reprodutivo para a estação seca, sendo de 6,12 kg/ha, apresentou média diferente da anual (14,41 kg/ha). Isso indica que no período seco houve menor produção desse tipo de material vegetal.

8.2 TESTES DOS DADOS DO ESTOQUE

Saídas do programa Past. Realização do teste t , para dados paramétricos. E do teste de Wilcoxon para distribuição não normal. Estoque de serrapilheira para as duas estações, chuvosa e seca:

Given median: 3278,96
Sample median: 3693,9
 W : 15
Normal appr. z : 0,94346
 p (same median): 0,34545
 p (exact): 0,4375

Medians are not significantly different

Pelo teste de Wilcoxon, a amostra do estoque de serrapilheira da “estação chuvosa” não apresenta mediana diferente da mediana anual de estoque que foi de 3278,96 kg/ha.

Given mean: 3517,64
Sample mean: 3479,8
95% conf. interval: (2482,2 4477,4)
Difference: 37,845
95% conf. interval: (-959,76 1035,4)

t: -0,097517
p (same mean): 0,9261

Means are not significantly different

Pelo teste t, a amostra da estoque de serrapilheira da “estação seca” não apresenta média diferente da média anual da estoque (3517,64 kg/ha).

Para a estoque de folhas para as duas estações, temos:

Given mean: 1509,00
Sample mean: 1154
95% conf. interval: (781,4 1526,6)
Difference: 355
95% conf. interval: (-17,602 727,6)

t: -2,4491
p (same mean): 0,057997

Means are not significantly different

De acordo com o test t, a amostra de folhas da “estação chuvosa” não apresentou média diferente da anual. Levando em consideração a média anual = 1509 kg/ha.

Given mean: 1509,00
Sample mean: 1863,9
95% conf. interval: (1262,4 2465,5)
Difference: 354,93
95% conf. interval: (-246,59 956,46)

t: 1,5168
p (same mean): 0,18977

Means are not significantly different

De acordo com o test t, a amostra de folhas da “estação seca” não apresentou média diferente da estoque anual. Levando em consideração a média anual = 1509 kg/ha.

Para a fração galhos:

Given mean: 1039
Sample mean: 1091,8
95% conf. interval: (675,21 1508,4)
Difference: 52,8
95% conf. interval: (-363,79 469,39)

t: 0,32581
p (same mean): 0,75776

Means are not significantly different

De acordo com o test t, a amostra de galhos da “estação chuvosa” não apresentou média diferente do acúmulo anual. Levando em consideração a média anual = 1039 kg/ha.

Given mean: 1039
Sample mean: 986,47
95% conf. interval: (706,77 1266,2)
Difference: 52,533
95% conf. interval: (-227,16 332,23)

t: -0,48281
p (same mean): 0,64963

Means are not significantly different

De acordo com o test t, a amostra de galhos da “estação seca” não apresentou média diferente da anual. Levando em consideração a média anual = 1039 kg/ha.

Para a fração de material em decomposição:

Given mean: 803
Sample mean: 1092,4
95% conf. interval: (324,43 1860,4)
Difference: 289,4
95% conf. interval: (-478,57 1057,4)

t: 0,96869
p (same mean): 0,37719

Means are not significantly different

De acordo com o test t, a amostra de material em decomposição da “estação chuvosa” não apresentou média diferente da estoque anual para esse material vegetal. Levando em consideração a média anual = 803,00 kg/ha.

Given median: 499,00
Sample median: 491,2
W: 14
Normal appr. z: 0,7338
p (same median): 0,46307
p (exact): 0,5625

Medians are not significantly different

De acordo com o teste de Wilcoxon que é usado para distribuição não paramétrica, a amostra de material em decomposição da “estação seca” não apresenta mediana diferente da estoque anual. Levando em consideração que a mediana anual é igual a 499,00 kg/ha.

Para a fração material reprodutivo, temos:

Given mean: 166
Sample mean: 217,2
95% conf. interval: (129,02 305,38)
Difference: 51,2
95% conf. interval: (-36,982 139,38)

t: 1,4925
p (same mean): 0,19577

Means are not significantly different

De acordo com o test t, a amostra de material reprodutivo da “estação chuvosa” não apresentou média diferente da estoque anual para esse tipo de material. Levando em consideração a média anual = 166,00 kg/ha.

Given mean: 166
Sample mean: 115,07
95% conf. interval: (80,193 149,94)
Difference: 50,933
95% conf. interval: (16,06 85,807)

t: -3,7543
p (same mean): 0,013234

Means are significantly different

De acordo com o teste t, a amostra de material reprodutivo da “estação seca” apresenta média diferente da estoque anual desse tipo material vegetal. Levando em consideração a média anual = 166,00 kg/ha.

8.3 TESTES DOS DADOS DA DECOMPOSIÇÃO

Saídas do programa Past. Realização do teste Tukey, para dados paramétricos. E do teste de Kruskal-Wallis para distribuição não normal. Decomposição foliar para as duas estações.

Para a estação chuvosa, temos:

Kruskal-Wallis test for equal medians

H (ch²): 15,84
H_c (tie corrected): 15,95
p (same): 0,003085

There is a significant difference between sample medians

Como a distribuição não é normal, para averiguar diferenças entre as médias utilizou-se o teste de Kruskal-Wallis. O mesmo indicou que há diferenças significativas entre as médias.

Utilizando Dunn's post hoc, verificou-se que os meses de março e abril foram diferentes de dezembro, janeiro e fevereiro.

One-way ANOVA	Effects	Tukey's pairwise	Residuals	Kruskal-Wallis	Mann-Whitney pairwise	Dunn's post hoc
Raw p values, uncorrected significance						
	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	
Dezembro		0,499	0,5769	0,02492	0,04595	
Janeiro	0,499		0,906	0,003516	0,007544	
Fevereiro	0,5769	0,906		0,005101	0,01066	
Março	0,02492	0,003516	0,005101		0,8051	
Abril	0,04595	0,007544	0,01066	0,8051		

Para a estação seca:

A decomposição foliar para a estação seca apresentou distribuição normal de dados, assim utilizou-se teste de médias (Tukey, 5%).

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	1,9285E-06	4	4,82125E-07	3,042	0,02978
Within groups:	5,5475E-06	35	1,585E-07		Permutation p (n=99999)
Total:	7,476E-06	39			0,03096
Components of variance (only for random effects):					
Var(group):	4,04531E-08	Var(error):	1,585E-07	ICC:	0,20333
omega²:	0,1696				
Levene's test for homogeneity of variance, from means				p (same):	0,6062
Levene's test, from medians				p (same):	0,6308
Welch F test in the case of unequal variances: F=3,737, df=17,4, p=0,02279					
Bayes factor: 1,397 (no evidence for either equal or unequal means)					

p(same) foi menor que 0,05, logo pelo menos uma média difere das demais.

Pelo teste de tukey o mês de outubro diferiu dos demais, ou seja, neste caso possui menor valor da constante de decomposição (k).

Several-sample tests

One-way ANOVA

Effects

Tukey's pairwise

Residuals

Kruskal-Wallis

Mann-Whitney pairwise

Dunn's post hoc

Tukey's Q below the diagonal, p(same) above the diagonal.

Significant comparisons are pink.

Copenhaver-Holland 1988

▼

	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
Junho		0,9792	0,9999	0,9955	0,09736
Julho	0,7993		0,9919	0,8785	0,02654
Agosto	0,1776	0,6216		0,9866	0,07423
Setembro	0,5328	1,332	0,7104		0,2043
Outubro	3,641	4,44	3,819	3,108	